

Nyugat-Magyarországi Egyetem

Doktori értekezés tézisei

*Extraterresztrikus hatások érvényesülése a
troposzférában és a sztratoszférában*

Cseh Sándor

Sopron

2004

A célkitűzés

1940-1950-es évektől számottevően megnőtt az érdeklődés az extrateresztrikus tényezőknek az időjárásra gyakorolt hatása iránt. Különösen az 1970-es évektől az eredmények arra engednek következtetni, hogy a naptevékenység a troposzférára és a sztratoszféra alsó és középső rétegének időjárására hatással van. Mindezek az eredmények globális méretekben állnak rendelkezésre. Napjainkban, amikor az üvegházhatású gázok és aeroszol-koncentrációk változásai a felmelegedést segítik, jogosan merül fel a kérdés, hogy az extra-teresztrikus tényezők hatásai ezt a folyamatot módosítják, módosíthatják-e? A vizsgálatok kellő időbeli és térbeli bontású, regionális éghajlati forgatókönyveket igényelnek. A disszertációban arra kívánunk választ adni - túllépve a naptevékenységen mint egyik extrateresztrikus markáns tényezőt -, hogy a lokális változások milyen relációban vannak az eddig ismert globális méretű hatásokkal. Az éghajlati forgatókönyvek célkitűzéseinek szándékát segítve - amelyek igénylik a meteorológiai elemek időbeli változásait - a meteorológiai elemek számának vizsgálatát kiterjesztettük. E célból az általában vizsgált hőmérséklet, az izobárszintek magassága mellett a skaláris szélesség és a potenciálisan kihullható vízmennyiség vizsgálatára is sor került.

A felhasznált módszerek és adatok

A felhasznált módszerek

A disszertációban felhasznált szakirodalmi módszerek:

1. Egy- és többváltozós korrelációanalízis
2. Idősor-analízis
3. Regresszió-analízis
4. Spektrál-analízis (gyors Fourier-transzformáció)

Vizsgálataink során az extrateresztrikus tényezők, valamint a meteorológiai elemek adatsorát a kvázi-kétéves oszcilláció két fázisa alapján osztályoztuk. A naptevékenység aktivitását kifejező $F_{10,7}$ index függvényében ($F_{10,7}$ index < 100, illetve $F_{10,7}$ index \geq 100) a meteorológiai elemek eloszlását, változásait két csoportban vizsgáltuk.

A felhasznált adatsorok

1. Havi bontású budapesti éghajlati adatsorok

- hőmérséklet, izobárszint magasság, skaláris szélesség 1962-1994; 10 (talaj, 850hPa, 500 hPa, 250 hPa, maximális szélesség, tropopauza, 150 hPa, 30 hPa, 20 hPa, 10 hPa) szinten,
- relatív nedvesség 1962-1994; 7 (talaj, 850 hPa, 700 hPa, 600 hPa, 500 hPa, 300 hPa, 200 hPa) szinten.

2. Extraterresztrikus tényezők globális vonatkozású adatsorai

- a naptevékenység aktivitását kifejező $F_{10,7}$ index 1962-1994;
- galaktikus-kozmosz sugárzás beütésszámai 1962-1994;
- geomágneses tevékenységi Ap index 1962-1994.

3. Globális vonatkozású adatsor

- a kvázi-kétéves oszcilláció (QBO) értékei (1962-1994)

4. Makroszinoptikus adatsor

- a Hess-Brezowsky típusok sorozata (1962-1990)

Az eredmények

1. Az izobár szint magassága és a naptevékenység, a geomágneses tevékenység, a galaktikus-kozmosz sugárzás közötti összefüggés vizsgálatának eredményei

A vizsgált időszakban (1962-1994) a naptevékenység és a geomágneses tevékenység trendje növekvő, a galaktikus-kozmosz sugárzás trendje csökkenő tendenciát mutatott.

A vizsgált izobár szintek magasságának trendje (500 hPa, 150 hPa, 30 hPa, 20 hPa, 10 hPa) a 150 hPa-os szintig növekvő, felette csökkenő tendenciájú volt. E megfigyelésből a troposzféra melegedésére, illetve a sztratoszféra hűlésére következtethetünk.

