

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Meteorológiai Tanszék

A planetáris határréteg-magasság napi menetének vizsgálata a Kárpát-medencei térség nyári időszakában különböző időjárási helyzetekben



Készítette:

Odrobina Kristóf

III. éves Földtudomány BSc, meteorológia szakirányos hallgató

Témavezetők:

Dr. hab. Ács Ferenc

ELTE, Meteorológiai Tanszék

Mona Tamás

ELTE, Meteorológiai Tanszék

2015.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	3
1.1. A planetáris határréteg	4
1.1.1. A planetáris határréteg szerkezete	4
1.1.2. A planetáris határréteg magassága.....	4
2. Módszertan	6
2.1. WRF modell.....	7
2.2. GrADS	8
2.3. OMSZ archív jelentések	9
3. Eredmények	10
3.1. Hidegfront átvonulása – 2013.07.11.	10
3.2. Hidegfront átvonulását követő nap – 2013.08.26.	13
3.3. Frontmentes nap – 2013.08.09.....	15
4. A PBL maximális magassága	18
4.1. Maximális szélleőkés	18
4.2. Tényleges napfénytartam	19
4.3. Napi maximális hőmérséklet	19
5. Összefoglalás és konklúzió	20
6. Jövő: tervek, célok, elképzelések	21
Köszönetnyilvánítás	21
Függelék	22
Irodalomjegyzék és hivatkozások	23

1. Bevezetés

Földünk légköre vertikális szerkezetét tekintve elkülöníthető troposzférára, sztratoszférára, mezoszférára és termoszférára. A légkör legalacsonyabban elhelyezkedő rétege a troposféra, mely a felszíntől 11-16 km magasságig terjed a földrajzi szélességtől függően. A troposzférán belül található az a 3-D turbulenciájú réteg, melyet planetáris határrétegnek (**P**lanetary **B**oundary **L**ayer–PBL) nevezünk.

A planetáris határréteg a légkör alsó 0,1-3 km magasságig terjedő rétege, mely a földfelszín és a légkör kölcsönhatása következtében alakul ki, s melyben a felszín, mint termikus és mechanikus kényszer érvényesül. A planetáris határréteg meghatározó a hő- és nedvességszállításban, így kutatása fontos a meteorológia több ágában is. Mint hogy magunk is e rétegben élünk, mindennapjainkban meghatározó a PBL vertikális kiterjedése (magassága).

A felszín és a planetáris határréteg-magasság kapcsolatát vizsgáló tanulmányok főleg a felszín szerepére fókuszálnak. Ezzel szemben dolgozatom célja a PBL és az időjárás kapcsolatának vizsgálata. A szakirodalmi feldolgozás mellett 2013 nyári időszakára (június-augusztus) WRF modell-futtatásokat és adatgyűjtést végeztünk az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) archív napi szöveges és térképes jelentései alapján. Egy rajzolóprogram segítségével a PBL-magasságok napi menetét is ábrázoltam, valamint vizsgáltam kapcsolatukat az archivumban közzétett adatokkal (maximum-és minimum hőmérséklet, a napfénytartam és a szél alakulása). Ekkor arra törekedtem, hogy kapcsolatba hozzam a PBL napi menetének alakulását a termikus (hőmérséklet, napfénytartam), vagy a dinamikus (front, szél) tényezőkkel, vagy egy e két tényező-együttes kombinációjával.

A tanulmány másik célja, hogy az elkészített adatbázisokat (diagramok) összevetve a napi jelentésekkel, kapcsolatot találjak a PBL magasság, valamint a maximum-és minimum hőmérséklet, a napfénytartam és a szél alakulása között, ezáltal lehetőség adódik összehasonlítani azokat a napokat, amelyeken nagyobb részben termikus hatások (hőmérséklet, napfénytartam) alakítják a PBL napi menetét, és azokat a napokat, amelyeken jórészt a dinamikus hatások (front, szél) határozzák meg a magasság alakulását.

1.1. A planetáris határréteg

1.1.1. A planetáris határréteg szerkezete

A planetáris határréteg szerkezetét turbulens áramok és stabilitási viszonyok alakítják, így struktúráját tekintve összetett rétegről beszélünk (*Brümmer, 1988*). Két nagyobb, s ezeken belül kisebb rétegekre osztható. Megkülönböztethetők felszíni rétegek és kevert rétegek. Előbbi a felszín közelében található, s a turbulens áramok magassági változása elhanyagolható, utóbbi pedig a felszíntől távolabb helyezkedik el, ahol 3 erő alakítja az áramlást (nyomási gradiens erő, Coriolis-erő és turbulens súrlódási erő). A felszíni réteg a teljes PBL-nek mindössze 8-10%-t teszi ki. E réteg felett helyezkedik el a keveredési réteg, vagy a stabil réteg, függően a PBL hőmérsékleti viszonyaitól. Napközben a felszín melegedése konvekciót eredményez, ennek következménye a turbulencia, ami összekeveri a süllyedő hideg, és az emelkedő meleg levegőt, ezért ezt a réteget konvektív rétegnek (*mixed layer*) nevezzük.

Nappal a réteg 1-2 km magasság fölé is emelkedik, majd a napnyugtával együtt csökken, végül a konvektív mozgás fokozatosan alább hagy. Derült éjszakákon a felszín jobban lehül, mint a felette lévő levegő és kialakul a stabilis réteg (*stable layer*), melyet éjszakai határrétegnek is nevezünk (*nocturnal boundary layer*). Felette található az átmeneti réteg (*residual layer*), mely szintén éjszakai PBL jellemzője. A stabilis réteggel ellentétben nincs közvetlen kapcsolata a felszínnel, és turbulencia sem észlelhető. A planetáris határréteg legmagasabb szintjét egy hőmérsékleti inverziós réteg (*capping inversion*) jelöli ki, amely felett a szabad légkör (*free atmosphere*) helyezkedik el. A szabad légkörön túl a felszíni hatások, mint a felszíni súrlódás szél módosító hatása, vagy a felszín napi hőmérsékleti menete már elhanyagolhatóan kicsi.

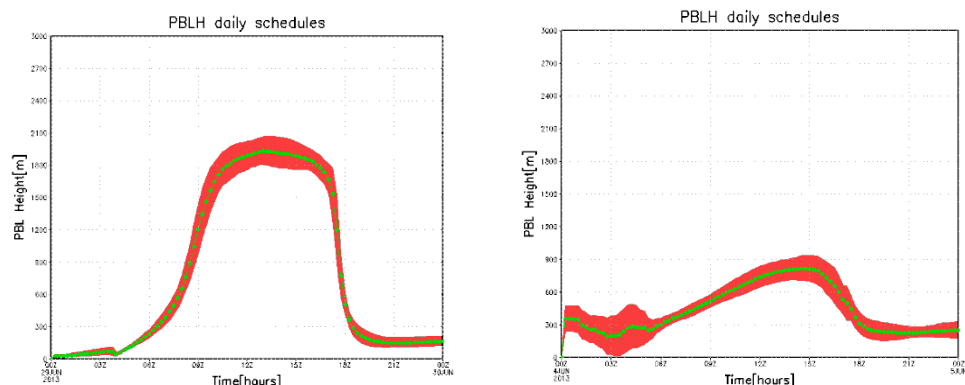
1.2.2. A planetáris határréteg magassága

