

Міністерство освіти і науки України
Закарпатський угорський інститут ім. Ференца Ракоці II
Кафедра географії та туризму

Реєстраційний № 7

Бакалаврська робота
ФАКТОРИ, ЯКІ ВИЗНАЧАЮТЬ ТОЧНІСТЬ
МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ПРОГНОЗІВ НА ПРИКЛАДІ МІСТ
КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ

НАДЬ ЛІВІЯ ЗОЛТАНІВНА
Студентка IV-го курсу
Спеціальність 6.040104 Географія
Освітній рівень: бакалавр

Тема затверджена на засіданні кафедри
Протокол № 2016/12

Науковий керівник: **Молнар Йосип Йозефович**
к.г.н., завідувач кафедри

Завідувач кафедри _____: **Молнар Йосип Йозефович**
к.г.н.

Робота захищена на оцінку _____, «___» _____ 2017 року
Протокол № _____ / 2017

**Міністерство освіти і науки України
Закарпатський угорський інститут ім. Ференца Ракоці II**

Кафедра географії та туризму

Бакалаврська робота

**ФАКТОРИ, ЯКІ ВИЗНАЧАЮТЬ ТОЧНІСТЬ
МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ПРОГНОЗІВ НА ПРИКЛАДІ МІСТ
КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ**

Освітній рівень: бакалавр

Виконала: студентка

IV-го курсу

спеціальності

6.040104 Географія

Надь Лівія Золтанівна

Науковий керівник: **Молнар Йосип Йозефович**

к.г.н., завідувач кафедри

Рецензент: **Іжак Тібор Йосипович**

к.г.н., в/о доцента

Берегове
2017

**Ukrajna Oktatási és Tudományügyi Minisztériuma
II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola**

Földtudományi és Turizmus Tanszék

**AZ IDŐJÁRÁSI ELŐREJELZÉSEK BEVÁLÁSÁNAK TÉNYEZŐI
A KÁRPÁT-TÉRSÉG NÉHÁNY VÁROSÁNAK PÉLDÁJÁN**

Szakedolgozat

Készítette: Nagy Livia

IV. évfolyamos

földrajz szakos hallgató

Témavezető: Molnár József, PhD

tanszékvezető

Recenzens: Izsák Tibor, PhD

a földrajztudományok kandidátusa, megbízott docens

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1. ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДОСЛІДЖЕНИХ МІСТ	8
2. РОЗВИТОК ПРОГНОЗУВАННЯ ПОГОДИ	
2.1. Історія прогнозування	11
2.2. Чисельні методи прогнозування	12
2.3. Моделі прогнозування погоди	14
3. БАЗА ДАНИХ ТА ВИКОРИСТАНІ МЕТОДИ	
3.1. База даних	18
3.1.1. Сайти прогнозу погоди та моделі, якими вони користуються	18
3.1.2. Макросиноптична типізація Пецелі	19
3.2. Використані методи	20
4. РЕЗУЛЬТАТИ	
4.1. Точність прогнозів в залежності від терміну, міст та метеорологічних сайтів.....	24
4.2. Залежність точності прогнозів від пори року	30
4.3. Макросиноптичні ситуації як фактор точності прогнозів	32
ПІДСУМКИ.....	38
РЕЗЮМЕ УКРАЇНСЬКОЮ МОВОЮ	40
ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА	42
СПИСОК ІЛЮСТРАЦІЙ	46
ДЕКЛАРАЦІЯ	47
ПОДЯКА.....	48
ДОДАТОК	49

TARTALOM

BEVEZETÉS	6
1. A VIZSGÁLT VÁROSOK TERMÉSZETFÖLDRAJZI JELLEMZÉSE	8
2. AZ IDŐJÁRÁS ELŐREJELZÉS FEJLŐDÉSE	
2.1. Az előrejelzés kialakulása	11
2.2. A numerikus előrejelzés	12
2.3. Időjárás előrejelző modellek	14
3. AZ ADATBÁZIS ÉS AZ ALKALMAZOTT MÓDSZEREK	
3.1. Az adatbázis	18
3.1.1. Előrejelző oldalak, és az általuk alkalmazott modellek	18
3.1.2. A Péczely-féle makroszinoptikus helyzetek	19
3.2. Alkalmazott módszerek	20
4. EREDMÉNYEK	
4.1. Az előrejelzések bevétele az időtáv, a vizsgált városok és az előrejelző oldalak függvényében	24
4.2. Az előrejelzések pontosságának évszakfüggése	30
4.3. Makroszinoptikus helyzetek, mint az időjárás előrejelzés bevétele egyik tényezője	32
ÖSSZEFOGLALÁS	38
UKRÁN NYELVŰ ÖSSZEFOGLALÁS (РЕЗЮМЕ)	40
FELHASZNÁLT IRODALOM	42
ÁBRÁK JEGYZÉKE	46
NYILATKOZAT	47
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	48
MELLÉKLET	49