A naptevékenység és az izobárszint magassága közötti kapcsolatot kifejező lineáris korrelációs együtthatók a tavaszi, valamint a nyár eleji hónapokban negatív, míg a téli hónapokban pozitív értékűek. A kvázi-kétéves oszcilláció hatása határozottan kimutatható. A

QBO hatását figyelembe véve a tavaszi és nyár eleji szignifikáns negatív korrelációk a nyugati fázisban, a téli szignifikáns pozitív korrelációk a keleti fázisban figyelhetők meg. A kapcsolat erősségét kifejező korrelációk maximumai télen a felszínhez közelebb a 150 hPa-os szinten, nyáron távolabb a 30 hPa-os szinten tapasztalhatók.

A geomágneses tevékenység az izobárszint magasságára a naptevékenységgel hasonló hatást fejt ki. A korrelációs együtthatók különösen a sztratoszférában a naptevékenység hatását kifejező értékeket jelentősen meghaladják.

A galaktikus-kozmosz sugárzás és az izobár szintek magasságának kapcsolatát tükröző korrelációs együtthatók abszolút értékben kisebbek, de az előjelük ellentétes a naptevékenység vagy a geomágneses tevékenység és az izobár szint magasságát kifejező korrelációs együtthatók előjelével.

Az extraterresztrikus tényezők és szintmagasság kapcsolatát kifejező lineáris korrelációs együtthatók a téli és a tavaszi értékeinek előjelváltása tükrözi a sztratoszférikus felmelegedések, - amely a Berlini-effektus elnevezéssel ismert -, valamint a sztratoszférikus áramlási rendszerben történő átmenetek hatását is.

A spektrálanalízis eredményei troposzféra izobár szintjeinek a magasságában a geomágneses tevékenység 4 és 5 év közötti és 2 év körüli, a sztratoszféra izobár szintjeinek magasságában a naptevékenység 11 éves, a geomágneses tevékenység 4 és 5 év közötti periódusú változását mutatják.

II. Az izobárszint hőmérséklete és a naptevékenység a geomágneses tevékenység a galaktikus-kozmosz sugárzás közötti összefüggés vizsgálatának eredményei

A feltételezés energetikai megfontolásokon alapul. A Tinsley és társai (1989) által bizonyított tény, hogy a légoszlopban lejátszódó felhő- és csapadékképződési folyamatok szoros összefüggésben állnak a naptevékenységgel (szektorhatárátmenet), illetve a galaktikus-kozmosz sugárzással. Miután a naptevékenység a galaktikus-kozmosz sugárzást modulálja a feltételezés valószínűsíthető. Azaz a naptevékenység növekedésével a galaktikus-kozmosz sugárzás fluxusa csökken, így csökken a felhő- és csapadékképződési folyamatok intenzitása. Ennek eredménye, hogy a légoszlopban a felszabaduló latens hőmennyiség csökken, amelyet követ a légoszlop hőmérséklete.

A szint hőmérsékletek az 500 hPa-os szintig növekvő trendet mutatnak. Ez a növekedés az üvegházhatású gázok mennyiségének változásával magyarázható. Az 500 hPa-os szint felett a

hőmérsékleti trend - beleértve a tropopauza szintjét is - csökkenő, majd a 10 hPa-os szinten ismételten növekedő tendenciájú.

A troposzférában az izobárszint hőmérsékletének kapcsolata az extraterresztrikus tényezőkkel hasonló kapcsolatot mutat, mint az izobárszint magassága az extraterresztrikus tényezőkkel. A troposzférában tapasztalt korrelációs együtthatók mindhárom extraterresztrikus tényező és az izobárszint hőmérséklete esetében általában nagyobbak, mint ugyanazon tényezők közötti korrelációs együtthatók a sztratoszférában.

Az alsó sztratoszférában különösen nyáron a hőmérséklet és a naptevékenység közötti korrelációs együttható értéke nullát közelítően negatív. A 20 hPa-os, a 10 hPa-os szinten ugyanezen korreláció értéke már pozitív. A QBO hatás figyelembevételével a korrelációs együtthatók értékei nagyobbak, de a két fázis között szignifikáns különbséget nem lehet kimutatni. A középső sztratoszférában jelentkező eltérő tendencia, azaz, hogy a korrelációs együttható értékei nyár folyamán negatív értékről pozitív értékre váltanak az ózon hőmérsékletnövelő hatásának tudható be. Az ózon növekedését két tényező biztosítja. A naptevékenység aktivitásakor a galaktikus-kozmosz sugárzás csökkenése, tehát az ózon lebontásában szerepet játszó NO koncentrációjának a csökkenése, valamint az a dinamikus folyamat, amely a szubtrópusi övön belül keletkező „többletózon” északi sark felé történő áramlását hozza létre. Feltételezhetjük, hogy ez a folyamat idézheti elő a hőmérsékleti trend növekedését a 10 hPa-os szinten.