A planetáris határréteg legfontosabb paramétere a magasság, amely sosem konstans. Mind felszíni, mind pedig légköri tényezők alakítják, így a konvekció és az advekció is fontos alakító tényező. Az advekció befolyása a felszíntől távolodva nő, mert vertikális irányban

haladva a felszíni sűrűlódás egyre csökken. A konvekció a besugárzás erős függvénye, ezért a PBL magassága jól követi a Nap járását (*Breuer et al, 2012*). Ennek következménye, hogy a határréteg vertikális kiterjedésének napi (és évszakos) menete is van. Egy frontmentes nyári nap alkalmával egész napos derült égbolt mellett napkeltétől egészen kora délutánig egyre vastagodik, magasabbra tornyosul, mely során legmagasabb pontja meghaladhatja a 2500 m magasságot is, ahogy növekszik a napsugarak földfelszínnel bezárt szöge. Átlépve a maximális szöget (a Nap delelését követően), ez a szög csökkenni kezd, és úgy csökken egyre alacsonyabb szintre a PBL magassága is. Felhős égbolt mellett azonban a nappali besugárzás mértéke jóval kisebb, így kevesebb az a hőmennyiség, amely a PBL emelkedésére fordítható. Ehhez hasonló napokon az PBL magassága általában az 1000 m-es magasságot sem haladja meg (2.1.ábra).

Az esti, illetve az éjszakai órákban a nappalihoz képest jóval vékonyabb réteggé redukálódik. A PBL a téli hónapokban vékonyabb, magasságának maximális értéke is kisebb, mint a nyári hónapok alkalmával, mely szintén a naptól való távolság, és a besugárzás mértékével magyarázható.

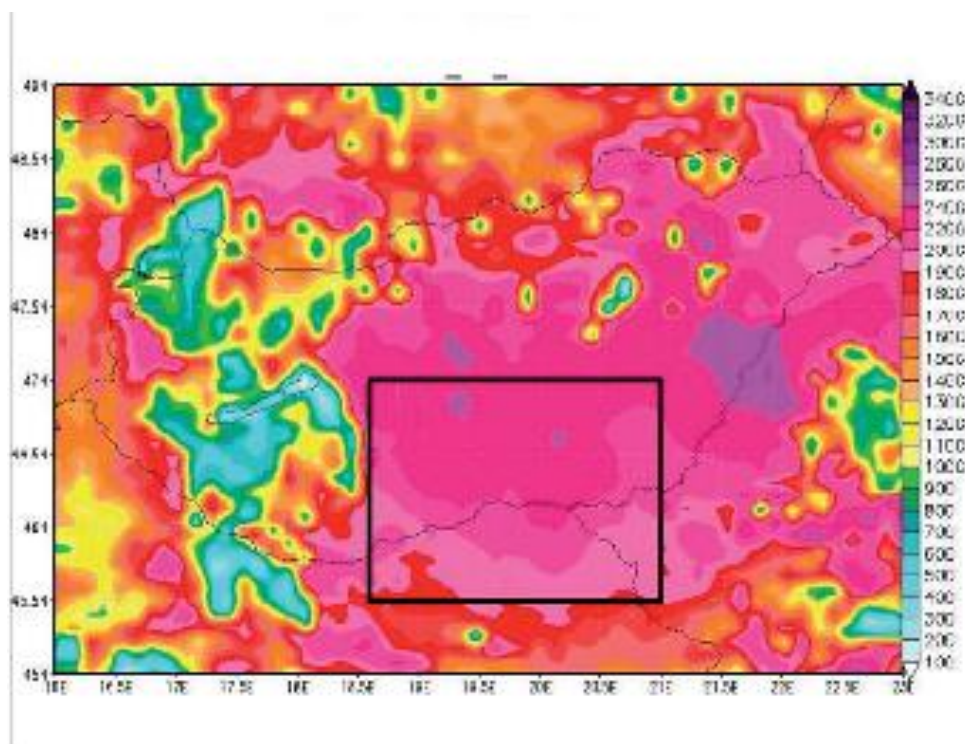
A planetáris határréteg magasságát befolyásoló tényező közé tartozik még a domborzat és a tengerszint-féletti magasság is (*Wamser 1976*). A PBL magassága mérhető repülőgépre vagy ballonra, valamint magas toronyra szerelt turbulencia-érzékelőkkel.



2.1. ábra: A planetáris határréteg napi menete egész napos derült égbolt (balra) és felhős időjárási helyzetben (jobbra)

2. Módszertan

Az adataink és az eredmények egyaránt 2013 nyári időszakára, azaz június, július és augusztus hónapokra vonatkoznak. Ennek egyik oka, hogy az év során leginkább a nyári hónapokban észlelhetők olyan intenzív és masszív időjárási események, melyek látványosan megváltoztathatják a planetáris határréteg szerkezetét, vastagságát, így a magasságát. A vizsgált terület a dél-alföldi régió, ami azzal is indokolható, hogy az OMSZ szegedi obszervatóriuma is ott van (Ács *et al*, 2014) (2.1. ábra). A vizsgálat szempontjából e terület klimatikailag is a legmegfelelőbb (kis felhőborítottság, magas napfénytartam és hőmérséklet).



2.1. ábra: A vizsgált terület,
Magyarország, Dél-Alföldi régió
(Ács *et al*, 2014)

2.1. WRF modell

A planetáris határréteg magasságának becsléséhez a Yonsei University (YSU) sémájú Weather Research Forecast (WRF) modellfuttatásokat végeztünk. A WRF egy sokoldalú numerikus szoftver, melyet az amerikai Nemzeti Légkörkutató (NCAR) és a szintén amerikai Nemzeti Óceáni és Meteorológiai Központ (NOAA) mellett több egyetemi kutatóintézet fejleszt. Használható légköri kutatásokra, illetve hosszú és ultra rövidtávú előrejelzésekre, mikro skálától egészen globális skáláig.

A YSU PBL séma az egyik legismertebb nem lokális séma, melyet a Yonsei University (Dél-Korea) fejleszt. Széles körben használják meteorológiai és levegőkémiai futtatásokhoz. Fizikai háttere a Richardson-szám becslésén alapszik (*Hu et al, 2013*). A Richardson-szám egy dimenziótlan szám, amely a termikus turbulencia és a szélnyírás okozta turbulencia hatását veti össze, azaz a potenciális energia és a kinetikus energia arányát fejezi ki:

$$Ri = E_{\text{pot}} / E_{\text{kin}}.$$

Az általunk használt modell bemenetei 0,5 fokos felbontású, 3 órás időlépcsővel ellátott GFS (Global Forecast System) fájlok. A kapott WRF modell 10 km-es horizontális felbontású, a számításokban 30 másodperces időlépcsők lettek alapul véve.

