

A PLANETÁRIS HATÁRRÉTEG-MAGASSÁG ÉS A TALAJTEXTÚRÁK KÖZÖTTI KAPCSOLAT VIZSGÁLATA

ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP BETWEEN THE PLANETARY BOUNDARY LAYER HEIGHT AND SOIL TEXTURES

Breuer Hajnalka¹, Laza Borbála¹, Ács Ferenc¹, Rajkai Kálmán², Horváth Ákos³ és
Weidinger Tamás¹

¹ELTE, Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék, Pázmány Péter sétány 1/a., 1117 Budapest
breuer@hajni@gmail.com, lazabori@gmail.com, acs@caesar.elte.hu, weidi@ludens.elte.hu

²MTA, Agrokémiai és Talajtani Kutató Intézet, Herman Ottó út 15., 1525 Budapest krajikai@rissac.hu,

³OMSZ, Siófoki Viharelőrejelző Observatórium, Vitorlás u. 17., 8600 Siófok horvath.a@met.hu,

Összefoglalás: A planetáris határréteg (PHR) magasságának a talaj adatbázis használatára való érzékenységet vizsgáltuk. Vizsgálatainkban egy magyarországi (HU) és egy egyesült államokbeli (USA) talaj adatbázist használtunk. A PHR magasság számítását Janjic Eta-PBL sémájával végeztük. Vizsgálataink két esettanulmányra vonatkoznak; a numerikus szimulációkat az MM5 mezoskálájú rendszerrel végeztük. Eredményeink alapján a PHR magasságának mind térbeli, mind időbeli változásai meglehetősen erősen függenek a talajtextúrától. Megmutattuk azt is, hogy a PHR magasságának változása nagyobb a HU-, mint az USA talaj adatbázis használata során. Az is megemlíthető, hogy a PHR alakulását meghatározó felszíni hatások mellett a szabad légköri hatások is erősebbek a HU-, mint az USA talajok esetén. Az érzékenység mértékét statisztikailag még nem jellemeztük, annak ellenére az a véleményünk, hogy az érzékenység nem elhanyagolható. Munkánk eredményei a talaj és a légkör közötti kölcsönhatást jellemző mezoskálájú rendszer modellekben hasznosíthatóak.

Abstract: The sensitivity of planetary boundary layer (PBL) height to soil dataset use is investigated. Two soil datasets, a USA (briefly USA) and a Hungarian (briefly HU) one is used. The PBL height is simulated by Janjic's Eta-PBL scheme. Numerical simulations are performed with the MM5 mesoscale modeling system analyzing two case studies. According to the results, both space and temporal variations of the PBL height are quite sensitive to the changes of soil texture. It is shown that the changes of PBL height are larger when we use HU instead of USA soil dataset. It could also be mentioned that both the surface and the atmospheric effects are more intensive for HU than for USA dataset. The sensitivity obtained is not characterized statistically, in spite of this we think that it could not be neglected. The results obtained are useful for describing soil-atmosphere interaction processes in the mesoscale modeling systems.

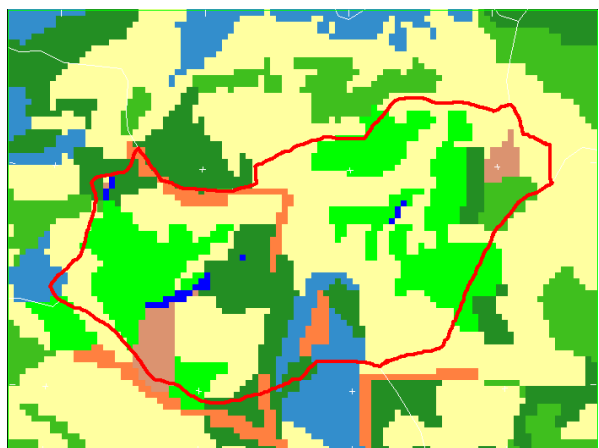
Bevezetés. Tanulmányunk munkaeszköze az MM5 modell (*Dudhia, 1993*) és az általa használt Noah LSM (*Chen és Dudhia, 2001*) talaj-növény almodell. E modellekkel kapcsolatos első on-line (a légköri modell és a talaj-növény almodell együttes vizsgálatok, csatolt rendszerben történő futtatása) Magyarországon 2005 tájékan kezdődtek. A vizsgálatok az ELTE (Eötvös Loránd Tudomány Egyetem), az OMSZ (Országos Meteorológiai Szolgálat) és a TAKI (Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézet) gyümölcsöző együttműködésének eredménye, melynek konkrét megvalósulása az OTKA K-81432-es számú pályázatának programja szerint zajlik. Magyarországon a felszín-légkör kölcsönhatások vizsgálata a mezometeorológiában újszerű; az OTKA T-043010-es és az NKFP3-00022/2005-ös számú pályázatok programjaiban foglaltak alapján indult el. A vizsgálatok során (*Horváth et al. (2007)*, *Ács et al. (2008)*, *Horváth et al. (2009)*, *Ács et al. (2010a, b)*) a konvektív csapadék és a talaj közötti kapcsolatrendszer megértésére összpontosítottunk. Legfontosabb eredményeként említhetjük, hogy a konvektív csapadék érzékeny a talaj adatbázis használatára, mi több, a vizsgált esetek jelentős hányadában ez az érzékenység erősen szignifikáns (*Ács et al., 2010a*).

E vizsgálatok egyúttal meghozták azt a felismerést is, hogy a talaj-légkör kölcsönhatások nemcsak az intenzív konvekcióval járó eseményekben lehetnek jelentősek, hanem egy átlagos derűs vagy felhős, de csapadék nélküli nap folyamán is. E feltételezés helyességének kivizsgálása vezetett el bennünket a planetáris határréteg (PHR) magassága és a talaj közötti kapcsolatrendszer tematikájának elemzéséhez.

E tanulmány célja a PHR magassága érzékenységének elemzése a talaj adatbázis használatára konvektív és advektív típusú, de csapadék nélküli időjárási helyzetekben egyaránt. Elemzéseinkben alkalmazni fogjuk Santanello módszerét (*Santanello et al., 2009*), mely lehetővé teszi a felszín-légkör kölcsönhatásokban a felszíni, valamint a szabad légköri hozzájárulások szétválasztását és számszerű vizsgálatát is.