A geomágneses tevékenység és az izobár szintek hőmérséklete közötti kapcsolatot kifejező korrelációk kismértékben nagyobbak, de gyakorlatilag követik a naptevékenység és az izobárszint hőmérséklete közötti értékeket.

A galaktikus-kozmosz sugárzás és az izobárszint hőmérsékletének a kapcsolatát kifejező korrelációs együttható előjele ellentétes a naptevékenység vagy a geomágneses tevékenység és a szint hőmérséklete között adódó korrelációs együtthatóval.

Az extraterresztrikus tényezők és az izobár szintek hőmérsékletének kapcsolatát kifejező korrelációs együtthatóinál is – a szintmagasságnál tapasztaltakhoz képest kisebb mértékben – jelentkezik a tavaszi sztratoszférikus felmelegedés, valamint a sztratoszférikus áramlási rendszerben történő átmenetek hatása.

A spektrálsűrűséget megjelenítő ábrákon a napciklussal összefüggő periodicitás amplitudójánál jelentősen nagyobbak a geomágneses tevékenység hatására visszavezethető 5 év körüli periódus amplitudói.

III. Az izobárszint skaláris szélessége és a naptevékenység, a geomágneses tevékenység, a galaktikus-kozmosz sugárzás közötti összefüggés vizsgálatának eredményei

A troposzféra szélviszonyai a Földön viszonylag jól ismertek. A szélviszonyok jellemzésére használt skaláris szélesség a vizsgált időszakban, az alsó troposzférában növekvő trendet mutat.

A szélmaximum szintjétől az alsó, majd a középső sztratoszférában a 10 hPa-os szintig a skaláris szélesség trendje csökkenő, 10 hPa-os szinten már ismét növekvő.

A szélesség trendjének a változása hasonló jelleget mutat, mint az izobár szintek hőmérsékletének alakulása.

A vizsgált izobár szinteken főként a nyári hónapokban szignifikáns negatív korreláció figyelhető meg a skaláris szélesség és a naptevékenység között. Hasonló kapcsolatot mutat a geomágneses tevékenység és szintre vonatkozó skaláris szélesség is. Az izobár szinten mért skaláris szélesség és a galaktikus-kozmosz sugárzás közötti korreláció pozitív. Szignifikáns érték azonban akkor figyelhető meg, amikor a naptevékenység és a skaláris szélesség között is szignifikáns, negatív a korreláció.

Ezen jelenségből az energetikai megfontolásokkal összhangban, feltételezhetjük azt, hogy a galaktikus-kozmosz sugárzás is modulálhatja a szélerősséget.

A QBO hatásának figyelembevételével a troposzférában a keleti fázis téli hónapjai mutatnak jelentősebb korrelációt a naptevékenység és a skaláris szélesség között, pozitív előjellel.

A sztratoszférában 150 hPa-on, a keleti fázisban a szinthez tartozó szélesség és a naptevékenység között negatív korrelációk a dominánsak, különösen a nyári és az őszi átmenet hónapjaiban. A nyugati fázisban a nyári korrelációk pozitívak, de nem értékelhetők.

A középső sztratoszférában, a nyugati fázis nyári hónapjaiban a szintre vonatkozó szélessége és a naptevékenység közötti korrelációk már negatívak. A keleti fázisban a hasonló korrelációk a nyári hónapokban szintén negatívak, de abszolút értékben alatta maradnak a nyugati fázis értékeinek. A keleti fázis őszenek és a telének hasonló korrelációs együtthatói a 0-t közelítően pozitívak.

Mindkét fázisban a szinten mért szélerősség és a galaktikus-kozmosz sugárzás közötti korreláció pozitív, a nyugati fázis értékei különösen nyáron jelentősebbek.

A geomágneses tevékenység és a szintekhez tartozó szélerősség közötti kapcsolatot reprezentáló korrelációs együtthatók előjele azonos a z izobár szinten mért szélerősség és a

naptevékenység közötti kapcsolatot kifejező korrelációs együtthatókéval. A QBO két fázisának korrelációs együtthatói jelentősen nem különböznek, de a nyugati fázis negatív értékei határozottabb kapcsolatra utalnak. Megfigyelhető, hogy az extraterresztrikus tényezők és a szinteken mért skaláris szélsébség közötti korrelációs együttható a középső sztratoszférában felfelé haladva jóval határozottabb, mint a hőmérséklet vagy az izobár szint geopotenciális magasságánál az tapasztalható volt.