A számítások során 44 vertikális szintet különböztettünk meg, melynek legfelső szintje a 100 hPa-os magasságban lett kijelölve (~16,5 km a felszíntől). A szinteket arányosan osztottuk be, a pontosabb becslés érdekében pedig a légkör alsó rétegében a szintek számát sűrítettük. A becsléshez ismerni kell a légghőmérsékletet, a felszín hőmérsékletét és a szélsébséget minden szinten az adott időpillanatban. A modell a számítás során megvizsgálja sorra az összes szintet, kiszámítva az előbb bevezetett Richardson-számot. Ha a rétegben számított Richardson-szám nem haladja meg a kritikus értéket (0,25), akkor átlépve a következő szintre elvégzi ugyanezt a számítást, egészen addig haladva a szinteken, amíg nem akad olyan réteg, amelyben az Richardson-szám meghaladja a kritikus értéket. Ebben az esetben megbecsülhető a PBL aktuális magassága. Az eredményeket 24 órás futtatások mellett 15 perces kiértékelésekkel kaptuk.

2.2. GrADS

A **G**rid **A**nalysis and **D**isplay **S**ystem (GrADS) egy interaktív számítógépes eszköz, mely főként megjelenítésre alkalmas. A szoftver használatához script nyelvű programozási ismeret szükséges. A WRF modell futtatások eredményeit script program megírásával egyidejűleg betáplálva a GrADS szoftverbe megkaptuk a planetáris határreteg magasságának napi menetét egy diagram formájában, s ezt elvégeztük minden nyári hónap összes napjára.

A script matematikai részében szükség van az átlag (1) és szórás (2) számítására az adott földrajzi szélességre (45.5; 47) illetve hosszúságra (19; 21). A GrADS tartalmazza az átlag (vagy számtani közép) számítást. A szórást azonban matematikai úton kell megadni az írás során. Mint ismeretes, egy adatsor szórásának a számtani középtől való eltérések négyzete számtani közepéből vont négyzetgyök értékét nevezzük.

```
define av1=ave(ave(PBLH.1,lon=19,lon=21),lat=45.5,lat=47)
```

(2.2.1)

```
define av2= ave(ave(PBLH.2,lon=19,lon=21),lat=45.5,lat=47)
```

(2.2.2)

```
define std1=sqrt(ave(ave((PBLH.1-av1)*(PBLH.1-av1),lon=19,lon=21),lat=45.5,lat=47)
```

(2.2.1)

```
define std2=sqrt(ave(ave((PBLH.2-av2)*(PBLH.2-av2),lon=19,lon=21),lat=45.5,lat=47))
```

(2.2.3)

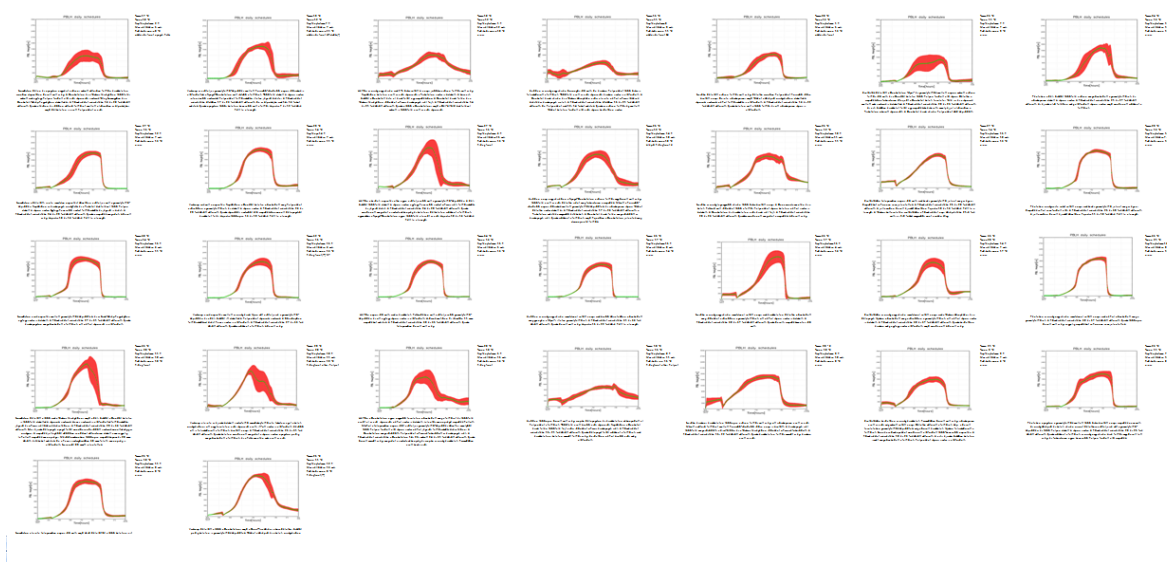
- *ave* az átlag,
- *lon* a földrajzi hosszúság,
- *lat* a földrajzi szélesség,
- *std* a szórás.

2.3. OMSZ archív jelentések

Az eredményeink átláthatósága érdekében az előállított diagramok mellett összegyűjtöttük a vizsgált napokról készült archív napi térképes, illetve szöveges jelentéseket az Országos Meteorológiai Szolgálat honlapjáról (www.met.hu). A térképes jelentések csak a vizsgált területre vonatkoznak és a következő adatokat olvastuk le:

- maximum hőmérséklet [°C]
- minimum hőmérséklet [°C]
- maximális szélökés [m/s]
- napsütéses órák száma [óra]
- front [igen v. nem]

A diagramokat, valamint a jelentéseket hetekre lebontva egymás alá táblázatba rendeztük (2.3. ábra). Ezt az eljárást elvégeztük minden nyári hónapra.



2.3. ábra: A planetáris határréteg magasságának napi menete hetekre lebontva
(2013. június)

3. Eredmények

A módszertan megismerése után, térjünk rá a tanulmány eredményeire. Az elkészített diagramok vizsgálata és összehasonlítása során világossá vált, hogy három tipikus napi menet görbe fordult elő, ezek pedig

- a) csúcsosabb háromszögre,
- b) az alacsony dombra, vagy
- c) egy trapézra, vagy akár négyszögre

emlékeztető formák voltak.

Az a) esethez tartoznak a hidegfront-átvonulós mérési napok, a b) esethez hidegfront utáni napok, míg a c) jelzéssel ellátott esetben időjárási frontoktól mentes napokon történt a mérés. Az egyszerűség érdekében a diagramokat megvizsgálva mindhárom esethez kiválasztottuk azt a napot, amelyen leginkább látható az említett időjárási helyzet.

