

XII. KÁRPÁT-MEDENCEI KÖRNYEZETTUDOMÁNYI KONFERENCIA
2016. június 1–4. Beregszász, Ukrajna



XII. KÁRPÁT-MEDENCEI KÖRNYEZETTUDOMÁNYI KONFERENCIA

12TH ENVIRONMENTAL SCIENCE
CONFERENCE OF THE CARPATHIAN BASIN

Tanulmánykötet

2016. június 1–4.
Beregszász, Ukrajna



XII. KÁRPÁT-MEDENCEI KÖRNYEZETTUDOMÁNYI KONFERENCIA
2016. június 1–4. Beregszász, Ukrajna

Szerkesztette:

Csicsek Gábor
Kiss Ibolya
Pincehelyi Zita Éva

ISBN [978-963-429-049-0](https://doi.org/10.17174/978-963-429-049-0)

Kiadó:

PTE TTK Szentágothai János Protestáns Szakkollégium
Dr. Hatvani Zsolt

Nyomda: B-Group Kft.
Felelős vezető: Borbély Zsolt

Az összefoglalók tartalmáért kizárólag a szerzők felelősek.
A szerkesztési munkákat 2017. március 10-én lezártuk.

**Csapadékösszegek periodicitás vizsgálatán alapuló előrejelzés
Debrecen térségére**

ILYÉS CSABA¹, TURAI ENDRE², SZÜCS PÉTER^{1,3}

¹Miskolci Egyetem, Műszaki Földtudományi Kar, Környezetgazdálkodási Intézet,
3515 Miskolc, Egyetemváros
hgilyes@uni-miskolc.hu

²Miskolci Egyetem, Műszaki Földtudományi Kar, Geofizikai és Térinformatikai Intézet,
3515 Miskolc, Egyetemváros
gfturai@uni-miskolc.hu

³Magyar Tudományos Akadémia ME-Műszaki Földtudományi Kutatócsoport,
3515 Miskolc, Egyetemváros
hgszucs@uni-miskolc.hu

Összefoglalás

Vízgazdálkodás szempontjából jelentős szerepe van a hidrológiai körfolyamatot befolyásolni képes jelenségeknek, azok periodikus komponensei feltérképezésének. Kutatásunk célja ezért a felszín alatti vizek utánpótlódását adó csapadék ciklikusságának megismerése volt, mivel a beszivárgást legnagyobb mértékben a lehullott csapadék mennyisége alakítja. Az Országos Meteorológiai Szolgálat adatbázisából kinyerhető 110 év hosszúságú adatsoron végeztünk diszkrét Fourier-transzformáció alapuló spektrális elemzést, ami segítségével különböző hosszúságú periódusokat és amplitúdókat tudunk meghatározni. A módszerrel a sztochasztikus folyamat determinisztikus komponenseit térképeztük fel, így a ciklusokból visszaállított és az eredeti mért csapadékösszeg különbözősége a változékonyságot adja meg a csapadékösszegek viselkedésében. Ez a jelenünkben tapasztalható klímaváltozás jobb megismerését segíti. Ezen paraméterek ismeretében előrejelzést készítettünk az adott területre a 2011 és 2030 közötti időszakra.

Kulcsszavak

csapadék, spektrális elemzés, klímaváltozás, ciklusok

Bevezetés

Magyarországon az ivóvízellátás 95%-a származik felszín alatti vizekből (Szűcs, 2012), aminek fő forrása a felszínre hullott csapadék beszivárgása a talajba és a mélyebb rétegekbe. A víz hidrológiai körforgása során, abban bármilyen változás hatással van a ciklus többi elemére is, így a Föld klímájának változása közvetlenül és közvetetten is hatással van a felszín alatti vizek utánpótlódására, mennyiségére (Stocker et al., 2013; Bates et al., 2008). Kutatásunkban arra kerestük a választ, hogy a lehullott csapadék összegének sztochasztikus alakulásában fellelhetőek-e periodikus komponensek, hány olyan domináns – nagy amplitúdóval rendelkező – ciklus található az

idősorokban, amelyekkel jellemezni lehet egy terület csapadékosságát. Mivel a Kárpát-medencére elvégzett klíma-előrejelzések kimutatták, hogy éves csapadékösszegekben jövőbeni trendszerű változás nem feltételezhető, csak az éven belüli csapadékmegoszlás fog jelentősen megváltozni (Stocker et al, 2013), így ezek felhasználásával előrejelzés is készíthető az adott területre.