A spektrumanalízis a 11 éves periodicitást a skaláris szélsébség értékeinek idősorában a 150 hPa-os szinten jeleníti meg legnagyobb amplitudóval. A QBO hatásának tulajdonítható közel kétéves periódus az 500 hPa-os szinten jelentkezik a legnagyobb amplitudóval.

IV. A potenciálisan kihullható vízmennyiség és a naptevékenység, a geomágneses tevékenység, a galaktikus-kozmosz sugárzás közötti összefüggés vizsgálatának eredményei

A potenciálisan kihullható vízmennyiség, mint közvetett nedvességi paraméter a vizsgált időszakban csökkenő tendenciát mutat. A kihullható vízmennyiség idősora megközelítően azt mutatja, hogy a naptevékenységi maximumok idején a kihullható vízmennyiség lokális minimumot, naptevékenységi minimumok környezetében lokális maximumot vesz fel.

A potenciálisan kihullható mennyiség és a naptevékenység között az évi átlagok alapján negatív korreláció figyelhető meg. A korrelációk idősora megközelítőleg azonos, ha a vízmennyiséget a talajtól a 200 hPa-os szintig a teljes légoszlopra, illetve a 850 hPa és a 200 hPa közötti légoszlopra vonatkoztatjuk.

A galaktikus-kozmosz sugárzás és a potenciálisan kihullható vízmennyiség közötti korreláció a nyári hónapokban pozitív. A korreláció előjele ellentétes a naptevékenység és a kihullható vízmennyiség közötti korreláció előjelével.

A potenciálisan kihullható vízmennyiségre a geomágneses tevékenység közel ugyanakkora hatást gyakorol, mint a naptevékenység. A galaktikus-kozmosz sugárzás hatása a potenciális kihullható vízmennyiségre kismértékben erősebb, mint a naptevékenység vagy a geomágneses tevékenység hatása.

A potenciálisan kihullható vízmennyiség vizsgálata QBO függvényében azt mutatja, hogy a nyugati fázisban a naptevékenységgel számított havi korrelációk negatívak, február és március kivételével. A nyári hónapok közepes nagyságú korrelációi 95%-os szinten szignifikánsak. A téli hónapok korrelációs együtthatói alacsonyak. A keleti fázisban a kihullható vízmennyiség és a naptevékenység közötti korreláció értékei nagymértékű

változékonyságot tükröznek, a korrelációs együtthatók váltakozó előjelűek és nem szignifikánsak. A potenciálisan kihullható vízmennyiség a naptevékenységgel a QBO nyugati fázisában tehát határozott kapcsolatot mutat, míg a keleti fázisban ez nem áll fenn. Ugyanakkor a kihullható vízmennyiség tényleges értékei a nyugati és a keleti fázisban nem mutatnak szignifikáns különbséget.

A QBO hatásának vizsgálatánál az is megfigyelhető volt, hogy a nyugati fázisban a galaktikus-kozmosz sugárzás hatásának a dominanciája a kihullható vízmennyiségre jelentősebb mint a geomágneses tényezőé, illetve a naptevékenységé.

Egy-egy réteg potenciálisan kihullható vízmennyiségének kapcsolatát vizsgálva az extraterresztrikus tényezőkkel megfigyelhető, hogy a korreláció erősödik, ahogy közeledünk ahhoz a régióhoz, ahol egybeesik a felhőképződés magasságtartománya, azzal a magasságtartománnyal, ahol a kozmosz sugárfluxus a sztratoszférában felfelé haladva a másodlagos galaktikus sugárzás maximuma felé tart. Ez utóbbi maximum 15 km-es magasságban alakul ki. Így a kihullható csapadék és a galaktikus-kozmosz sugárzás közötti összefüggést nem csak a két mennyiség közötti szignifikáns korreláció jelzi, hanem a magasságtartománynak a felhőképződés régiójáig történő leszűkítésével növekvő korreláció is. A naptevékenység növekedésének a következménye a csökkent galaktikus-kozmosz sugárzásfluxus, ennek eredménye, hogy csökken az ionizáció a troposzférában és sztratoszférában. Ebből adódóan Tinsley (1989) eredménye szerint a kihullható víz mennyiségnek növekedni kellene, hisz a felhő- és csapadékképződés hatékonysága az elektromos töltéssel rendelkező és a kondenzációt tekintve hatékonyabb aeroszol részecskék koncentrációjának csökkenése miatt csökken. Az egyszerűsített elméleti modellek, megfontolások szerint a naptevékenységnek és a kihullható vízmennyiségnek azonos irányban, a galaktikus-kozmosz sugárzásnak és a kihullható vízmennyiségnek fordított irányban kellene változni. A vizsgálat eredménye mind a trendek, mind a korrelációs együtthatók alapján ezzel ellentétes hatást mutat, azaz a naptevékenység és a kihullható vízmennyiség között fordított, a galaktikus-kozmosz sugárzás és a kihullható vízmennyiség között azonos irányú változást állapított meg. Magyarázatul a bonyolult hatásmechanizmusok és visszacsatolási folyamatok együttese szolgálhat.