1. Felhasznált adatbázisok és módszer. A vizsgálatainkhoz szükséges számításokat az MM5 modell segítségével végeztük. A modell részletesebb leírása (*Dudhia, 1993*) tanulmányában olvasható, mi csak a futtatásaink során használt alapvető modellbeállítások felsorolására szorítkozunk. Ezen túl rövid ismertetést adunk a talajjal

kapcsolatos alapvető információkról: a talajtextúrák területi eloszlásáról és a különböző talajtextúrákhoz tartozó talaj paraméter-értékekről. Végül szót ejtünk a kezdeti és peremfeltételekről és a numerikus vizsgálatok fontosabb tulajdonságairól.



1. ábra: A talaj fizikai féleségének területi eloszlása a vizsgált régióban.

1.1 MM5 modellbeállítások. Futtatásainkban a modell horizontálisan 6x6 km-es felbontású volt, vertikálisan 100 hPa-ig 20 szintet különböztetett meg, a PHR-en belül pedig további 9-et. A sugárzást az RRTM (**R**apid **R**adiative **T**ransfer **M**odel) (Mlawer et al., 1997), a cumulus konvekciót a Grell-féle séma (Grell, 1994), a planetáris határreteget Eta PBL (Janjic, 1990, 1994), a

meghatározott területi eloszlását a 1. ábra szemlélteti. Talajtextúra alatt a talajszemcsék méreteloszlása alapján megállapított osztályt értjük. Ezen osztályozás nem azonos a talajtípussal, melyet a talaj keletkezés alapján határoznak meg. Az uralkodó talajtextúra az agyagos vályog, ami mind Magyarországon, mind a környező területeken többnyire minden tájegységen megtalálható. Az agyagos vályogot gyakoriságban az agyag és a vályog követi. Agyag található Balaton-felvidéken, a Zalai-dombság és az Alpokalja által behatárolt területen, délen a Zselic és a Mecsek közrefogásában, keleten a Körösök mentén és a Hortobágyon, valamint az Északi-Középhegységben. A vályoggal Közép-Magyarországon, Fejér megye területén, illetve a Duna mentén találkozhatunk; hazánk területén kívül pedig a Kisalföld szlovák részén, valamint Ausztria nagyobb részében. Homokos vályog Magyarországon szinte nincs, csupán a Hajdúságban, egyébként pedig a szlovák, ukrán és román Kárpátokban bukkan fel viszonylag elszórtan. A vályogos homok, amellyel kapcsolatban behatóbb vizsgálatokat is végeztünk, a Nyírségben és a Dunántúli-dombság nyugati területein fedezhető fel. Homokos agyagos vályog a Kiskunság déli részét és Bácska területét, a Mura-vidéket, valamint a modellterület legészakabbi részeit borítja. Ezekén felül elszórtan található még többségében szerves anyagból álló talaj és víz.

A különböző talajtextúrák hidrofizikai tulajdonságai jelentősen eltérnek, így többek között a hasznos vízkészlet is. A Magyarországra (HU) (Nemes, 2002; Fodor és Rajkai, 2005) és az Egyesült Államokra (USA) (Cosby, 1984) vonatkozó talaj paraméter-értékeket az 1. és 2. táblázat tartalmazza.

1. táblázat: Magyarországra vonatkozó talajparaméter értékek: Θ_s a telítési talajnedvesség-tartalom, Θ_f , Θ_w – a szabadföldi és a hervadásponthoz tartozó talajnedvesség-tartalom, Ψ_s a telítési talajnedvesség potenciál, b a porozitási index és K_s a telítési vízvezető-képesség.

Talaj textúra	Θ_s (m ³ /m ³)	Θ_f (m ³ /m ³)	Θ_w (m ³ /m ³)	Ψ_s (m)	b	K_s (m/s)
Vályogos homok	0.598	0.479	0.080	0.126	3.900	2.52E-05
Homokos vályog	0.476	0.379	0.064	0.143	3.990	1.14E-05
Vályog	0.468	0.406	0.088	0.207	4.200	4.58E-06
Homokos agyagos vályog	0.439	0.354	0.061	0.206	4.210	7.98E-06
Agyagos vályog	0.580	0.479	0.139	0.234	4.740	3.05E-06
Agyag	0.541	0.489	0.147	0.224	6.210	8.00E-07

felhőkben zajló mikrofizikai folyamatokat a Reisner-féle séma (Reisner et al., 1998), míg a felszín-légkör kölcsönhatásokat a Noah LSM (Chen és Dudhia, 2001) alapján parametrizáltuk.

1.2 Talajadatok. A modellezett területen a talajtextúrát a FAO (Food and Agriculture Organization) által

lázat tartalmazza. Látható, hogy a hasznos vízkészlet ($\Theta_f - \Theta_w$) nagyobb a HU-, mint az USA-talajok esetében.

Itt említsük meg azt is, hogy a vízkészletbeli különbségek egyértelmű hatással vannak a látens hőáram alakulására, ennek következtében a rendelkezésre álló energia eloszlására, ami a PHR magasságára is nagy hatást gyakorol (Pielke, 2001). Megfigyelhető az is, hogy a b poro-

zítási index sokkal nagyobb az USA-, mint a HU-talajok esetében. A b ugyanakkor a talajvíz áramának számításában játszik fontos szerepet.

1.3 Kezdeti- és peremfeltételek. A kezdeti- és peremfeltételeket az ECMWF MARS adatbázisából vettük, ezek negyedfokos földrajzi bontásban voltak. A modellfuttatás során a peremfeltételeket 6 óránként frissítettük. Elemzéseink során az MM5 modellterületének széléről egy 2x2-es rácsterület sávot figyelmen kívül hagyunk, azon

nyugati állomáson hullott nyomokban. 2007. 07. 18-án sehol sem volt csapadék az ország területén. Ezen a napon a maximális hőmérséklet 39 °C körül volt, ami mindössze kb. 1 °C-kal haladta meg az előző napi maximális hőmérsékletet. A napsütéses órák száma 13-15 óra között változott, jelentős felhőzet nem alakult ki. Az ECMWF-ből származó kezdeti talajnedvesség értékek, mindkét napon, Magyarország területén 0,21 - 0,3 m³ m⁻³ között változtak. Ezek az értékek az USA-talajok esetén 80%-os, míg a HU-talajok esetén 60%-os relatív talajnedvességet jelentettek.