Módszer elméleti alapja

Az idősorok elemzésének kétféle módszertana ismert. A hosszabb távú hatások kimutatásához trendanalízist, különböző függvények illesztését használják, míg az adatsorban rejlő periodikus komponensek kimutatásához a spektrális elemzés módszere a használatos (Meskó, 1984).

Ezek alapján, ha úgy tekintünk a csapadékösszegek idősorára, mint egyenközűen mintavételezett diszkrét jelek sorozatára, a Fourier-transzformáció diszkrét változatával átalakítható az idősor a tér-idő tartományból frekvencia tartományba.

A vizsgálat elméleti alapját a $\cos(t)$ függvény adja:

$$\cos(t) = \cos\left(\left(\frac{2\pi}{T}\right)t\right) = \cos\left(\frac{2\pi}{T}t\right) = \cos\left(2\pi\frac{1}{T}t\right) = \cos(2\pi ft)$$

ahol az f a frekvenciát jelenti, amely:

$$f = \left(\frac{1}{T}\right)$$

Mivel ezen idősorok nagyszámú periodikus komponenseket is tartalmazhatnak, ezért a diszkrét Fourier-transzformáció egyik analitikus változatát használtuk a spektrális elemzéshez. Az analitikus Fourier-transzformáció harmonikus függvényeket használva adja meg a komplex Fourier-spektrumot $F(f)$, amely egy valós és egy képzetes részből áll. A valós és képzetes rész az alábbi összefüggéssel írható fel:

$$\begin{aligned} \operatorname{Re}[F(f)] &= \int_{-\infty}^{+\infty} f(t)\cos(2\pi ft)dt \\ \operatorname{Im}[F(f)] &= -\int_{-\infty}^{+\infty} f(t)\sin(2\pi ft)dt \end{aligned}$$

Ezekből felírható a komplex Fourier-spektrum:

$$F(f) = A(f)e^{j\phi(f)}$$

Ahol az $A(f)$ spektrumot amplitúdó-, míg a $\Phi(f)$ spektrumot fázisspektrumnak nevezzük. Ez a két spektrum kifejezhető a valós és képzetes tagok felhasználásával is:

$$A(f) = \sqrt{\operatorname{Re}^2[F(f)] + \operatorname{Im}^2[F(f)]}$$

$$\Phi(f) = \operatorname{arctg} \frac{\operatorname{Im}[F(f)]}{\operatorname{Re}[F(f)]}$$

Az amplitúdó spektrum egy adott frekvenciájú komponens súlyát adja, míg a fázisspektrum a regisztrátumok kezdőpontjától vett távolságot határozza meg (Panter, 1965; Turai, 2005).

Az eredmények értékelésénél bevezetésre került relatív amplitúdó ($AY(T)_{max}$) a különböző periódusidejű ciklusok amplitúdó értékeit hasonlítja össze az adatsorban fellelhető legnagyobb amplitúdó értékével, azokból arányt képezve.

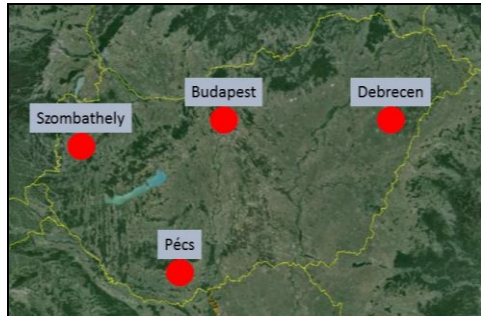
A vizsgálat során az egyébként sztochasztikusnak tekinthető csapadék idősor determinisztikus komponenseit kerestük meg.

A módszer feltétele az egyenközü mintasűrűség és a trend nélküli idősor, az elemzéshez használt éves összegek mindkét kritériumnak megfelelnek.

