

# HIDEGFRONT-ÁTVONULÁSRÓL MÁSKÉPPEN

## Bevezetés

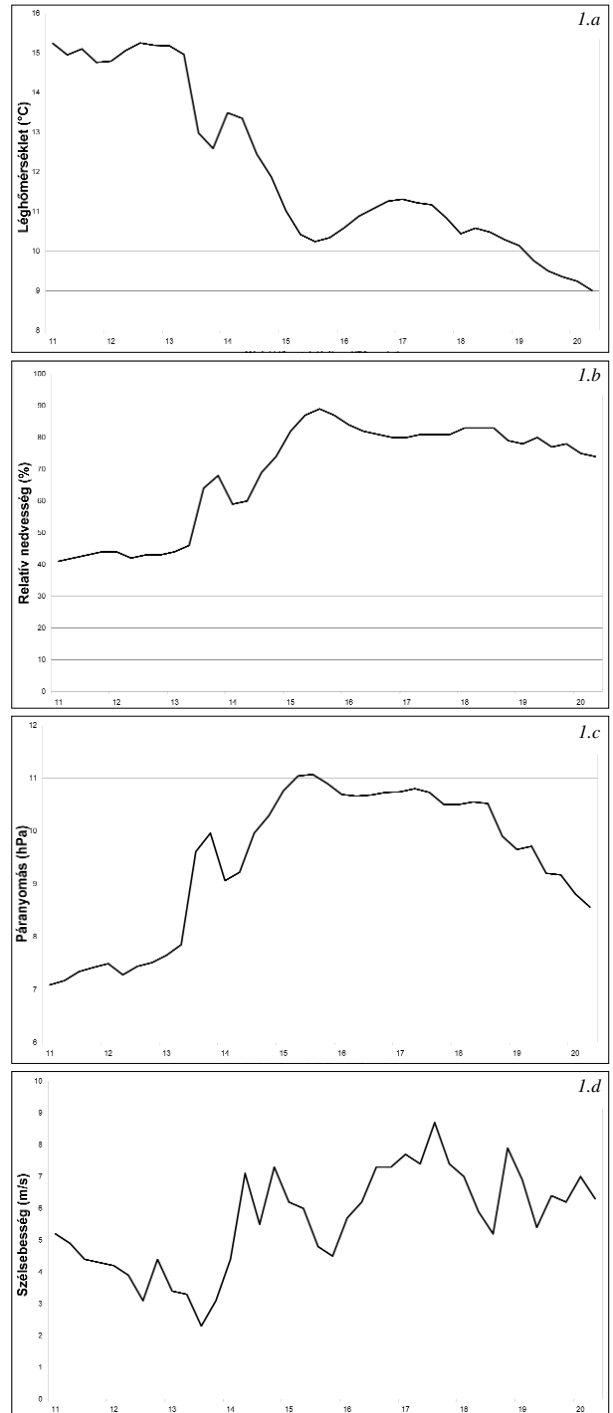
A frontátvonulás szélfordulással, szélerősődéssel, a levegő hő- és nedvességi állapotának megváltozásával és csapadékhullással jár. Mindezek olyan jelenségek, melyek markánsan meghatározzák az időjárást. Felvetődik a kérdés, hogy kapcsolatba hozható-e a frontátvonulással járó időjárás változás egyes meteorológiai mutatókkal? Ha igen, melyek ezek a mutatók és milyen jellegű a kapcsolat? E témakörrel kapcsolatos vizsgálatok egyértelműen a nedves hőmérő hőmérsékletének ( $T_w$ ) fontosságára utalnak. Ez az állapotjelző főleg a frontok átvonulása során, illetve légtömegben belül tapasztalható zivatarvevényességgel hozható kapcsolatba. E kapcsolatrendszer vizsgálatával sokan foglalkoztak és foglalkoznak. Ezek közül a munkák közül kiemelendő *Eltahir és Pal (1996)* munkája, melyben a felszín közeli nedvességi viszonyok és a konvektív zivatarok illetve csapadékmennyiségek közötti kapcsolatot vizsgálták az Amazonas térségében. E kutatások trópusi éghajlatra és síkvidéki területre vonatkoznak. A talaj közeli légrétegek nedvességi állapotát  $T_w$ -vel jellemezték. Megállapították, hogy a nedves hőmérő hőmérsékletének emelkedésével lineárisan nő a zivatarok kialakulásának valószínűsége és a konvektív csapadékmennyiség. Kimutatták azt is, hogy a zivatarok ki sem alakulnak, ha a  $T_w$  kisebb egy bizonyos minimális küszöbértéknél. A trópusokban e küszöbérték  $22\text{ }^\circ\text{C}$ . *Früh és Wirth (2002)* tesztelték Eltahir és Pal eredményeit közép-európai hegyvidéki viszonyokra. Megállapították, hogy az Eltahir-Pal-féle küszöbérték Dél-Németország éghajlati viszonyaira  $9\text{ }^\circ\text{C}$  körül van, és a lineáris jellegű kapcsolat a csapadékot adó zivatarok kialakulásának valószínűsége és a  $T_w$  értékei között továbbra is fennállt. Egyértelmű kapcsolatot a nedves hőmérő hőmérséklete és a konvektív eredetű csapadékmennyiségek között azonban nem találtak.