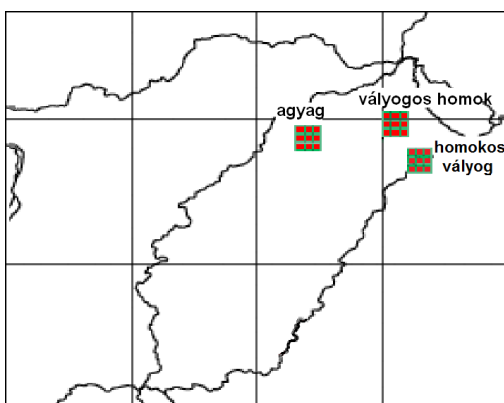
2. táblázat: Egyesült Államokra vonatkozó talajparaméter értékek.

Talaj textúra	Θ_s (m ³ /m ³)	Θ_f (m ³ /m ³)	Θ_w (m ³ /m ³)	Ψ_s (m)	b	K_s (m/s)
Vályogos homok	0.421	0.383	0.028	0.036	4.26	1.41E-05
Homokos vályog	0.434	0.383	0.047	0.141	4.74	5.23E-06
Vályog	0.439	0.329	0.066	0.355	5.25	3.38E-06
Homokos agyagos vályog	0.404	0.314	0.067	0.135	6.66	4.45E-06
Agyagos vályog	0.465	0.382	0.103	0.263	8.17	2.45E-06
Agyag	0.468	0.412	0.138	0.468	11.55	9.74E-07

megfontolásból, hogy abban a sávban - a peremfeltételek modellhez való illeszkedése miatt - előfordulhatnak viszonylag valótlan értékek is.

1.4 Numerikus vizsgálatok. Vizsgálataink során négy futtatást végeztünk: a két napra két talajadatbázis felhasználásával (1. és 2. táblázat). Numerikus vizsgálataink 2009. 07. 13-ra és 2007. 07. 18-ra vonatkoznak. 2009. 07. 13-án a maximális hőmérséklet 28 °C körül volt. Az előző nap hő-

A futtatások 0:00 UTC-kor kezdődtek és huszonnégy órás időtartamúak voltak. Az eredményeinket 15 perces léptékben vizsgáltuk, így 97 időpont állt rendelkezésünkre. A kiválasztott terület az északi szélesség 45,6° és 49,4°, valamint a keleti hosszúság 15,6° és 22,7° között van. Ez 49x115 pontot jelent a 6 km-es horizontális felbontás esetén, vagyis területünket 5635 rácspont borítja. A rácspontok kb. fele Magyarországon van, de a modell-

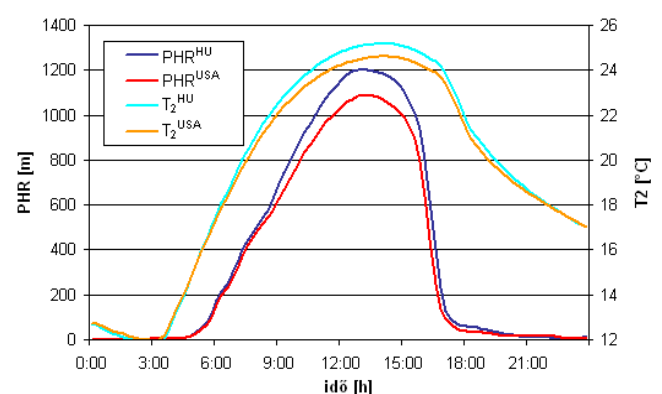


2. ábra: A kiválasztott fizikai fészkek 3x3 rácspontból álló területeinek helyszínei

mérsékleteihez képest ez megközelítőleg 3°C-os emelkedést jelentett. A nap elején az északnyugati meleg advekcio hatására először Altocumulusok jelentek meg, majd ezt követően többségbe kerültek a Cumulusok, azon belül is főként a Cumulus humilis-ek. Csapadék - az Országos Meteorológiai Szolgálat megfigyelései alapján - csak egy észak-

területen a Kárpátok, valamint a környező országok kisebb részei is megtalálhatóak.

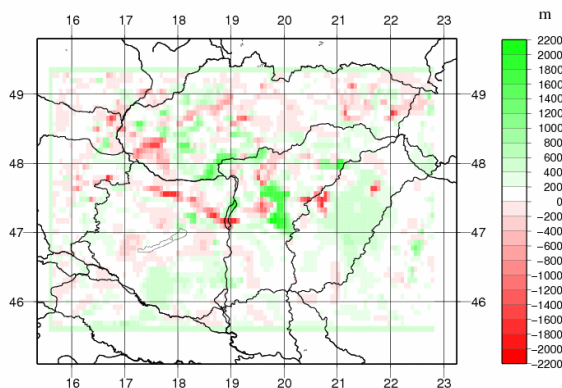
2. Eredmények. Vizsgálatainkban a HU- és az USA talajadatbázisokkal, illetve az Eta PBL sémával kapott PHR magasságok összehasonlításával foglalkozunk. Kü-



3. ábra: A PHR magasság és a T₂ modellterületi átlagának időbeli változása magyar (HU) és az egyesült-államokbeli (USA) talajok esetén 2009. 07. 13.-án.

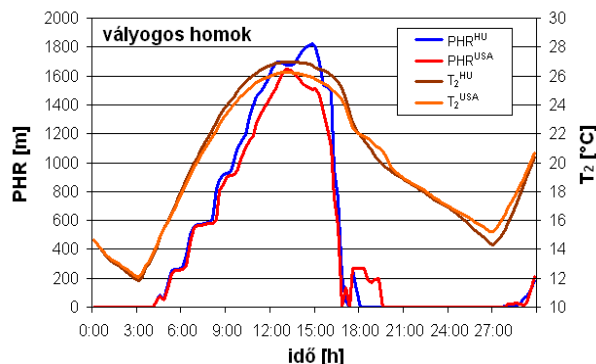
lön elemeztük a PHR magasság modellterületi átlagainak időbeli változásait,

–a PHR magasság kiválasztott talajtextúrák feletti átlagainak időbeli változásait,

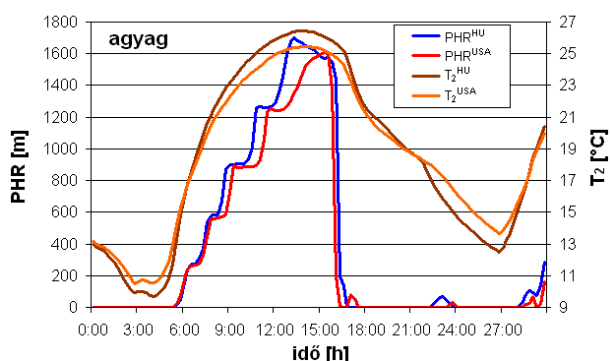


4. ábra: PHR magasság különbségek ($\Delta PHR = PHR^{HU} - PHR^{US}$) területi eloszlása 2009. 07. 13-án 14:30-kor.