Eredmények

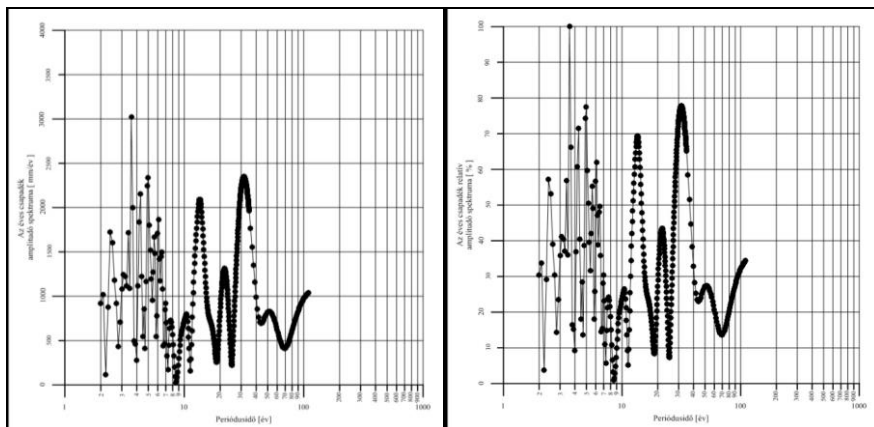
A spektrális elemzés során az OMSZ adatbázisában található több városra is elvégeztük az elemzésünket (1. ábra). Ezen tanulmányban Debrecen havi és éves csapadékösszegeinek idősorában található ciklikus paramétereket mutatjuk be (OMSZ, 2015).

Az éves adatsor 1901–2010 közötti 110 év éves csapadékösszegeit tartalmazza, így a lehető legrövidebb 1 éves mintavételi közzel, 110 adat áll rendelkezésre. Ebben az esetben a Nyquist frekvencia, ami megadja, hogy melyik az a legkisebb periódusidő, ami még nem mutatható ki a spektrális elemzéssel, 2 év.



1. ábra: A vizsgált városok elhelyezkedése

A spektrális elemzés eredményei az 2. ábrán láthatóak. A bal oldali ábrán az egyes periódus időkhöz tartozó amplitúdók, míg a mellette lévő az összehasonlítás kedvéért kedvezőbb relatív amplitúdók találhatóak. A relatív amplitúdó az adatsorban található legnagyobb amplitúdó aránya az általunk vizsgált periódus amplitúdójával (%).



2. ábra. Amplitúdó és relatív amplitúdó Debrecen meteorológiai állomás éves adatsorából 1901 és 2010 között

Az ábrán látható, hogy a 3 éves periódusidővel rendelkező ciklus kiemelkedően a legdominánsabb (a legnagyobb) amplitúdóval rendelkezik, ezt követi sorrendben a 31,6 év hosszúságú, majd az 5 éves közel azonos relatív amplitúdóval. Összesen 16 ciklust azonosítottunk az adatsorban, ebből 8 ciklus relatív amplitúdója esett 50 % fölé, amit főciklusnak nevezhetünk, míg 8 másik esett a 20-50 %-os tartományba, ami így mellékciklusként azonosítható.

A gyűjtött ciklusok (periódusidő: év):

3,1 ($AY(T)_{max}=41,11\%$),	3,4 ($AY(T)_{max}=56,89\%$),	3,6 ($AY(T)_{max}=100\%$),
4,3 ($AY(T)_{max}=71,45\%$),	4,6 ($AY(T)_{max}=28,36\%$),	5 ($AY(T)_{max}=77,45\%$),
5,6 ($AY(T)_{max}=55,18\%$),	6,1 ($AY(T)_{max}=61,78\%$),	6,5 ($AY(T)_{max}=49,59\%$),
7,0 ($AY(T)_{max}=30,45\%$),	7,7 ($AY(T)_{max}=24,24\%$),	10,4 ($AY(T)_{max}=26,52\%$),
13,5 ($AY(T)_{max}=69,34\%$),	21,8 ($AY(T)_{max}=43,45\%$),	31,6 ($AY(T)_{max}=77,77\%$),
51,0 ($AY(T)_{max}=27,46\%$)		

Összehasonlítva a kapott eredményeket a többi város meteorológiai állomásának idősorában tapasztaltakkal, az 5, 3,6, 13,5, 3,1, 6,1, 4,6 és 7,7 periódus idővel rendelkező ciklusok szintén kimutatásra kerültek, így ezeket tekinthetjük a Kárpát-medence csapadékviszonyait jellemző országos ciklusnak is.

A havi adatsor 1901. január és 2010. december közötti időszakot öleli fel, összesen 1320 hónapnyi adatot tartalmaz, ami a lehető legkisebb 1 hónapos mintavételi közzel került elemzésre, így a Nyquist-frekvencia 2 hónapnál alult, az ennél kisebb frekvenciájú periódusok nem kimutathatóak a módszerrel.