Egy előbbi munkánkban (*Seres és Ács, 2006*) megmutattuk, hogy frontátvonuláskor közömbös a légrétegződés, és ennek megfelelően az  $L_{\text{mon}}$  stabilitási paraméter igen nagy értékeket vesz fel ( $L_{\text{mon}} \rightarrow$  a végtelenbe). De e tény nem tükrözi a frontátvonulással járó állapotváltozások lényegét. E változások jellegének és mértékének kifejezésére az egyik legjobb mutató a  $T_w$  hőmérséklet változásainak nyomon követése. E munka célja ennek illusztrálása egy hidegfront-átvonulás példáján. Az esettanulmányunk egy 1992. május 1-jén Braunschweig városa felett átvonuló hidegfrontra vonatkozik.

## Adatok és módszertan

Az elemzéshez – mint ahogy már említettük – a braunschweigi (Németország) szinoptikus meteorológiai állomás hat napos (1992. április 28.-tól 1992. május 3.-ig tartó)

és 15 perces időléptékű adatsorát használtuk fel. Az adatsort, azaz a légköri határfeltételeket a léghőmérséklet, a



1. ábra 1992. május 1-jén, a 10:44 UTC és 19:59 UTC közötti időszakban, 15 perces felbontásban mért a) léghőmérséklet-, b) relatív nedvesség-, c) párányomás- és d) szélsébség-értékek a braunschweig-i (Németország) szinoptikus állomáson.

relatív nedvesség, a párányomás, a szélsébség, a globál-sugárzás, a légköri visszasugárzás és a csapadék mért értékei alkotják. A május 1-jén áthaladó hidegfront egyértelműen felismerhető és lokalizálható. Ehhez az adatsorból kiválasztott adatokon (1. ábra) kívül, NCEP reanalízis térképeket használtunk fel (2. ábra). A térképek alapján képet kaphatunk a talajszinti légnyomás területi eloszlásáról, az 500 hPa-os és a 850 hPa-os légnyomási szint magasságáról és hőmérsékleti viszonyairól, illetve a 700 hPa-os nyomási szint magasságáról és nedvességi mezejéről. Május 1-jén 00 UTC-kor egy ciklon helyezkedett el a Brit-szigetektől északra, melynek hidegfrontja épp a Brit-szigetek felett húzódott (2a. ábra). A front helyét szépen kirajzolták a talajszinti, ciklonális görbületű izobárok, a 850 hPa-os nyomási szint hőmérsékleti viszonyai és izohipszái és a 700 hPa-os szint légnedvességi mezeje. Állomásunk ekkor még a ciklon előoldali áramlási rendszerében, ún. meleg szektorában helyezkedett el, melyben száraz és meleg volt levegő. A reanalízis következő időlépcsőjében, május 1-jén 12 UTC-kor, a front már Németország nyugati területei felett, azaz az állomástól nyugatra, tartózkodott (2b. ábra). Ez elsősorban a 700 hPa-os, illetve a 850 hPa-os szint térképein szembetűnő. Az adatsor tanúsága szerint 13 és 16 között csapadék hullott. A csapadék intenzitása nem volt túl nagy, 15 perc alatt 0,1–0,3 mm közötti mennyiségeket észleltek. A csapadék hatására csökkent a hőmérséklet, illetve nőtt a párányomás