3.1. Hidegfront átvonulása – 2013.07.11.

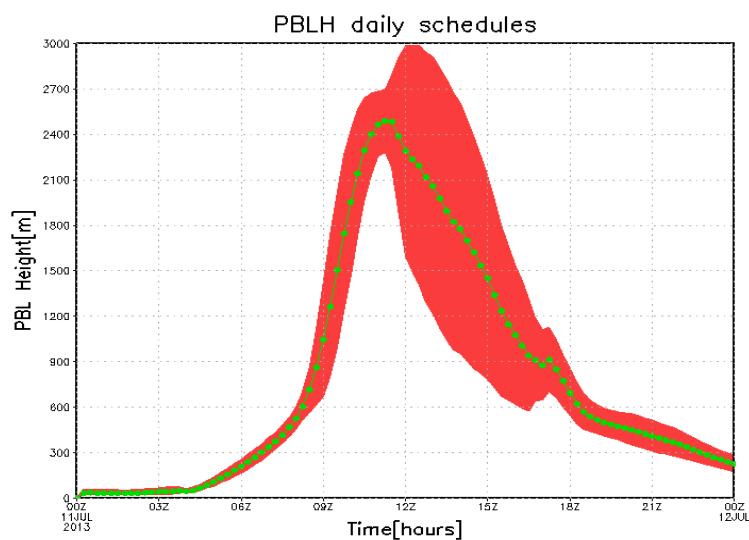
Ezen eset olyan napokat foglal magába, amelyek során a mérések egy hidegfront érkezése előtt, illetve átvonulásakor történtek. A vizsgált napon *az ország nagy részén átmenetileg erősen megnövekedett a felhőzet, délelőtt keleten sokfelé sütött a nap. Többfelé alakult ki zápor, zivatar, keleten egy-egy heves zivatar is előfordult, a legnagyobb szélhőkés elérte a 115km/h sebességet is. A legmagasabb nappali hőmérséklet 23 °C és 30 °C között változott. Éjszakára megszűnt a csapadék, nagy területen kiderült az ég (OMSZ,2013).*

A vizsgált területen 16 °C és 29 °C között alakult a nappali hőmérséklet. Napközben a megnövekedett szélsőségek mellett 11 órás napfénytartamot mértek. A 3.1.1. ábrán jól nyomon követhető az általunk szemlélt nap időjárása. Napkelte után (04:59), ahogy a Nap melegíteni kezdi a földfelszínt, úgy emelkedik a planetáris határréteg magassága is. Mint hogy derült égbolt volt jellemző, ez a folyamat zavartalanul indulhatott meg. Délelőtt 9 órára a PBL legfelső szintje már 1200 méteres magasságban járt, majd ahogy tovább melegedett a felszín és a felette elhelyezkedő légréteg, 12 óra előtt nem sokkal elérte napi maximális magasságát, 2500 méteren a felszíntől számítva.

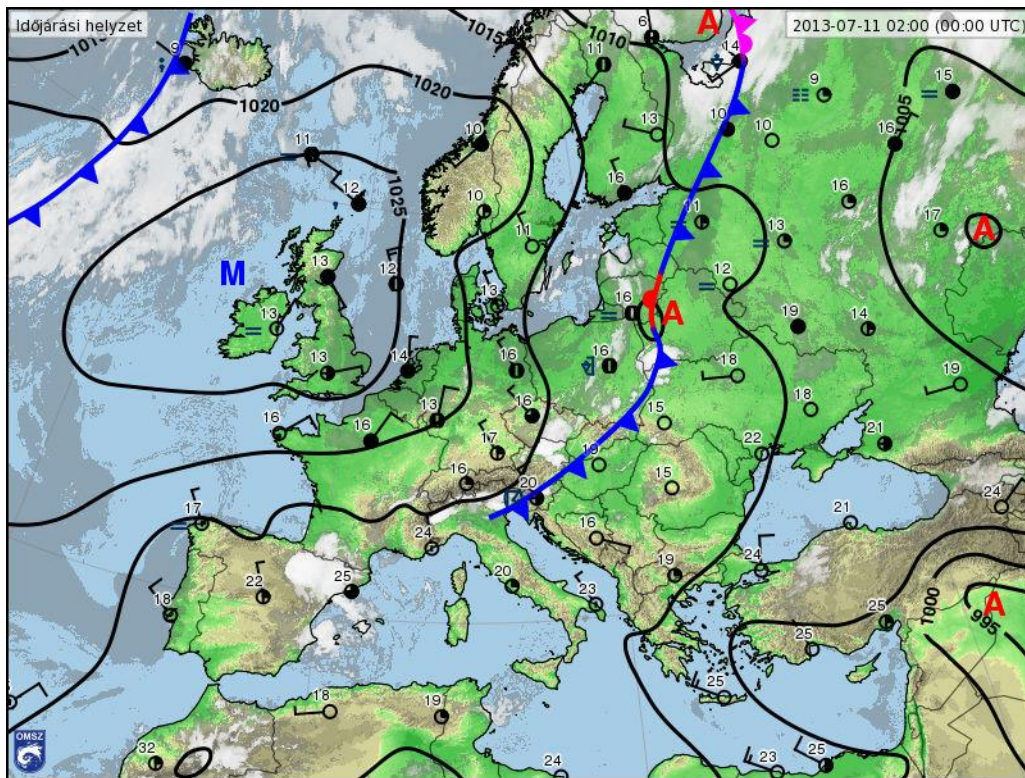
A rendszerinti délutáni órák helyett a kora délutáni időszakban kezdett nagyobb mértékben csökkenni a PBL magassága, ugyanis ekkor érkezett meg egy erősebb hidegfront nyugat felől, amely záporok, zivatarok kialakulása mellett jégesőt és nagy kifutószelet okozott. Az erősen megnövekedett felhőzet, és a lehullott csapadék, valamint a szél hatására 2 óra leforgása alatt 700 métert csökkent a PBL magassága, ekkor már csak 1800 m-es értéket mértek. Késő délután 17 óra környékén csupán 900 m magasan volt a PBL legfelső szintje, majd 18 órára körülbelül 100 m-es növekedés figyelhető meg, melynek oka valószínűleg egy rövidebb derült időszak volt.

Újabb 1 óra elteltével azonban tovább zuhant a mért érték, és bár estére megszűnt a csapadék és a borult eget derült égbolt váltotta, már nem állt rendelkezésre elég energia ahhoz, hogy újra növekedő tendenciát mutasson a határréteg, így magasságát tovább csökkentve éjfélre 300 m alá esett a mért érték. Érdekes megfigyelni az ábrán, hogy a front érkezése előtti időszakban a szórás sokkal kisebb mértékű, mint a front átvonulásakor.

A 3.1.2. ábra Európa térségéről készült szinoptikus helyzetet mutatja be, melyen jól látszik a markáns hidegfront érkezése Magyarországra. A jelentés 02:00-kor készült.



3.1.1. ábra: A planetáris határréteg magasságának napi menete, 2013.07.11.



3.1.2. ábra: Szinoptikus helyzet – Európa

2013.07.11. 02:00 CET (OMSZ)

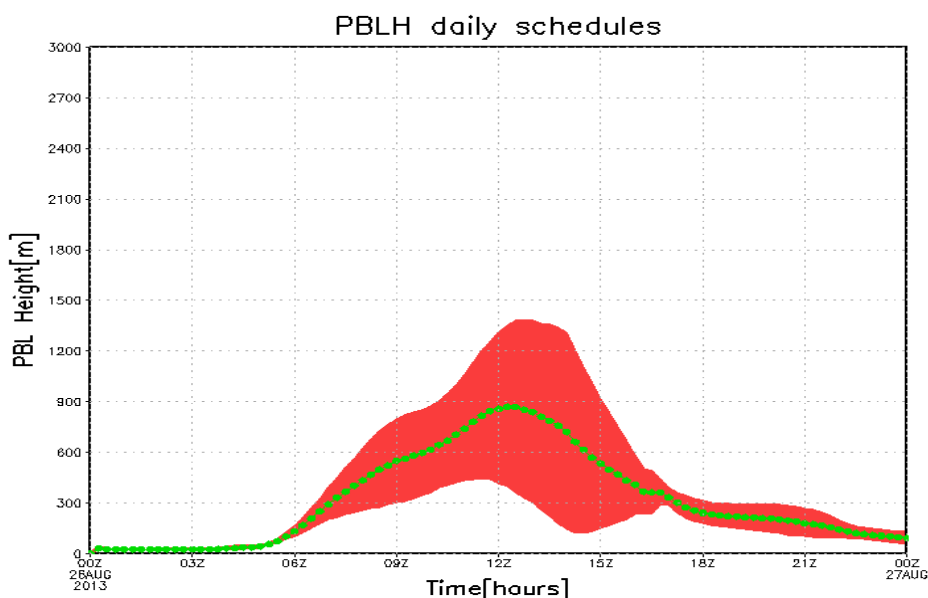
3.2. Hidegfront átvonulását követő nap – 2013.08.26.