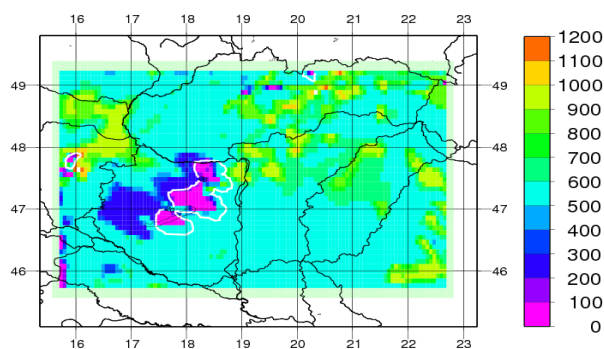
nek. Mindkét talajtextúra Északkelet-Magyarországon található, köztük megközelítőleg 70 km a távolság. A vályogos homok keletebbre, Mátészalka körzetében, míg az agyag közelebb a Tiszához, Tiszavasvári közelében ta-



5. a ábra: A PHR magasság rácsterületi átlagának ($PHR^{HU} = PHR_H$; $PHR^{US} = PHR_U$) és a 2 méteres léghőmérsékletnek ($T_2^{HU} = T2_H$; $T_2^{US} = T2_U$) időbeli változása vályogos homok feletti HU- és USA-talajok esetén 2009. 07. 13-án.



5. b ábra: A PHR magasság rácsterületi átlagának ($PHR^{HU} = PHR_H$; $PHR^{US} = PHR_U$) és a 2 méteres léghőmérsékletnek ($T_2^{HU} = T2_H$; $T_2^{US} = T2_U$) időbeli változása agyag feletti HU- és USA-talajok esetén 2009. 07. 13-án.



6. ábra: A PHR magasságának és felhőzetnek a $20 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ kevési arány értéknél nagyobb cseppfolyós víztartalmú értékek területi eloszlása 2009.07.13-án 08:30-kor.

–a szenzibilis és a látens fajhő alakulását egy 12 órás időszakban az egész modellterületre vonatkozóan és

–a szenzibilis és a látens fajhő alakulását egy 12 órás időszakban kiválasztott talajtextúrákra vonatkozóan.

12 órás elemzéseink az 5:00-tól 17:00-ig tartó időszakot ölelik fel. A modellnek ugyanis felfutási időre van szüksége, így a 0:00-tól 5:00-ig tartó időintervallumot figyelmen kívül hagytuk. 17:00 után nem végeztünk behatóbb elemzéseket, mert az éjszakai időszakban, a napsugárzás csökkenésével a vizsgált érzékenység nem áll fenn.

Vizsgálatainkban az egyes talajtextúrák hatásait is elemeztük. Ehhez a FAO talajtextúra eloszlás szerint a modellterületen megtalálható típusok közül kiválasztottunk két olyan talajtípust - a vályogos homokot és az agyagot -, melyek hidrofizikai tulajdonságai markánsan különböz-

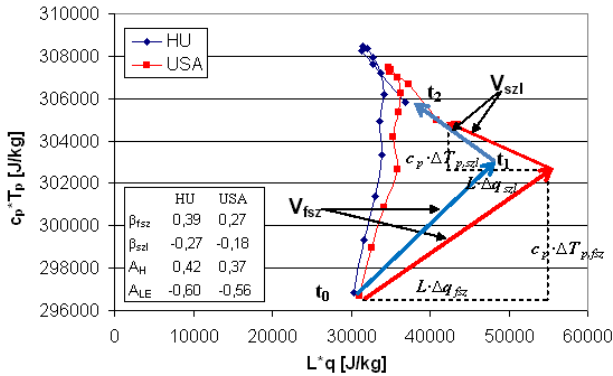
lálható (2. ábra). Az eltérő hidrofizikai tulajdonságokkal rendelkező talajtextúrák mellett hasonló fizikai tulajdonságú talajtextúrákat is szemléltünk. Így választottuk ki a homokos vályogot. A homokos vályogra vonatkozó mintaterület szintén Északkelet-Magyarországon található, mégpedig megközelítőleg 20 km-re délkeletre a vályogos homok teszterületétől, a magyar-román országhatáron. Mindhárom talajtextúrára egy-egy 3x3 rácspontból álló területet vizsgáltunk, melyen belül a talajtextúra állandó.

2.1 Modellterületi átlagok időbeli változása. A PHR magasság és a 2m-es hőmérséklet (T_2) modellterületi átlagainak időbeli változását a 3. ábra szemlélteti. Látható, hogy a PHR^{HU} nagyobb, mint a PHR^{USA} . A hasznosítható vízkészlet (lásd az 1. és a 2. táblázatot) nagyobb a HU-, mint az USA-talajok esetében. Mivel a modell kezdeti vízkészlete ugyanakkora minden futtatás során, a HU-talajok szárazabbak lesznek az USA-talajokhoz képest.

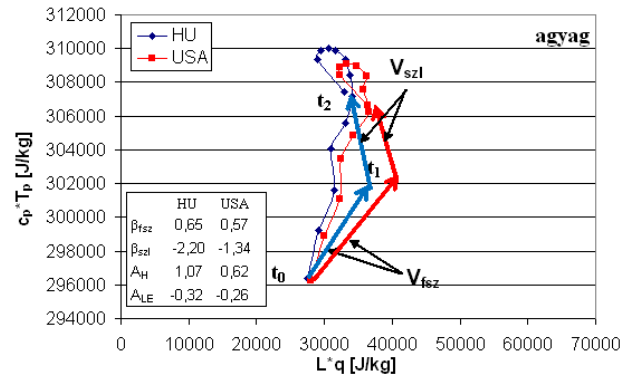
A száraz talajok felett a szenzibilis és a látens hőáram aránya jóval nagyobb, mint a nedves talajok felett, így a PHR magasságuk is. A HU-talajok esetén a napi menet maximuma 12:30 körül van. Az USA-talajok esetén a maximum az előbbi esethez képest kb. fél órás késéssel következik be, kb. 13:00 körül. Ez az időbeli eltolódás

Balatont körülvevő területeken, a Kiskunságban, illetve többségében a modellterület északi részein jelentkeztek.