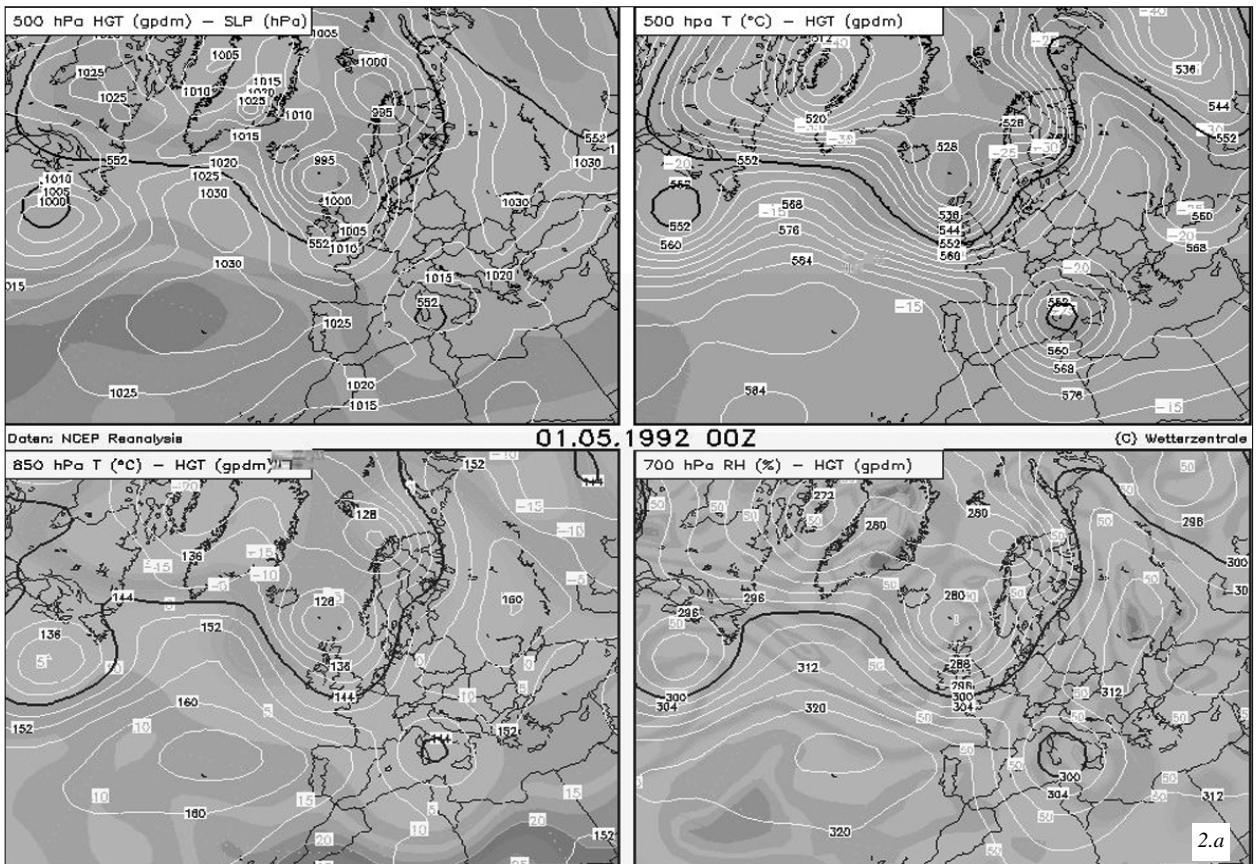
és a relatív nedvesség. Eközben a szélsébség elérte a 7 m/s-os értéket. Érdekes, hogy a hőmérséklet csökkenésében volt egy rövid ideig tartó megtorpanás. Később, 16 órákor átmenetileg elállt a csapadék, illetve gyengült a szél. A szél nemsokára újra erősebb lett, értéke meghaladta a 8 m/s-ot. A léghőmérséklet átmenetileg emelkedett, majd újra csökkeni kezdett. 18 órákor újra csapadékhullás kezdődött, amely 1 órán keresztül tartott. A szél eközben továbbra is mérsékelt, időnként élénk volt, majd estétől fokozatosan gyengült. A front, a fent leírtak alapján, feltehetően 16 és 18 óra között vonult át az állomás felett. Május 2. 00 UTC-re készített reanalízis térképen jól látható, hogy a front mögött a magasban hűvösebb és szárazabb levegő érkezett (2c. ábra).