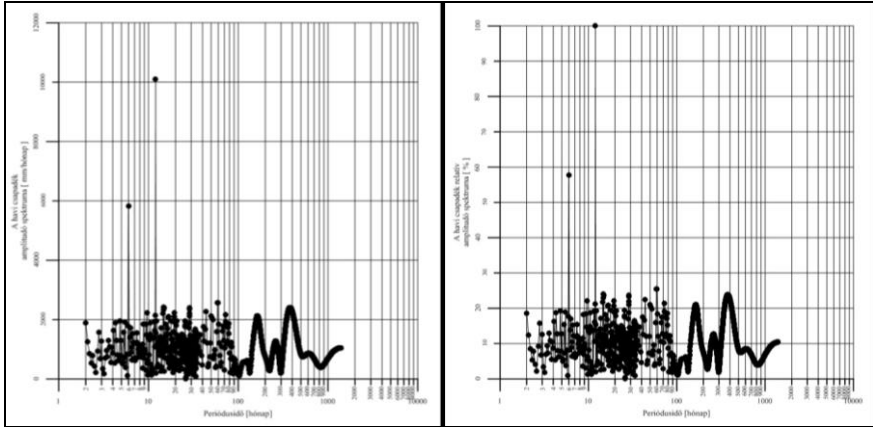
Az ábrán látható (3. ábra), hogy az éves és féléves ciklusok kimagaslóan magas relatív amplitúdóval rendelkeznek, az 1 éves 100%, míg a féléves 57,64 %-al. A többi kimutatott ciklus relatív amplitúdója ezekhez viszonyítva kismértékű, így ezek mind mellékciklusként lettek azonosítva, ezek közül is dominánsabbak az 59, 4,7 és a 378 hónapos ciklusok. A kimutatott ciklusok - az 1 éves

hosszúságú nagy amplitúdója miatt - a 20 %-os értéknél kisebb relatív amplitúdóval rendelkeznek, ennek ellenére a csapadék időbeliségében így is figyelembe kell venni őket.

A többi állomás hasonló idősorával összevetve az eredményeket az alábbi periódusok voltak megtalálhatóak mindegyik adatsorban:

- | | |
|--|--|
| 1 éves ($AY(T)_{max} = 94,16 \%$), | 0,5 éves ($AY(T)_{max} = 61,97 \%$), |
| 4,92 – 5,00 éves ($AY(T)_{max} = 28,61 \%$), | 1,13 – 1,15 éves ($AY(T)_{max} = 23,14 \%$), |
| 1,2 – 1,21 éves ($AY(T)_{max} = 23,08 \%$), | 3,42 – 3,67 éves ($AY(T)_{max} = 22,83 \%$), |
| 0,4 – 0,43 éves ($AY(T)_{max} = 22,76 \%$), | 2,36 – 2,39 éves ($AY(T)_{max} = 21,85 \%$), |
| 4,17 – 4,5 éves ($AY(T)_{max} = 20,88 \%$), | 11,75 – 13,67 éves ($AY(T)_{max} = 19,34 \%$), |
| 2,8 – 3,17 éves ($AY(T)_{max} = 17,35 \%$), | 6,08 – 6,25 éves ($AY(T)_{max} = 15,21 \%$), |
| 7,58 – 7,67 éves ($AY(T)_{max} = 10,56 \%$) | |

Az eredmények alapján Debrecen csapadéktevékenysége éves és havi szinten viszonylag kevés ciklussal jellemezhető, ami azt jelenti, hogy a változékonysággal szemben kisszámú ciklussal könnyedén leírható az elmúlt 110 év időjárása. A továbbiakban a kapott ciklusok alapján előrejelzést végeztünk a területre.



3. ábra. Amplitúdó és relatív amplitúdó Debrecen meteorológiai állomás havi adataiból 1901. január és 2010. december között

Előrejelzés

A különböző ciklusokhoz kapott $A(f)$ amplitúdó sűrűség és a $\Phi(f)$ fázissűrűség alapján visszaállítható az eredeti $y(t)$ csapadék idősor:

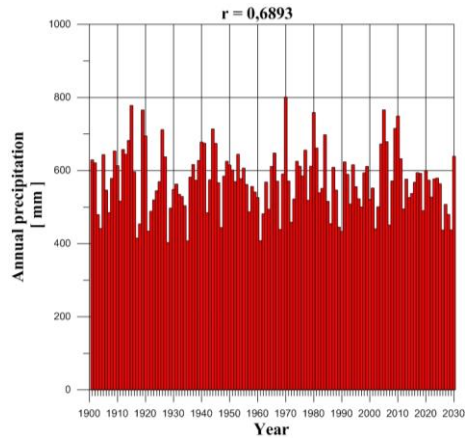
$$y(t) = \bar{Y} + \int_0^{+f_N} A(f) \cdot e^{i[2\pi ft + \Phi(f)]} df$$