2.2 Kiválasztott talajtextúrákra vonatkozó területi átlagok időbeli változása. Részletesebb elemzéseket végeztünk két kiválasztott talajtextúrára: a vályogos homokra



7. ábra: Az Eta PBL parametrizációval kapott szenzibilis és látens fajhő modell területi átlagának alakulása 5:00 és 17:00 UTC között HU- és USA-talajok esetén 2007.07.18-án. Az ábrán láthatóak még a v_{fsz} és a v_{szl} vektorok.



8. ábra: Az Eta PBL parametrizációval kapott szenzibilis és látens fajhő agyag textúrára vonatkozó területi átlagának alakulása 5:00 és 17:00 UTC között HU- és USA-talajok esetén 2007.07.18-án. Az ábrán láthatóak még a v_{fsz} és a v_{szl} vektorok.

szintén a szenzibilis és a látens hőáram arányának különbségére vezethető vissza. A PHR^{HU} és PHR^{USA} maximumok közötti különbségek nagyobbak, mint 100 méter. Ahogy az ábrán is látható, mindkét esetben a PHR összeomlik 15:00 és 17:00 között, ahogy az a valóságban is elvárható a besugárzás csökkenése miatt. A késő délutáni órákban a PHR magasság értékek 100 méter alá csökkennek. A T_2 a hajnali 12°C-ról 14 órára 25,2°C illetve 24,6°C-ra emelkedik, ahogyan a PHR-nél itt is a szárazabb HU-talajokra kapjuk a magasabb átlaghőmérsékletet a megnövekedett szenzibilis hőáramnak köszönhetően. A hőmérséklet maximuma 14 UTC-re tehető, és 17 UTC-től kezdve csökken jelentősen, tehát mintegy másfél órával követi a PHR magasságának alakulását délután.

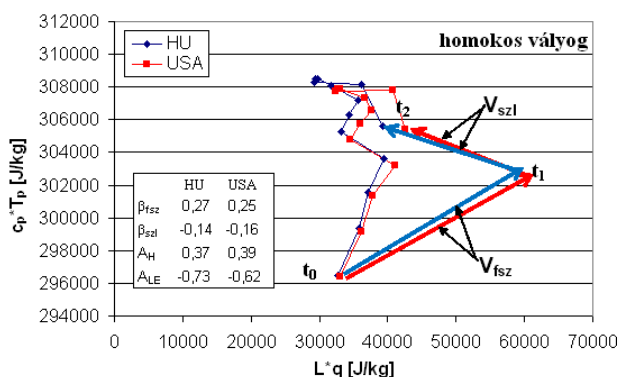
A PHR magasságbeli különbségek aránylag jól korrelálnak a két méteres léghőmérséklet-különbségekkel, mely korreláció a modellterület átlagos T_2 és PHR magasságára nézve 0,82. Az esetek nagy többségében pozitív $\Delta T_2 = T_2^{HU} - T_2^{USA}$ esetén a $\Delta PHR = PHR^{HU} - PHR^{USA}$ is pozitív, és ellenkezőleg, ahol a ΔT_2 negatív, ott a ΔPHR is negatív. E különbségek területi eloszlását 14:30-kor a 4. ábra szemlélteti. Vegyük észre, hogy a különbségek értékei széles határok között szóródnak, és sokkal nagyobbak, mint a területi átlagok esetében. Pozitív ΔPHR értékek nagyrészt a Tiszántúl és a Dunántúli-dombság területein jelentkeztek. A legnagyobb pozitív értékek pedig a Jászságban és a Garam mentén, a szlovák határ közelében találhatók. Markáns negatív (-800 - -1000 m) ΔPHR értékek a Dunántúli-hegység és a Kisalföld részein voltak, valamint a Tisza-tó környékén. Valamelyest kisebb (-100 - -400m) negatív ΔPHR értékek a

és az agyagra vonatkozóan. Először a T_2 és a PHR magasságának kapcsolatát vizsgáltuk a 30 órás időszakban. Ez a vályogos homok esetén az 5.a ábrán látható. A kezdeti első 6 órás időszakban a T_2^{USA} magasabb volt, mint a T_2^{HU} , de a PHR növekedésének megindulásával megfordult a helyzet. Éjszaka a HU-talajok esetén szárazabb volt a talaj, így nagyobb volt a lehülés is, ami alacsonyabb léghőmérsékletet eredményezett. Hasonlóképpen magyarázható a léghőmérséklet nappali alakulása is. A PHR magasságának változása követi a T_2 napi menetét. Amíg a T_2 növekedett, a PHR magassága emelkedett, majd ezt követően a T_2 csökkenésével a PHR magasság is csökkent. Az ábrákon inkább az adott T_2 értékekhez tartozó PHR magasság értékek, valamint az adott T_2 érték-különbségekhez tartozó PHR magasság-különbségek az érdekesek. Ugyanez az összehasonlítás agyag esetében az 5.b ábrán látható. Az előbbi esethez képest, itt van egy szembeötlő különbség. A vályogos homoknál a PHR^{HU} maximuma 13:00-kor, a PHR^{USA} maximuma pedig két órával később figyelhető meg. Az agyagnál viszont a PHR^{HU} -nál van először egy lokális maximum, majd körülbelül három órával később az abszolút maximum.

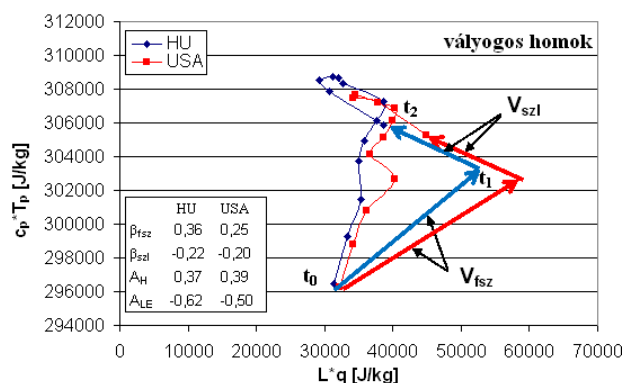
A modellterületi átlagtól eltérően itt a PHR magasság időbeli változása lépcsőzetes formát mutat. Ez a szerkezet a PHR magasság modellezésének sajátossága. Az általunk használt Eta PBL séma csak a modell-szintekre határozza meg a turbulens kinetikus energiát (TKE). A PHR magassága abban a szintben lesz, ahol a TKE egy előre definiált minimum érték alá csökken haladva az alsóbbtól a felsőbb szintek felé (Janjic, 2002).