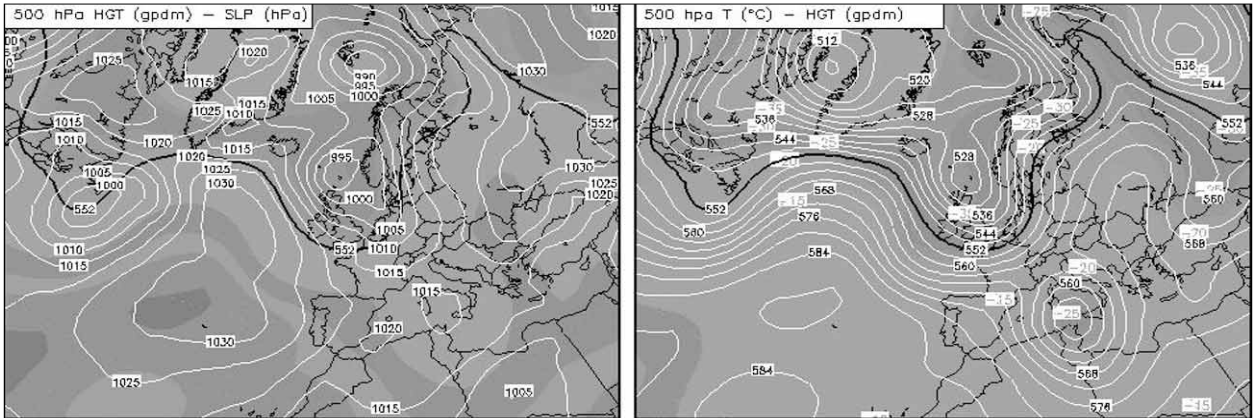
Mivel a mérési adatsorunkból sajnos hiányzik a nedves hőmérő hőmérséklete, azt származtatnunk kellett.

A nedves hőmérő hőmérséklete ( $T_w$ ) a levegőnek az a legalacsonyabb hőmérséklete, amelyre a nedves levegő izobárikusan, a víz bepárologatásával lehűthető. A nedves hőmérsékletet nedvesen tartott, szellőztetett hőmérővel mérik vagy a következő képlet alapján is becsülhető:

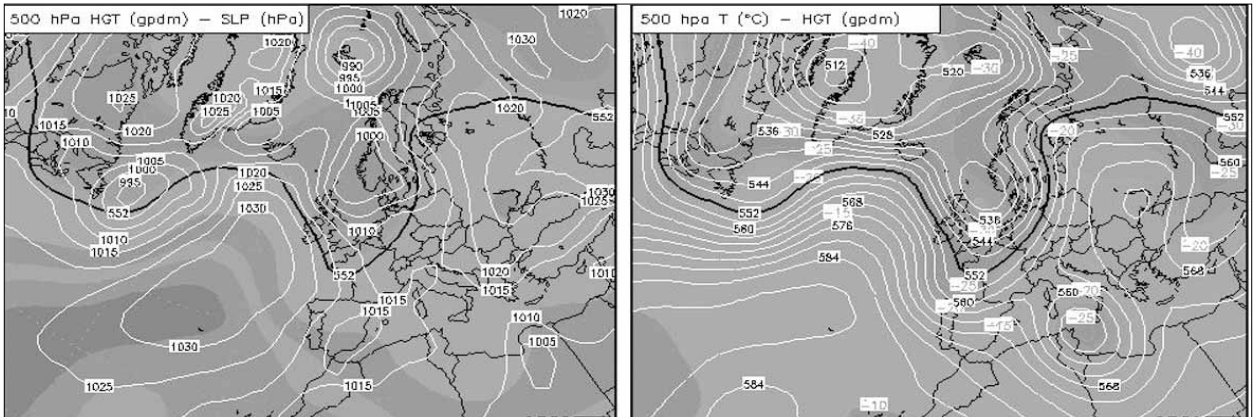
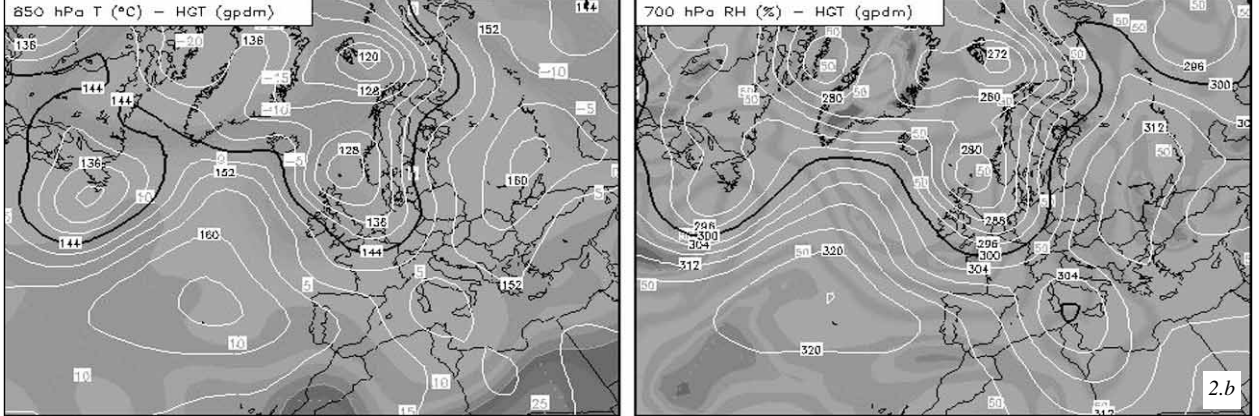
$$T_w \cong T - \frac{L}{c_{pd}}(r'-r)$$

ahol,  $L$  a párolgási hő (ismert),  $T$  a nedves levegő hőmérséklete (mérjük),  $c_{pd}$  a száraz levegő specifikus hőkapacitása (ismert),  $r$  a keverési, míg  $r'$  telítési keverési arány.