Nyilvánvaló, hogy a PBL magasságának napi menetét nagymértékben befolyásolják egyrészt a megelőző nap időjárási viszonyai, másrészt pedig az éjszakai lehűlés mértéke. Az általunk kiemelt nap 2013. augusztus 26. Országos szinten egész nap túlnyomórészt borult égbolt volt jellemző. Sokfelé fordult elő eső, zápor, zivatar, amelyet néhol felhőszakadás kísért. A hőmérséklet csúcsértéke 20 °C és 27 °C között alakult. Estére helyenként pára, illetve köd alakult ki (OMSZ, 2013).

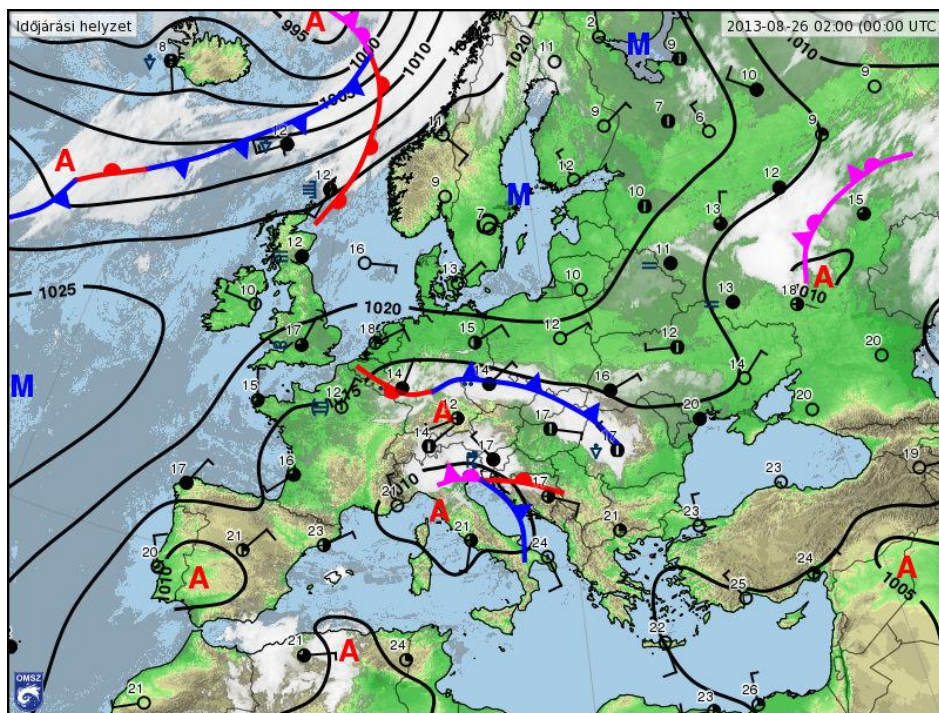
Az ezt megelőző napon késő délután, illetve az esti órákban nyugat felől egy hidegfront vonult át a vizsgált terület felett. Éjszakára is maradt a borult égbolt záporokkal, illetve egy-egy zivatar is kialakult még a nagymértékű labilitás miatt. Az általunk kiemelt napon napkelte után sem változott az időjárási helyzet: a borultság mértéke és az alacsony hőmérséklet miatt napközben csupán csekély mértékben melegedett fel a felszín feletti légréteg,

megakadályozva a planetáris határréteg magasságának emelkedését. A hőmérséklet 13 °C és 24 °C között változott. Kisebb időközökre átmenetileg kiderült az égbolt - 2 órás napfénytartamot eredményezve - ennek köszönhetően kis mértékben, de növekedő tendencia figyelhető meg a 3.2.1. ábrán a PBL magasságát vizsgálva. A délután 13 órás mérés szerint a planetáris határréteg elérte napi legmagasabb szintjét, melynek értéke 900 m volt. Szemmel láthatóan sokkal nagyobb szórás jellemző erre a napra, mint az előző alfejezetben vizsgált napon.

A 3.2.2. ábra szintén egy napi jelentés szinoptikus térkép formájában, egész Európa térségére. A képen látható, hogy egy hidegfront éppen kilépett Magyarország északkeleti részén az ország területéről.



3.2.1. ábra: A planetáris határréteg magasságának napi menete, 2013.08.26.
(front átvándulását követő nap)



3.2.2.ábra: Szinoptikus helyzet – Európa
2013.08.26. 02:00 CET (OMSZ)

3.3. Frontmentes nap – 2013.08.09.

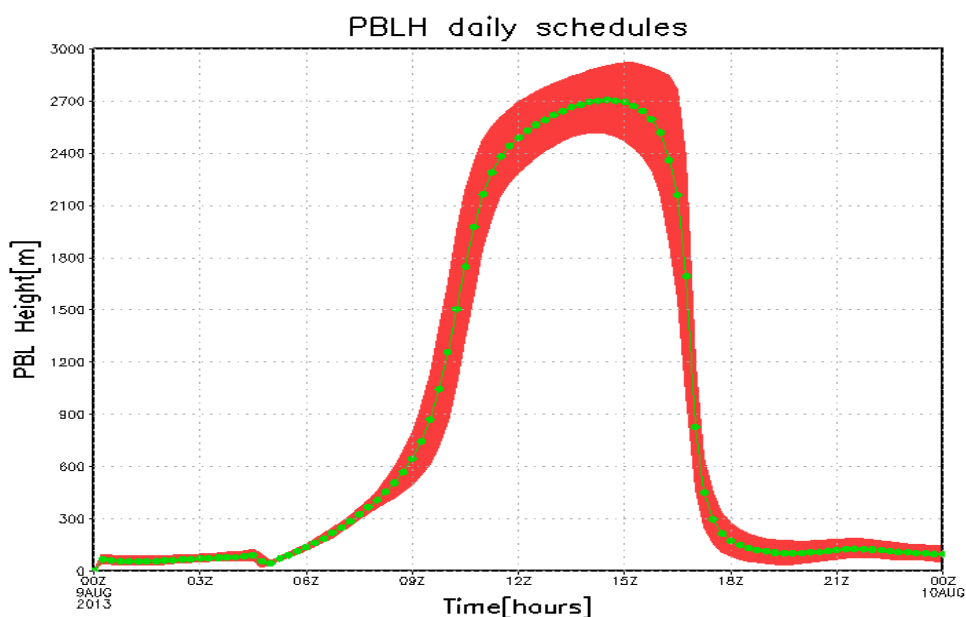
Hasonló napok során nem észleltek időjárási frontot. A vizsgált napon az egész országban kezdetben derült volt az ég, majd a déli óráktól többfelé – többnyire gyenge – gomolyfelhő képződés kezdődött, néhol egy-egy zápor is előfordult. A hőmérséklet csúcsértéke 33 °C és 40 °C között alakult. Estétől több helyen fordult elő zápor, zivatar, néhol felhőszakadás, jégeső és viharos szél is kialakult. Zivatarok környezetében felerősödött a szél (OMSZ, 2013)