Az ábrákból sajnos nem látszik, hogy a PHR magassági különbségekhez a felhőzetbeli különbségek is markánsan hozzájárulnak. A felhőzet - a felszíni besugárzás csökkentése révén a PHR magasságára csökkentő hatással van. Laza (2011) vizsgálatai alapján a délutáni órákban még jelenlevő felhőzet által árnyékolt területeken a PHR magasság talaj adatbázisra való érzékenysége már nem szignifikáns, azaz az ilyen esetekben a markáns talajbeli különbségek a nap folyamán már nem érvénye-

keverési diagramja 5 és 17 UTC között az egész modellterületre vonatkozóan a 7. ábrán látható. A pontok időpontokat jelölnek. A legelső pont 5 UTC-re vonatkozik; az ez után következő pontok, pedig 1 órás léptékben vannak feltüntetve. A pontokhoz tartozó látens és szenzibilis fajhő értékek [J kg⁻¹] az *x*, valamint az *y* tengelyen olvashatók le. Az ábrán az 5 UTC-hez tartozó fajhőértékeket *t*₀-val, míg a 17 UTC-hez tartozó fajhőértékeket *t*₂-vel jelöltük. Az ábrán szerepel egy *t*₁ jelölésű pont is,



9. ábra: Az Eta PBL parametrizációval kapott szenzibilis és látens fajhő vályogos homok textúrára vonatkozó területi átlagának alakulása 5:00 és 17:00 UTC között HU- és USA-talajok esetén 2007.07.18-án. Az ábrán láthatóak még a *v*_{fsz} és a *v*_{szl} vektorok.



10. ábra: Az Eta PBL parametrizációval kapott szenzibilis és látens fajhő homokos vályog textúrára vonatkozó területi átlagának alakulása 5:00 és 17:00 UTC között HU- és USA-talajok esetén 2007.07.18-án. Az ábrán láthatóak még a *v*_{fsz} és a *v*_{szl} vektorok.

sülnek. Amennyiben azonban a délelőtti folyamán megszűnik a felhőzet sugárzás módosító hatása, a talaj hatása már szignifikáns lehet. Ezt jól szemlélteti a 6. ábra, ahol a PHR magasság és a felhőzet cseppfolyós víztartalmának területi eloszlása látható 2009.07.13-án 08:30 UTC-kor. Az ábrán a felhőzetet fehér vonalakkal határoltuk be, ezen belül a 750-700 hPa-os nyomási szintek közötti rétegben a cseppfolyós víztartalom keverési aránya 20 mg·kg⁻¹ felett volt. A felhőzet északnyugat-délkelet irányban haladt kb. 2,5-3 km-es magasságban. A PHR magassága markánsan kisebb az árnyékolt, mint a nem-árnyékolt területeken. Az árnyékolt helyeken - ezek a felhőzettől nyugatra eső területek - a PHR magassága 200-300 m közötti. Ezzel szemben a nem-árnyékolt területeken ezek az értékek 500 m feletti. Hangsúlyozzuk ki azt is, hogy e különbségek a kora délelőtti órákban alakultak ki, amikor a PHR a kezdeti növekedési szakaszában van, és amikor a talaj hatása is kicsi.

2.3 A szenzibilis és a látens fajhő alakulása egy 12 órás időszakban az egész modellterületre vonatkozóan. A PHR napi menetének vizsgálata után áttérünk egy másik elemzési technikára, amit először Betts (1984, 1992) vezetett be. Betts a módszerével kapcsolatos diagramot „keverési diagramnak” nevezte el, mely a látens és a szenzibilis fajhő időbeli alakulását szemlélteti, és felhasználható a felszínnek, valamint a szabad légkörnek a PHR magasságára gyakorolt hatásának összehasonlító vizsgálatára. Mi e hatásokat külön-külön fogjuk szemlélni majd összevetni a HU- és az USA-talajok esetén. Betts

melynek helyét a szenzibilis hőáram (*H*), a látens hőáram (*LE*) és a PHR magasság átlagos napi értékei ($\Delta t = 12$ óra; 5 és 17 UTC közötti időtartam) alapján határozhatjuk meg a következő képletek alapján (Santanello et al., 2009):

$$c_p \cdot \Delta T_p = \frac{\overline{H} \cdot \Delta t}{\overline{\rho}_m \cdot \overline{PHR}}, \quad (1)$$

$$L \cdot \Delta q = \frac{\overline{LE} \cdot \Delta t}{\overline{\rho}_m \cdot \overline{PHR}}, \quad (2)$$

ahol ρ_m a levegő átlagos sűrűsége az adott magasságú PHR-ben. E pontok között két vektor húzható meg a *t*₀ és a *t*₁, valamint a *t*₁ és a *t*₂ pontok között. A *t*₀ és a *t*₁ pontok között meghúzott vektor a felszíni hatást, míg a *t*₁ és a *t*₂ pontok közötti vektor a szabad légköri hatást fejezi ki. Hogy ez így van, ezt a következőképpen próbáljuk illusztrálni: Egy egész napig tartó konvektív helyzetben (intenzív feláramlás a felszín erősen melegítő hatása miatt) a PHR késő délután (*t*₂ pont) átlagban mindig melegebb, mint kora reggel (*t*₀ pont). Egy hideg advekción (erős szabad légköri hatás) után azonban a PHR késő délutáni hőmérséklete markánsan kisebb lesz, azaz a *t*₂ pont észrevehetően süllyedni fog a konvektív esethez képest. Ez alapján nyilvánvaló, hogy a *t*₁-*t*₂ pontok közötti vektor a szabad légköri hatás, míg a *t*₀-*t*₁ pontok közötti

vektor a felszíni hatás jellemzője. A felszín és a szabad légkör PHR-re gyakorolt hatását általában a Bowen-arány ($\beta=H/LE$) és az ún. beáramlási hányados (A) alapján szoktuk jellemezni. A β_{fsz} t_0 és a t_1 pontok közötti szenzibilis és a látens fajhő hányadosával egyenlő ($\frac{c_p \cdot \Delta T_{p,fsz}}{L \cdot \Delta q_{fsz}}$). Analóg módon számítható a β_{szl} is. A be-

áramlási hányados a szenzibilis hőáramra vonatkozik, és a szabad légkörnek a felszínnel szembeni hozzájárulását fejezi ki ($A_H = H_{szl}/H_{fsz}$). Analóg módon számítható a látens hőáramra vonatkozó beáramlási hányados is (A_{LE}). A modellfuttatásaink során kicsi volt a szélesebbesség, nem haladta meg a 4 ms^{-1} -et. Az A_H ilyen alacsony szélesebbeségek esetén mérések szerint 0,4 körüli értéket vesz fel (Betts, 1992), amelyet a modellterület egészére nézve meg is kaptunk.