A fő és melléciklusok periódusidőit valamint a hozzájuk tartozó amplitúdó és fázis értékeket használva meghatározható a csapadékmennyiség determinisztikus okokra visszavezethető idősora:

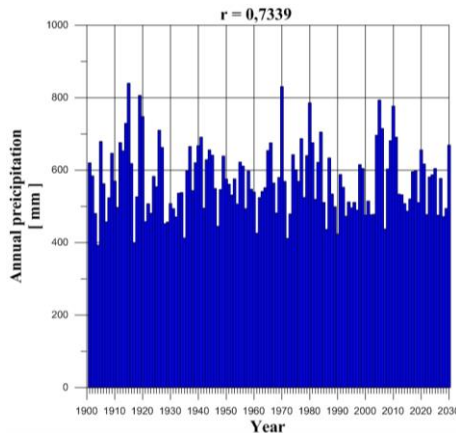
$$y(t)^{\text{det}} = \bar{Y} + \frac{2}{T_{\text{reg}}} \sum_{i=1}^{18} A_i \cos \left[\frac{2\pi}{T_i} (t - 1901) + \Phi(T_i) \right]$$

Amennyiben a t paraméter helyére $t > 2010$ értéket helyettesítünk, extrapolációval jövőre vonatkozó becsléseket tudunk tenni. A tényleges $y(t)$ idősor és a determinisztikus $y(t)^{\text{det}}$ idősor különbsége a véletlen hatást jelzi, a kettő közötti kapcsolat Pearson-korrelációs számításokkal meghatározható.

Az előrejelzéshez az éves adatokból kinyert 18 ciklust használtuk fel. Első esetben csak a 10 legdominánsabbban jelentkező periódus alapján végeztük el a csapadék idősor kialakítását, ami a 4. ábrán látható. A csapadék idősor általunk kiszámított alakulása és az eredeti idősor között 0,689-es korrelációs együtthatós értéket kaptunk, ami a 10 domináns főciklus szerinti számítás alapján erős kapcsolatnak mondható. A számítások alapján a 2011-2030-as időszakban a legkisebb 437 mm és a legnagyobb 638 mm között alakulnak a csapadékösszegek, kiugróan magas csapadékösszeg kétszer (2011 és 2030) szerepel az eredményekben.



4. ábra. Debrecen csapadék idősora 10 főciklus alapján, előrejelzéssel 2030-ig



5. ábra. Debrecen csapadék idősora 18 ciklus alapján, előrejelzéssel 2030-ig

Amennyiben mind a 18 kimutatott ciklus alapján végezzük el a számításokat, a meghatározott éves csapadékösszegek közelebb alakulnak az eredeti mérésben tapasztaltakhoz (5. ábra). Amennyiben mind a 18 kimutatott ciklust használjuk fel az eredeti mérésekkel való kapcsolat vizsgálatához, a korrelációs együttható a 0,73-as értéket veszi fel, ami még erősebb kapcsolatot mutat a két adatsor között. Ebben az esetben a jövőre nézve a csapadékösszegek éves alakulása más képet fest, mint a 10 ciklust felhasználva készült előrejelzés,

XII. KÁRPÁT-MEDENCEI KÖRNYEZETTUDOMÁNYI KONFERENCIA

2016. június 1–4. Beregszász, Ukrajna

a 600 mm-t meghaladó csapadékosabbnak tekinthető évek nagyobb számban jelentkeznek, de 400 mm-nél kevesebb összcsapadékot hozó évek a számítások alapján nem várhatóak. A ciklusokból visszaállított és az eredeti mérések idősorai közötti különbség a sztochasztikus komponenseket adják meg az idősorban, így előrejelzésnél figyelembe kell venni, hogy determinisztikus megközelítést használtunk.