A vizsgált területen egész napos derült égbolt mellett 13 órás napfénytartamot mértek. A hőmérséklet 20 °C és 37 °C között alakult. A 3.3.1. ábrán jól látható, hogy délelőtt kezdődő erős nappali besugárzás hatására a 12 órás mérés szerint 2600 m magasan járt a planetáris határréteg legfelső szintje. A maximális értékét délután 14 és 15 óra között érte el, amikor megközelítette a 2700 méter magasságot, mely az egész nyári időszak során a legnagyobb mért érték volt. Miután rövid időn keresztül fennmaradt a szint, a Nap

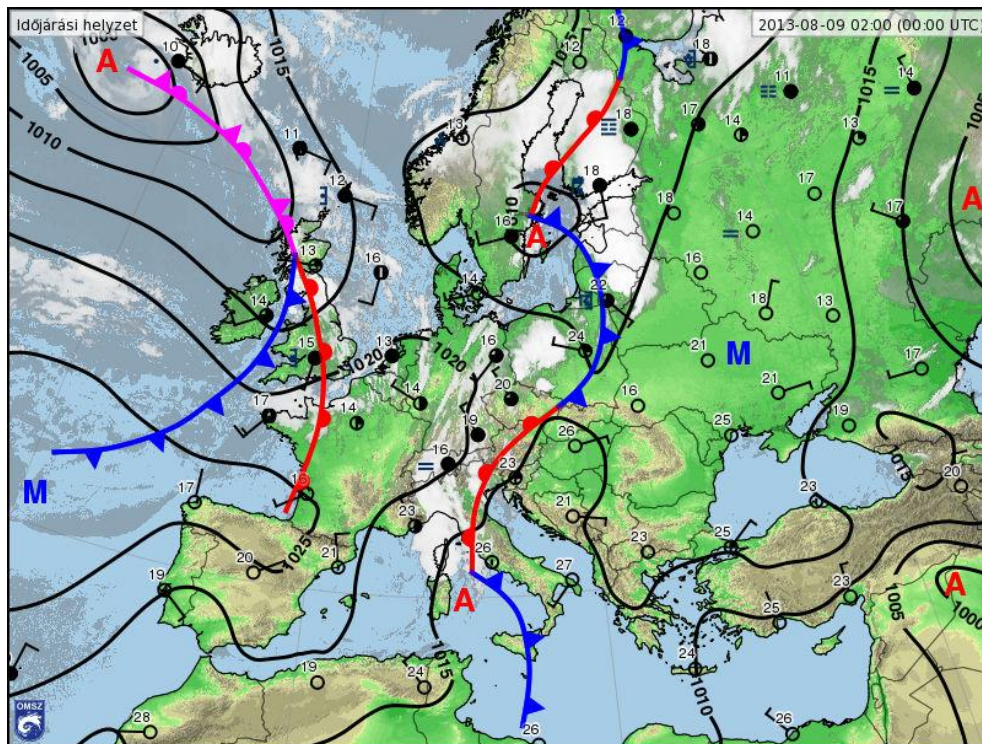
magasságának csökkenésével mérséklődni kezdett a PBL szintje is, majd 18 órára 200 méter alá süllyedt.

A késő délutáni órákban megélénkült a szél, melynek maximális mért értéke 11 m/s volt, ez magyarázza a rövid idő alatt hirtelen csökkenő PBL szintet. Az ábrán jól megfigyelhető, hogy a frontmentes napokon sokkal kisebb szórás jellemző, mint a frontátvonulások napokon.

A 3.3.2. ábrán ismét Európa térségére jelenít meg szinoptikus jelentést, melyen az látható, hogy az ország egész területére zavartalan napsütés mellett magas maximum hőmérséklet jellemző. Az ábrán megfigyelhető az is, hogy az országtól nyugatra egy melegfront helyezkedik el és közeledik az ország területe felé (a front másnap hajnalra érkezett meg a vizsgált területhez). A magas maximum hőmérsékletet és az igen nagy magasságokba törő PBL magasságért is valószínűleg ez a front a felelős.



3.3.1. ábra: A planetáris határréteg magasságának napi menete, 2013.08.09.
(frontmentes nap)



3.3.2. ábra: Szinoptikus helyzet –Európa
(2013.08.09. 02:00 CET)

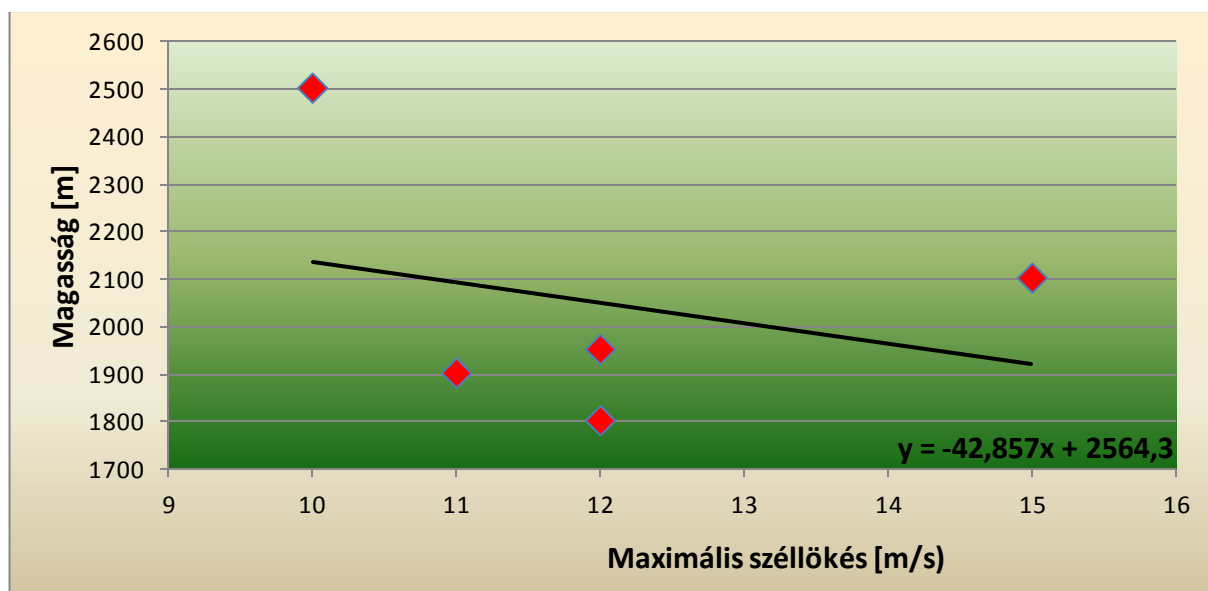
4. A PBL maximális magassága

A PBL maximális magasságnak a meteorológiai elemekkel való kapcsolatát is vizsgáltuk. A kiválasztott elemek:

- maximális szélőkés
- tényleges napfénytartam
- maximális napi hőmérséklet.