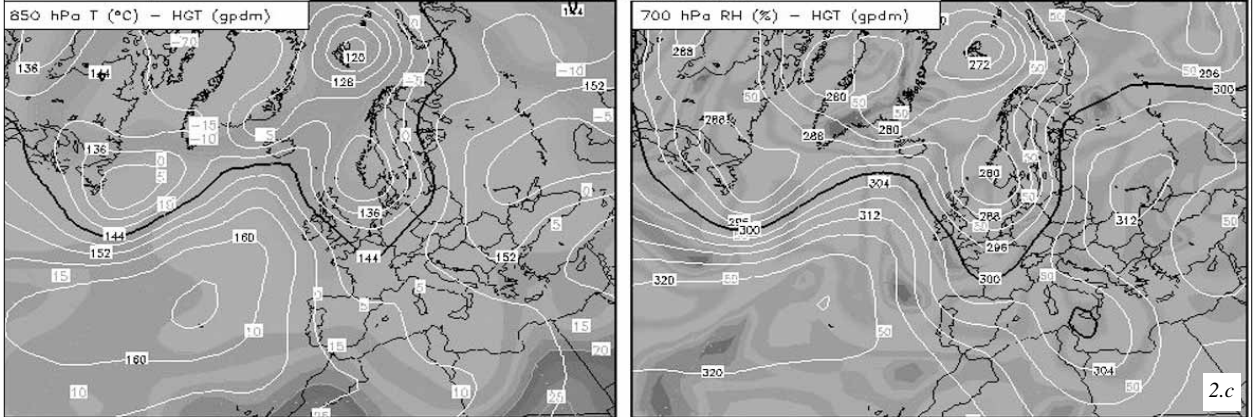




Daten: NCEP Reanalysis **01.05.1992 12Z** (C) Wetterzentrale



Daten: NCEP Reanalysis **02.05.1992 00Z** (C) Wetterzentrale



⇐ 2. ábra 1992. május 1-jére a) 00 UTC-re és b) 12 UTC-re, illetve c) 1992. május 2-ára 00 UTC-re vonatkozó NCEP reanalízis térképek. Mindhárom blokkban a bal felső térkép az 500 hPa-os szint magasságát (szürke árnyalatok és fekete vonal) és a tenger szintre számított légnyomást (fehér vonalak) mutatja. A jobb felső térkép az 500 hPa-os szint magasságát (fehér és fekete vonalak) és hőmérsékleti viszonyait (szürke árnyalatok) mutatja. A bal alsó térkép a 850 hPa-os szint magasságát (fehér és fekete vonalak) és hőmérsékleti eloszlását (szürke árnyalat) szemlélteti. A jobb alsó képen a 700 hPa-os szint nedvességi (szürke árnyalatok) és hőmérsékleti viszonyait (fehér vonalak) láthatjuk.

Az  $r$  keverési arányt

$$r \cong \frac{0,622e}{p},$$

míg az  $r'$  telítési keverési arányt, az

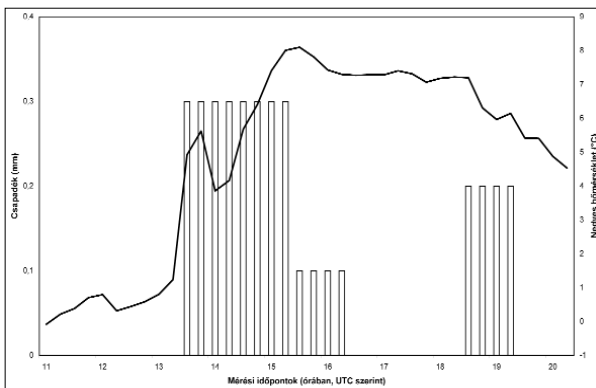
$$r' \cong \frac{0,622e_s}{p}$$

képlettel számítjuk, ahol  $p$  a légnyomás,  $e$  a párányomás (mérjük),  $e_s$  a telítési párányomás (lég hőmérsékletből számítható).

E szinoptikus állomáson azonban nem ismerjük sem az állomásszinti, sem pedig a tengerszinti légnyomást. Így ezek hiányában csak durva közelítéssel számíthatók a keverési arányok és így a nedves hőmérséklet is. A száraz levegő nyomását ( $p_{\text{száraz}}$ ) – a sűrűségét ( $\rho$ ) állandónak véve – az állapotegyenlet alapján számíthatjuk a mért lég hőmérséklet ( $T$ ) függvényében. Az állapotegyenletet az alábbi alakban használtuk fel:

$$p_{\text{száraz}} = \rho R_d T,$$

ahol  $R_d$  a száraz levegő specifikus gázállandója. Természetesen a mért lég hőmérséklet is hibával terhelt adat. A  $p$  légnyomás a száraz levegő és a vízgőz parciális nyomásának (a párányomásnak) összege. Végül a  $p$  ismeretében a keverési arányok is számíthatók.