Következtetések

A közelmúltbeli kutatások kimutatták, hogy a csapadékesemények tekintetében a meteorológiai szélsőségek száma növekszik, ami a hidrológiai körforgáson át hatással van a felszín alatti vizek utánpótlódására. Kutatásunkban ezért a csapadék idősorokban található determinisztikus komponenseket kerestük, amivel a csapadékösszegek éves alakulása jobban megismerhető, és elkülöníthető a sztochasztikusnak tekinthető hatásoktól. Az eredmények alapján Debrecen 110 éves adatsorában 18 nagy amplitúdóval rendelkező ciklust azonosítottunk, amik közül 8 dominánsabb főciklus, 8 kevésbé domináns, de meghatározó mellékciklus. Az eredményeket összevetve más nagyvárosokban tapasztaltaknál meghatároztunk országosan kimutatható ciklusokat, amikkel a Kárpát-medence nagy részének csapadékviszonyai jellemezhetőek.

Az egy éves periódusok a Föld forgására és a naprendszerben elfoglalt helyére vezethetőek vissza, azonban a nagyobb periódusidővel rendelkezők közül csak a 12 év körüli ciklusra adható magyarázat. Kínai kutatások bebizonyították (Zhao et al., 2004), hogy Peking városának sokéves csapadékidőszora és a napfolt-tevékenység alakulása között bizonyos időeltolódással erős korreláció mutatható ki. Ez alapján feltételezhető, hogy a napfolt-tevékenység 12 év körüli ciklikussága a magyarországi csapadékviszonyokra is hatással lehet. A többi ciklus okainak megkeresése további kutatások célja lehet.

Forecast Development Based on Investigation of Cyclic Variation of Precipitation Data in the Region of Debrecen, Hungary

Abstract

To better understand the periodicity of the hydrologic cycle, we examined the precipitation, because it is the primary source of the recharge of groundwater. We used 110 year long annual and monthly precipitation time series to analyze it with an analytic version of the Discrete Fourier-Transformation.

With the spectral analysis the deterministic components were calculated from a stochastic precipitation time series, the difference between the calculated and measured precipitation data shows the stochastic behavior of the annual rainfall. These calculations help to understand better the recent changes in the climate of the area.

XII. KÁRPÁT-MEDENCEI KÖRNYEZETTUDOMÁNYI KONFERENCIA

2016. június 1–4. Beregszász, Ukrajna

The values were obtained from the Hungarian Meteorological Service Online database for the city of Debrecen. We defined 8 cycles with large amplitude and 8 more which have lower, but significant amplitude in the annual precipitation dataset, and 43 cycles were found in the monthly data. According to our examination the 1 and the 0.5 year long cycles are the most dominant, which are followed by the 3.6 and the 5 year long ones. Using spectral analysis we calculated the period of time, the amplitude and the phase angle, and based on these parameters we developed a forecast up to the year of 2030.

Keywords

precipitation, spectral analysis, climate change, cycles

Irodalomjegyzék

- BATES, B., KUNDZEWICZ, W. Z., WU, S., PAULUTIKOF, J. (2008): Climate Change and Water, IPCC Technical Paper VI, Intergovernmental Panel on Climate Change, 2008
- MESKÓ ATTILA (1984): Digital Filtering Applications in Geophysical Exploration for Oil, Akadémia Kiadó, Budapest, 1984
- OMSZ (2015): Országos Meteorológiai Szolgálat Online Adatbázis http://met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_adatsorok/ [letöltve 2015. 07.01.]
- PANTER, F. P. (1965): Modulation, Noise and Spectral Analysis – Applied to Information Transmission. McGraw-Hill Book Company, 1965
- SZÚCS PÉTER (2012): Hidrogeológia a Kárpát-medencében – hogyan tovább?, Magyar Tudomány, 2012. 5., HU ISSN 0025 0325, 554-565. o.
- STOCKER, T. F., QIN, D., PLATTNER, G.K., TIGNOR, M. M. B., ALLEN, S. K., BOSCHUNG, J., NAUELS, A., XIA, Y., BEX, V., MIDGLEY, P. M. (2013): Climate Change 2013, The Physical Science Basis, Chapter 12: Long-term Climate Change: Projections, Commitments and Irreversibility, Cambridge University Press, 2013
- TURAI ENDRE (2005): Spektrális adat- és információfeldolgozás – egyetemi jegyzet. Miskolci Egyetem, Miskolc, 2005
- ZHAO, J., HAN, Y. B., LI, Z. A. (2004): The Effect of Solar Activity on the Annual Precipitation in the Beijing Area, Chinese Journal of Astronomy and Astrophysics, vol. 4, 2004, No. 2. pp. 189-197.