4.1. Maximális szélőkés

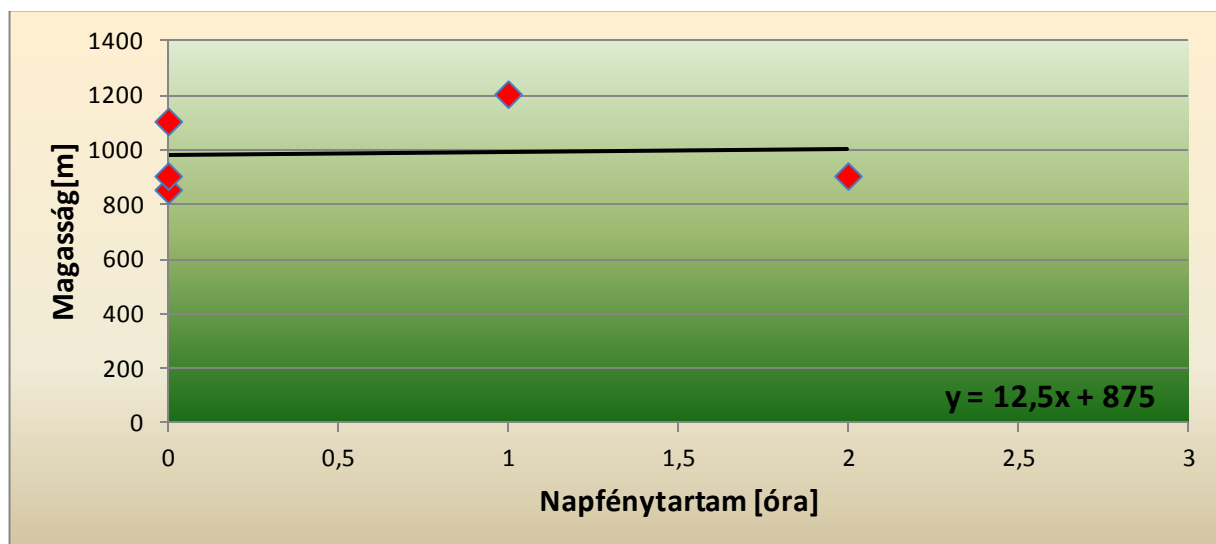
A frontátvonulások napok során a PBL magasságát a szél is erőteljesen meghatározza, ezért megvizsgáltuk a maximális szélőkés és a maximális PBL magasság közötti kapcsolatot is. E kapcsolatot néhány tipikus napra vonatkozóan a 4.1. ábra illusztrálja. Hangsúlyozzuk ki, hogy az ilyen esetek száma nagyobb, mint ahogyan az ábrán illusztráltuk. Látható, hogy egyértelmű kapcsolat nincs, a szóródás igen nagy. Véleményünk szerint az ábrán látható nagy szóródás ténye a többi nap esetén is fennáll.



4.1.ábra: A maximális PBL magasság és a maximális szélőkés sebessége közötti kapcsolat néhány frontátvonulással meghatározott napra vonatkozóan

4.2. Tényleges napfénytartam

A tényleges napfénytartammal kapcsolatos vizsgálatoknál eleinte csak a kis napfénytartam értékkel rendelkező napokat válogattuk ki. Ugyanis e napok esetén a maximális PBL magasság érték 1200 méter alatti volt. Ez látható a 4.2. ábrán is. Egyértelmű, hogy az egész napon át tartó felhőzet jelentősen csökkenti a PBL magasság menetét is.



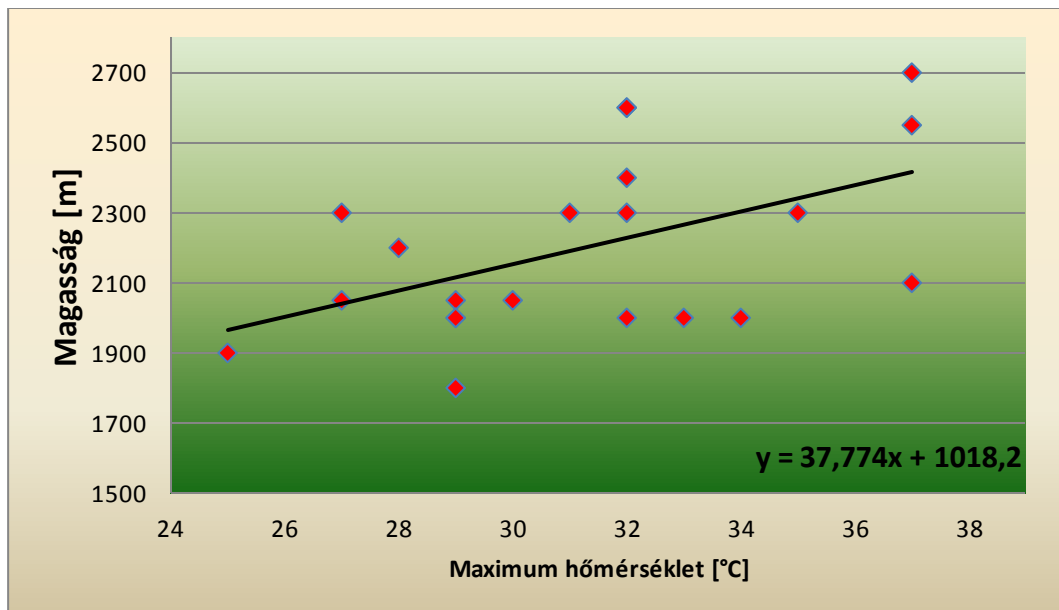
4.2. ábra: A maximális PBL magasság és a napi tényleges napfénytartam közötti kapcsolat

4.3. Napi maximális hőmérséklet

Nagy tényleges napfénytartamok esetén (szinte egész napos besugárzás) a maximális hőmérséklet értékek is nagyok. Ezért a maximális PBL magasság és a maximális hőmérséklet közötti kapcsolatot is elemeztük az egynéhány tipikusan ilyen jellegű napon. Ez a kapcsolatrendszer a 4.3. ábrán látható. Szemben az előbbi két kapcsolattal a maximális PBL magasság/maximális hőmérséklet kapcsolatában már fölfedezhető egy bizonyos megfeleléség. A maximális hőmérséklet növekedésével, ha nagy szóródásokkal is, a maximális PBL magasság is növekszik.

Nyilvánvaló, hogy az ilyen egyszerű kapcsolatorendszerek elemzésénél további vizsgálatok szükségesek. A mostani illusztrációink csupán azt hivatottak bizonyítani, hogy a maximális PBL magasság és egyes kiválasztott meteorológiai elemek közötti kapcsolatát van értelme

tanulmányoznunk, amely gyakorlati célokra is alkalmazhatók a napi meteorológiai gyakorlatban.