Svensmark és Friis-Christensen (1997) kutatásai alapján feltételezhetjük, hogy a naptevékenység intenzitásának növekedése miatt a galaktikus-kozmosz sugárzás fluxusa csökken, nagyrészt ezért a borultság a 3 km feletti rétegben nő. A borultság és a párolgás fordított kapcsolatát tényként tekintve, a kihullható vízmennyiség a párolgás hiánya miatt csökken.

A kihullható vízmennyiség és a galaktikus-kozmosz sugárzásfluxus közötti szignifikáns pozitív korrelációt magyarázhatja ez a folyamat. Ezzel a ténnyel magyarázható, hogy a kihullható vízmennyiség, valamint a naptevékenység és geomágneses tevékenység változása közötti fordított arányosság a troposzféra kiszáradását eredményezi megnövekedett naptevékenység vagy geomágneses tevékenység esetén. Ezt támasztja alá az utóbbi három napciklus alatt a potenciálisan kihullható vízmennyiség csökkenő trendje miközben a naptevékenység növekvő tendenciát mutat.

A spektrálanalízis a kihullható vízmennyiségnek az extraterresztrikus hatásokkal való kapcsolatát bizonyítja. Határozott csúcs jelentkezik a naptevékenység 11 éves periódusánál. A spektrálsűrűség jelentősen kisebb, mint a geopotenciális magasságoknál, a hőmérsékletnél, a szélességnél hasonló vizsgálat során tapasztalt értéknél. Ha a kihullható vízmennyiség spektrumait összehasonlítjuk, a periodicitást bizonyító 11 éves amplitúdók a talaj és 200 hPa közötti légoszlopban nagyobbak, mint a 850 hPa és a 200 hPa közötti légoszlopban.

V. A globális léptékű megállapításoktól a regionális léptékű eredmények eltérések

A vizsgálatba bevont négy időjárási elem és az extraterresztrikus tényezők kapcsolata a kapott eredmények alapján feltételezhető. A kapott eredmények a három extraterresztrikus tényező együttes hatásmecha-nizmusának feltételezésével energetikai oldalról is magyarázhatóak.

A négy meteorológiai paraméter változásai az extraterresztrikus hatások függvényében egymásnak nem ellentmondóak, koherens megállapításokat eredményeznek.

Az időjárási elemek és az extraterresztrikus tényezők közötti kölcsönhatást többek között a sztratoszférikus ózon valamint az oszcillációs hatás (QBO) torzítja. Az oszcillációs hatás a sztratoszférában dinamikusan létrehozott ingadozást mutat télen a keleti fázisban, míg ez a nyugati fázisban nem jelenik meg. Azaz a QBO és a naptevékenység egymást erősíti télen a keleti fázisban. Ez a hatás nem jellemzi télen a nyugati fázis éveit, ami annak tulajdonítható, hogy a QBO nyugati éveiben a megfigyelés időszaka alatt a téli sarki légörvény nem működött.

Shea és társai (1992) rámutattak arra, hogy a QBO keleti fázisában az Északi-sark telén a naptevékenységnek a sztratoszférikus izobárok magasságaival és hőmérsékleteivel kapott korrelációi, valamint a naptevékenységnek az alacsonyabb szélességi körökön az azonos izobár magasságokkal és hőmérsékletekkel kapott korrelációi fordított előjelűek.

Az eredmények azt is mutatják, hogy a napciklus legerősebben hat az északi féltekén a tél késői, tavaszi szakaszában (március-május).