A 7. ábrán feltüntetett β és A értékek alapján, valamint a vektorok hajlata alapján is látható, hogy mind a felszíni Bowen-arány ($\beta_{fsz}^{HU} > \beta_{fsz}^{USA}$), mind a szabad légköri beáramlás ($|A|^{HU} > |A|^{USA}$) erősebb a HU-, mint az USA-talajok felett. Látható az is, hogy a HU- és az USA-talajok közötti felszíni hatás különbség ($v_{fsz}^{HU} - v_{fsz}^{USA}$) valamelyest nagyobb, mint a szabad légköri hatás különbség ($v_{szl}^{HU} - v_{szl}^{USA}$).

2.4 A szenzibilis és a látens fajhő alakulása egy 12 órás időszakban kiválasztott talajtextúrákra vonatkozóan. Az előbbi fejezetben ismertetett módszerünket még három különböző talajtextúra esetén alkalmazzuk. Betts keverési diagramja agyag esetén a 8. ábrán látható. A β értékek alapján egyértelmű, hogy a szenzibilis hőáram mind felszíni (β_{fsz}), mind szabadlégköri hatása (β_{szl}) nagyobb a HU-, mint az USA-talajok esetén. Említsük meg, hogy a szabad légköri bekeveredés (A) sokkal erősebb a HU-, mint az USA-esetben. Az is látható, hogy az agyagtextúrájú területek felett a felszíni, valamint a szabad légkörből történő szenzibilis hőáram bekeveredése ($A_H^{HU}=1,07$) sokkal intenzívebb, mint a modell területi átlagokra ($A_H^{HU}=0,42$) (7. ábra) vonatkozó esetben.

Vályogos homok textúrára a Betts-féle diagramot a 9. ábra szemlélteti. Itt a vektorok már sokkal inkább a 7. ábrán látható vektorokra hasonlítanak. Az előbbieknél során megállapított Bowen-arányok és bekeveredési hányadosok egymáshoz viszonyított értékei közel változatlanok maradtak, az A_H kivételével, ugyanis az $A_H^{HU} < A_H^{USA}$.

A Betts-féle keverési diagram homokos vályog textúrájú felszín felett a 10. ábrán látható. A β_{fsz} , β_{szl} és az A_H értékek gyakorlatilag egyenlők a HU- és az USA-esetben. Ez nem meglepő, ha megnézzük az 1. és a 2. táblázatban szereplő hidraulikus paraméter értékeket. Látható, hogy HU- és az USA-értékek igen közel vannak egymáshoz a homokos vályog esetében, ugyanakkor jócskán különböznek egymástól az agyag esetében. Ezek közül a paraméterek közül a b porozitási index a legfon-

tosabb (Ács *et al.*, 2010a). A 8. és a 10. ábra összevetése alapján egyértelműen láthatjuk a talajtextúrák hatásának különbségét a felszíni Bowen-arányon (β_{fsz}). Agyagra $\beta_{fsz} \approx 0,6$, tehát a látens és a szenzibilis hőáram összemérhető, míg homokos vályogra a párolgás mintegy négyszer annyi, a szenzibilis hőáramhoz képest ($\beta_{fsz} \approx 0,25$). Emellett az eltérő textúrák a bekeveredési hányadosra (A) gyakorolt hatása is megfigyelhető. A 10. ábrán, ahol nincs nagy különbség a HU és az USA talaj paraméter értékek között, az A_H értékek 0,37 és 0,39, míg ugyanezek az értékek a 8. ábrán, ahol nagyok a HU és az USA talaj paraméter értékek közötti különbségek, 1,07 és 0,62. Látható az is, hogy a homokos vályog felett az A_H alapján becsülhető szabad légköri hozzájárulás a PHR felépítésében sokkal kisebb, mint az agyag esetében.

Befejezés. E tanulmányban a PHR magasságának a talaj adatbázis használatára való érzékenységét vizsgáltuk. Összehasonlító vizsgálataink során egy magyarországi (Nemes, 2002; Fodor és Rajkai, 2005) és egy egyesült államokbeli (Cosby, 1984) talaj adatbázist használtunk. A PHR magasságot az Eta-PBL séma (Janjic, 1991, 1994) alapján számítottuk. Futtatásainkat az MM5 mezoskálájú rendszer modellel végeztük.

Eredményeink alapján a PHR magasságának mind térbeli, mind időbeli változásai erősen függenek a felhőzettől és a talajtextúrától. Az előbbi hatás (6. ábra) nyilván sokkal erősebb, mint az utóbbi (vessük össze a 8., a 9. és a 10. ábrát), de az utóbbi sem elhanyagolható. Említsük meg azt is, hogy ezen utóbbi hatásról a modern meteorológia igen keveset tud, gyakorlatilag elhanyagolja, azaz nem létező hatásnak tekinti. E tanulmány ezen álláspont tarthatatlanságára is próbál rávilágítani. Megmutattuk azt is, hogy a PHR magasságának változása nagyobb a HU-, mint az USA-talaj adatbázis használata során. Az is megemlítenő, hogy a PHR alakulását meghatározó felszíni hatások mellett a szabad légköri bekeveredés is erősebb a HU-, mint az USA talajok esetén. Legvégül, mindezek után a fő kérdés az, hogy mekkora ez az érzékenység, szignifikáns vagy nem szignifikáns mértékű-e. A közeljövői kutatásaink e kérdésre próbálnak majd válaszolni.

Köszönetnyilvánítás: E tanulmányt az OTKA K-81432, valamint a TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR számú pályázatok anyagi segítségével hajtottuk végre.

Irodalom

- Ács, F., Horváth, Á., Breuer, H., 2008: A talaj szerepe az időjárás alakulásában. *Agrokémia és Talajtan*, Vo. 57, 2. szám, 225-238.
- Ács, F., Horváth, Á., Breuer, H., Rubel, F., 2010: Effect of soil hydraulic parameters on the local convective precipitation. *Meteorol. Z.*, 19, 143-153.
- Ács, F., Horváth, Á., Breuer, H., Rubel, F., 2010: Sensitivity of local convective precipitation to parameterization of the field capacity and wilting point soil moisture contents. *Időjárás*, Vo. 114, No. 1-2, 39-55.