4.3. ábra: A maximális PBL magasság és a maximális hőmérséklet közötti kapcsolat

5. Összefoglalás és konklúzió

Dolgozatomban a planetáris határréteg magasságának napi menetével foglalkoztam. A bevezető részben általánosan ismertettem a planetáris határréteg szerkezetét, illetve legfontosabb paraméterét, a magasságát, majd az azt befolyásoló tényezőket.

Ezt követte a módszertani rész, melyben részletesen, lépésenként taglaltam, milyen eljárások segítségével állítottam elő a dolgozat során felhasznált adatbázist, ábrákat és diagramokat. A dolgozat alapja egy, az ELTE Meteorológiai Tanszéken folytatott tanulmány, amely a talaj és a légkör állapota közötti kapcsolattal foglalkozik. Ebből kifolyólag az általam vizsgált terület is –akárcsak az imén említett tanulmányban- a magyarországi Dél-Alföldi régió. A YSU sémát alapul vevő WRF modell futtatások segítségével kapott adatokból, script

nyelvű programozást használva a GrADS interaktív megjelenítő szoftvert alkalmazva előállítottuk a planetáris határreteg magasságának 2013 nyári időszakára (június-augusztus) vonatkozó napi meneteit. Ezekhez hozzárendeltem archív országos napi szöveges-és térképes jelentések kigyűjtött időjárási állapothatározókat. Az előállított napi meneteket és a hozzájuk tartozó jelentéseket hónapokra különítve, valamint hetekre lebontva táblázatba rendeztem.

A következő fejezetben az eredményekről számoltam be. A megrajzolt napi menetek vizsgálata során világossá vált, hogy 3 tipikus görbe fordult elő a vizsgált időszakban. Mindegyik görbéhez 1-1 időjárási helyzetet rendeltem hozzá, majd mindhárom típusra vonatkozóan kiemeltem egy konkrét napot, amelynek görbájén legjobban látszik a PBL magasságának napi menete és az időjárási helyzet kapcsolata. Az első esetben frontátvonulós napot, a második esetben egy frontátvonulást követő napot, végül egy frontmentes napot vizsgáltam. A vizsgálat során a dolgozat fontos következtetéseit vontam le. Megállapítottam, hogy a frontátvonulós napokon jóval nagyobb a PBL magasságához tartozó szórás, mint a frontmentes napokon. Emellett előbbi esetben sokkal csúcsosabb és meredekebb a napi menetet kirajzoló görbe, mint a másik két vizsgált esetben.

A frontátvonulós napokon a front megérkezésekor a PBL magassága a borultság, csapadék és a szél hatására hirtelenszerűen süllyed, szinte összeomlik. A másik két esetben sokkal egyenletesebb a magasság növekedése és csökkenése. A hidegfront átvonulását követő napokon a PBL magassága alig emelkedik 1000-1500 méter felé, melynek egyik oka az előző napi lehűlés, másik oka pedig a szél hatása mellett a tartós borultság. Mindhárom tipikus esetben megvizsgáltam a PBL maximális magassága és az adott esetben leginkább szerepet játszó meteorológiai állapothatározó közötti kapcsolatot. Frontátvonulós esetben többek között a szél hatása is igen nagy mértékben befolyásolja a PBL magasságát. Az elkészített diagram azt mutatta, hogy szelesebb időjárási helyzetben alacsonyabban helyezkedik el a planetáris határreteg magassága. Az ábrán jól látható az is, hogy egyértelmű kapcsolat a széllökés a magasság között nincs, a szóródás pedig igen nagy. A front átvonulását követő napokon a PBL magasságot a napsütéses órák számhoz viszonyítottam hozzá, mert az ilyen napokra borult égbolt jellemző, ez pedig a napfénytartam alakulását határozza meg. A diagram tanúsága szerint a kevesebb napsütött óra alacsonyabb PBL szintet okoz (a felhők meggátolják a besugárzás általi felszíni melegedést). Frontmentes, derült napokon a hőmérséklet határozhatja meg legfőképpen a PBL napi magasságát. A diagram szerint nagyobb maximum hőmérséklet mellett magasabbra

emelkedik a planetáris határréteg szintje. Szemben a másik két kapcsolattal a maximális PBL magasság/maximális hőmérséklet kapcsolatában már fölfedezhető egy bizonyos megfelelés. A maximális hőmérséklet növekedésével, ha nagy szóródásokkal is, a maximális PBL magasság is növekszik.

6. Jövő: tervek, célok, elképzelések

Dolgozatom témája egészen újszerű e területen, ezért a jövőben célul tűztük ki az adatbázis kibővítését, és folytatni a megkezdett tanulmányt. Ennek alapján elkészülhet a 2012, illetve a 2014 nyári időszakára vonatkozó adatbázis is. Az ezek összehasonlítását vizsgáló tanulmányok eredményeivel szélesebb látókörbe helyezhetjük majd a dolgozatban leírtakat, újabb konklúziók reményében.

Köszönetnyilvánítás

Köszönöm témavezetőimnek, Dr., habil. Ács Ferencnek és Mona Tamás PhD hallgatónak a készséges szakmai segítséget, mellyel a dolgozat elkészülhetett.

Függelék

- A WRF modell futtatásokat témavezetőm végezte.
- Átfogóan tanulmányoztam a hazai és külföldi szakirodalmat és ebből rövid összefoglalót is készítettem.
- A futtatásokból kapott kimeneti fájlokat script programozás segítségével és GrADS megjelenítő szoftver alkalmazásával diagramok formájában elkészítettem a PBL magasságának napi menetét minden napra a vizsgált időszakban (2013 június-augusztus).
- Az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) honlapjáról kigyűjtöttem minden napra vonatkozóan az archív szöveges-és térképes napi jelentéseit (maximum-és minimum hőmérséklet, maximális széllelés, radiációs minimum, tényleges napfénytartam, fronthatás).
- Ezeket az adatokat és eredményeket táblázatos adatbázisba rendeztem hónapokra különítve.
- A kapott eredmények statisztikáit elkészítettem.
- Az esettanulmányok kutatását témavezetőimmal egyeztetve végeztem el.

Irodalomjegyzék és hivatkozások

Ács,F., Gyöngyösi,Z.,A., Breuer,H., Horváth,Á., Mona,T., Rajkai,K., 2014: Sensitivity of WRF-simulated planetary boundary layer height to land cover and soil changes. *Meteorologische Zeitschrift*, 23, 3, 279-293.

Breuer, H., Ács., Laza, B., Matyasovszky, I., Hováth, Á., Weidinger, T., és Rajkai, K., 2012: A talaj hidraulikus tulajdonságainak és a planetáris határréteg magasságának kapcsolata. *Agrokémia és Talajtan*, 61, 1., 10.

Brümmer,B., 1988: Structure and circulation in the boundary layer at a strong cold front. *Beitr. Phys. Atmos.* 61, 232–243.

Hu, X., Klein,P., Xue,M., 2013: Evaluation of the updated YSU planetary boundary layer scheme within WRF for wind resource and air quality assessments. - *Journal of geophysical research: atmospheres*, 118, 10.490–10.505.

Wamser, C., 1976: On the structure of turbulence in the planetary boundary layer with special consideration to the influence of different ground roughnesses.

Ber. d. Inst. f. Radiometeorologie u. Maritime Meteorologie, 31, 79.

www.met.hu