A budapesti éghajlati adatsorok, valamint a naptevékenységet kifejező értékekből származtatott korrelációs tényezőkhöz képest K. Labitzke és H. van Loon (1998) a globális adatok alapján a Magyarországot is tartalmazó régióra, különösen a nyári hónapokban jelentősebb korrelációkat kapott. A korrelációs együtthatók értékei nemcsak a nagyságban tértek el a globális értékektől, hanem a különbségek az előjelben is megnyilvánultak. A jelentős eltérések az izobárszintek magasságának és hőmérsékletének a naptevékenységgel kimutatott kapcsolatánál jelentkeztek. A skaláris szélsőséggel, valamint a potenciálisan kihullható vízmennyiséggel globális léptékű vizsgálatok ezidáig nem készültek. Az eltérések igazolják, illetve alátámasztják a regionális vizsgálatok és a hatásmechanizmusok ismeretének szükségességét.

Az alkalmazások

Az extraterresztrikus tényezők időjárás- és éghajlatalkító hatás-vizsgálata a globális felmelegedés illetve a klímaváltozás ok-okozati összefüggéseinek feltárásával a figyelem középpontjába került. A kutatások különböző irányultságai a jelenben hol elvetik, hol előtérbe helyezik az extraterresztrikus tényezők éghajlat-alkító szerepét. Az extraterresztrikus tényezőknek, mint a naptevékenység, a galaktikus-kozmosz sugárzás, a geomágneses tevékenység komplex, együttes hatásvizsgálata feltehetőleg megalapozottabb eredményeket szolgáltat, mint a tényezők független vizsgálata. A feldolgozott 33 éves időtartamú budapesti éghajlati adatsorok és az extraterresztrikus tényezők kapcsolatának vizsgálatából levonható következtetések e régióra vonatkoz-tatható eredményeket szolgáltatnak. A dolgozat eredményeként a regionalitás hangsúlyozásával mind a közvetlen meteorológiai paraméterekre - a hőmérséklet, a skaláris szélsőséggel -, mind a közvetett meteorológiai paraméterekre - az izobár szint magassága, a potenciálisan kihullható vízmennyiség - az extraterresztrikus tényezők hatása ismertté vált.

A kapott eredmények a feldolgozott idősor hosszúsága alapján is jól összevethetők a globális léptékű, illetve a pólusokon már ismert az extraterresztrikus tényezők és a hőmérsékleti értékek, geopotenciális magasságok hasonló korrelációival. Az eredmények felhasználására többek között a regionális forgatókönyvek adnak lehetőséget. Mindezek alapul szolgálhatnak a ciklontevékenység, ciklonok vándorlása, az időjárási helyzetek vizsgálatához is.

Irodalom:

- Labitzke, K., van Loon, H., (1998): The signal of the 11-year solar cycle in the global stratosphere. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics* 61, 53-61.
- Shea, D.J., van Loon, H., Labitzke, K., (1992): Point correlations of geopotential height and temperature at 30 mb and between 500 mb and 30 mb. NCAR, Boulder, Colorado, NCAR/TN-368+STR, 6pp. and 285 map pages.
- Svensmark, H., Friis-Christensen, E., (1997): Variations of cosmic ray flux and global cloud coverage - a missing link in solar-climate relationships. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics* 59, 1225-1232.
- Tinsley, B. A., Brown, G. M., Scherrer, P. H., (1989): Solar variability influences on weather and climate: possible connections through cosmic ray fluxes and storm intensification. *J. Geophys. Res.*, 94, 14783-14792.

A szerzőnek a dolgozat témaköréhez tartozó publikációi:

- Cseh, S., (1981): A potenciálisan kihullható vízmennyiség Budapest fölött. *Időjárás* 85, 95-102.
- Cseh, S., (1985): Éghajlati jellemzők az emelési kondenzáció szintjén Budapest fölött. *Időjárás* 89, 219-227.
- Cseh, S., (2001): A fenntartható fejlődés néhány kérdése a Kárpát-medencében. NYME ATFK Tanulmánykötet, 35-52.
- Cseh, S., (2002): A globális felmelegedés kezdetén... NYME ATFK Tanulmánykötet, 95-108.
- Cseh, S., Bencze, P., (2003): Solar activity and precipitable water. *Megjelenés alatt.*
- Cseh, S., Bencze, P., (2004): Long-term variations of temperature, wind and precipitable water in the troposphere and lower stratosphere. *Megjelenés alatt.*