- Betts, A. K., 1984: Boundary layer thermodynamics of a High Plains severe storm. *Mon. Wea. Rev.*, 112, 2199–2211.
- Betts, A. K., 1992: FIFE Atmospheric Boundary Layer Budget Methods, *J. Geophys. Res.*, vol.97, D, 18523–18531.
- Chen, F., Dudhia, J., 2001: Coupling and Advanced Land Surface-Hydrology Model with the Penn State-NCAR MM5 Modeling System. Part I. Model Implementation and Sensitivity. *Mon. Wea. Rev.* 129, 569–585.
- Cosby, B. J., Hornberger, G.M., Clapp, R.B., Ginn, T.R., 1984: A statistical exploration of the relationships of soil moisture characteristics to the physical properties of soils. *Water Resour. Res.* 20. (6) 682–690.
- Dudhia, J., 1993: A non-hydrostatic version of the Penn State-NCAR Mesoscale Model: Validation tests and simulation of an Atlantic cyclone and cold front. *Mon. Wea. Rev.*, 121, 1493–1513.
- Fodor, N., Rajkai, K., 2005: Estimation of Physical Soil Properties and Their Use in Models (in Hungarian). *Agrokémia és Talajtan*, Vo. 54, 25–40.
- Grell, G., Dudhia, J., Stauffer, D., 1994: A description of the fifth generation Penn State/NCAR Mesoscale Model. NCAR Tech. Note NCAR/TN-398+STR, 117 pp.
- Horváth, Á., Ács, F., Geresdi, I., 2007: Sensitivity of severe convective storms to soil hydraulic characteristics: A case study for 18 April, 2005. *Időjárás*, Vol. 111, No. 4, 221–237.
- Horváth, Á., Ács, F., Breuer H., 2009: On the relationship between soil, vegetation and severe convective storms: Hungarian case studies. *Atm. Res.*, 93, 66–81. doi:10.1016/j.atmosres.2008.10.007.
- Janjic, Z. J., 1990: The step-mountain coordinate–physical package. *Mon. Weather Rev.* 118, 1429–1443.
- Janjic, Z. J., 1994: The step-mountain Eta coordinate model. Further developments of the convection, viscous sublayer and turbulent closure schemes. *Mon. Wea. Rev.* 112, 927–945.
- Janjic, Z. J., 2002: Nonsingular implementation of the Mellor–Yamada Level 2.5 Scheme in the NCEP Meso Models. NCEP Office Note No. 437, 61p.
- Laza, B., 2011: Az MM5 modellel szimulált planetáris határreteg magasságának érzékenysége a talajadatbázisok használatára. TDK dolgozat. Budapest. 36 p.
- Mlawer, E. J., Taubman, S.J., Brown, P.D., Iacono, M.J., Clough, S.A., 1997: Radiative transfer for inhomogeneous atmosphere: RRTM, a validated correlated-k model for the longwave. *J. Geophys. Res.*, 102 (D14), 16663–16682.
- Nemes, A., 2002: Unsaturated Soil Hydraulic Database of Hungary: HUNSODA. – *Agrokémia és Talajtan* 51, No. 1–2, 17–26.
- Pielke, R. A., 2001: Influence of the spatial distribution of vegetation and soils on the prediction of cumulus convective rainfall. *Rev. Geophys.* 39, 151–177.
- Reisner, J., Rasmussen, R.M., Brientjes, R.T., 1998: Explicit forecasting of supercooled liquid water in winter storms using the MM5 mesoscale model. *Q. J. R. Meteor. Soc.* 124, 1071–1107.
- Santanello, J. A., Peters-Lidard, C., Kumar, S., Alonge, C., Tao, W.K., 2009: A modeling and observational framework for diagnosing local land-atmosphere coupling on diurnal time scales. *J. Hydromet.* 10, 577–599.

KÖZHASZNÚSÁGI JELENTÉS

A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG 2010. ÉVI TEVÉKENYSÉGÉRŐL

Folytatás a 92. oldalról

Külső kapcsolatainkat említve legelőször általában a MTESZ kerül szóba. Jelentős változásról ezen a területen sajnos nem tudok beszámolni. A MTESZ továbbra is nagyon nehéz anyagi helyzetben van. Az egyedüli megoldás a Technika Házak értékesítése, de a jelenlegi ingatlanpiaci viszonyok miatt ez nagy feladat elé állítja a MTESZ vezetését. Továbbra is tagjai vagyunk az Európai Meteorológiai Társaságnak, az EMS-nek. Az EMS Tanácsának – a három állandó tag mellett – ismét volt magyar választott tagja Dunkel Zoltán személyében.

Közhasznú egyesületként vállalt feladatunk a **kulturális örökségünk megóvása**. Ennek keretében ankéton tisztelegünk a nemrég elhunyt Dévényi Dezső emlékének. Részt vettünk Berényi Dénes születésének 110. évfordulójára rendezett emlékülés szervezésében is.

Közgyűléseinkről. A májusi közgyűlésen megvitattuk a pénzügyi és a fűtőkari beszámolót, elfogadtuk a közhasznúsági jelentést, s megválasztottuk a Társaság új tisztségviselőit. Szokásainknak megfelelően ekkor adtuk át szakmai kitüntetésünket is: a Steiner Lajos Emlékérmét, a Szakirodalmi Nívódíjat, a Berényi Dénes Emlékdíjat, a Hegyfok Kabos Emlékérmét és a

Róna Zsigmond Alapítvány kamatait. Évzáró ülésünk egyben közgyűlés is volt, ahol az új fűtőkár megválasztására került sor. A Hille Alfréd Díjat is ekkor adtuk át a pályázaton legjobban szerepelt egyetemistának.

Az események felsorolása után **Társaságunk gazdálkodásáról és tagtoborzó tevékenységéről** is be kell számolnom. Mivel az Ellenőrző Bizottság jelentése részletesen ismerteti jelenlegi gazdasági helyzetünket, mindössze néhány gondolatot szeretnék kiemelni. Tagjaink, különösen szombathelyi tagtársaink aktív tagtoborzó tevékenysége nyomán Társaságunk taglétszáma ismét növekedett. Jogi személyiségű tagjaink száma továbbra is kettő: az Országos Meteorológiai Szolgálat és a Magyar Honvédség Geoinformációs Szolgálat. Köszönjük támogatásukat. Mindezek ellenére a 2010. év végére aggasztóvá vált gazdasági helyzetünk. A Társaság megmentése érdekében aktív jogi tagokat toborzó tevékenységbe kezdtünk. Vagyonunk fogyasztásának megállításához azonban sürgős intézkedésre, valamennyiünk összefogására van szükség.

Folytatás a 119. oldalon