3. ábra 1992. május 1-jén, a 10:44 UTC és 19:59 UTC közötti időszakban észlelt csapadékösszegek (bal tengely) és számított nedves hőmérsékleti értékek (jobb tengely) időbeli alakulása. Az adatsor felbontása 15 perc.

## Eredmények

A 3. ábrán a május 1-jei hidegfrontot kísérő csapadékhullásnak, illetve a nedves hőmérő hőmérsékletének időbeli változását láthatjuk. Szembetűnő, hogy a csapadékhullást megelőző időszakban, azaz 12 és 13 óra között, emelkedni kezdett a  $T_w$ , melynek mértéke majdnem 1 °C. Ennek oka

a keverési arányok közötti különbségek erőteljes csökkenése, mivel a lég hőmérséklet kis ingadozással közel azonos maradt. A csapadéktevékenység során, egy átmeneti kis mértékű csökkenést kivéve, tovább emelkedett a nedves hőmérő hőmérséklete. A  $T_w$  értéke a csapadék intenzitás gyengülésével kis mértékben csökkent, majd a csapadékhullás megszűnése után viszonylag állandó maradt. Később, közvetlenül a második csapadékos időszak előtt, az előző esethez képest sokkal kevésbé feltűnően, mindössze 0,2 °C-kal, de ismételtelen megnőtt a nedves hőmérő hőmérséklete. Érdekes, hogy ebben az esetben – az első időszagnál látottaktól eltérően –  $T_w$  értéke már a csapadékhullás ideje alatt csökkenni kezdett. Ennek fő oka, hogy a keverési arány és a telítési keverési arány közötti különbség nem változott jelentősen, miközben a hidegfront miatt, a hideg advekcio hatására a lég hőmérséklet csökkenni kezdett.

## Konklúzió

Az esettanulmányunk alapján a hidegfront átvonulásával járó változások (a hőmérséklet csökkenése, a nedvesség és a szélesebbé megváltozása, a szélfordulás, a csapadékhullás) mértékének jellemzésére igen jó mutató a nedves hőmérő hőmérsékletének változása. A  $T_w$  ugyan nehezebben becsülhető, mint a hőmérséklet, a szélesebbé vagy a párányomás, de változásai nagyobbak, mint ezen állapot-határozók változásai. Ezt az eredményt a  $T_w$  igen durva becslése ellenére is megkaptuk. Ezért hidegfront átvonuláskor a  $T_w$  markáns megnövekedése fontos meteorológiai sajátosság. Többek között azért is, mert a  $T_w$  változások kapcsolatba hozhatók a frontális csapadékmennyiséggel is (Eltahir és Pal, 1996). E kapcsolat esetleg az ultrarövidtávú előrejelzési (nowcasting) célokra is alkalmazható, az ezzel kapcsolatos hazai kutatások folyamatban vannak.

**Seres András Tamás**  
**ELTE, Meteorológiai Tanszék,**  
**doktorandusz hallgató**  
**és Ács Ferenc**  
**ELTE, Meteorológiai Tanszék, egyetemi docens**

## Felhasznált irodalom

- Ács, F., 2004: A talaj-növény-légkör rendszer modellezése a meteorológiában: A növényi párolgás és a talaj kapcsolata. ELTE-TTK, Egyetemi jegyzet, 117 pp.
- Eltahir, E. A. B., and Pal, J., 1996: Relationship Between Surface Conditions and Subsequent Rainfall in Convective Storms. Journal of Geophysical Research, 101(D21): 26,237-26,245
- Früh, B. and Wirth, V., 2002: The Role of Surface Wet Bulb Temperature For Subsequent Convective Rainfall In Midlatitudes. Poster, EGS XXVII General Assembly, Nice, 21-26 April 2002, abstract #2836
- Seres, A. T. és Ács, F., 2006: A szinoptikus helyzetek és a felszín közeli légkör stabilitási viszonyainak párhuzamos elemzése. Légkör, 51. évfolyam, 3. szám, 20-23.
- NCEP reanalízis térképek. Forrás:  
<http://www.wetterzentrale.de/topkarten/fsrea2eur.html>