BEVEZETÉS

Fontosságát tekintve az időjárás a mindennapi életünk meghatározó alakítója. A meteorológiai elemek tér- és időbeli eloszlásáról, jövőbeni alakulásáról tudunk informálódni, ebben segítségünkre vannak az előrejelzések, amelyek alkalmazásának elterjedésében alapvető szerepet játszott azok megbízhatóságának számottevő növekedése, valamint a hozzáférhetőségük széleskörűvé válása az internetnek köszönhetően. Figyelemmel követjük tehát az előrejelzéseket, amelyek mára már egyre nagyobb számban és javuló minőségben állnak rendelkezésre településeink vonatkozásában is. Problémát jelenthet viszont annak eldöntése, hogy melyik forrást válasszuk, ezért célunk segíteni eldönteni, hogy melyik előrejelző oldalt érdemes figyelemmel kísérnünk, mely prognózis nyújt leginkább valós képet.

A verifikáció elvégzése több szempontból is fontos. A mérőszámok a modellfejlesztő szakemberek számára hasznos információt nyújtanak a modell beválásáról, hogy mely meteorológiai elem előrejelzésén kell javítani, mely paraméternél fordulnak elő szisztematikus hibák (Tajti, 2009).

Évfolyamunkáimban, kezdetben a hőmérsékleti előrejelzések beválásának a vizsgálatával foglalkoztunk, majd, a meglévő kutatást továbbgondolva, kiterjesztettük a vizsgált városok körét, valamint bevontuk a csapadékra vonatkozó prognózisokat is. Az elemzések eredményei igazolták, hogy az előrejelzések megbízhatósága az előrejelzett időtáv csökkenésével javul. A vizsgált oldalak közül a Weather Online által prognosztizált értékeket találtuk a legpontosabbaknak.

Szakedolgozatomban a választott városokra vonatkozó hőmérsékleti és csapadék előrejelzések pontosságának hatótényezőit (évszak, makroszinoptikus helyzetek, illetve helyzetcsoportok stb.) vetettük össze. A vizsgálatok során a Beregszászra, Lembergére, Ungvárra, Budapestre és Debrecenre – azaz a tágabb térségünkre – vonatkozó előrejelzéseket és mért adatokat dolgoztuk fel, amelyek szabadon hozzáférhetőek az interneten. Az elemzésekhez öt előrejelző oldal 1–7 napra, tehát középtávra vonatkozó időjárás előrejelzéseit használtuk.

Szakedolgozatom fő részeként megvizsgáljuk az időjárási előrejelzések beválásának függését az évszakoktól, a makroszinoptikus helyzetektől, illetve más tényezőktől.

Kutatásunk rész céljai:

- Megvizsgálni az időjárási előrejelzések bevalásának a pontosságát a különböző időtávok, előrejelző oldalak és az egyes városok viszonylatában.
- Megvizsgálni az időjárási előrejelzések bevalásának a pontosságát az évszakok vonatkozásában.
- Megvizsgálni az időjárási előrejelzések bevalásának a pontosságát a makroszinoptikus helyzetek és a légáramlási viszonyok egyéb mutatóinak vonatkozásában.

Harold Brooks és munkatársai már 1997-ben is végeztek vizsgálatokat a médiában felelhető előrejelzések pontosságát illetően. Az eredmények alapján egységes volt az összes vizsgált előrejelző forrásnál, hogy (mint az várható volt) a pontosság csökkent az előrejelzés átfutási idejének növekedésével. A vizsgált előrejelzők a National Weather Service előrejelzéseit használták fel, de mégis jelentős véleménykülönbségek jelentkeztek, amelyek elkerülhetetlenül felvetették a kérdést, hogy melyik előrejelző a legjobb? Az elemzések alapján Brooks (1997), valamint általa említett Murphy (1993), úgy véli, hogy ez a kérdés kellően gazdag mennyiségű információ nélkül csak egy felületes ellenőrzési folyamatot foglal magába, amely nem ad általánosan helyes választ erre a kérdésre. Minden média forrásnak megvannak tehát a maga előnyei és hátrányai is. Vizsgálataik során az egyik legfontosabb cél volt: lehetővé tenni az előrejelzőknek, hogy megismerjék és értékeljék saját erősségeiket és gyengeségeit, ezáltal segíteni a fejlődésben, amennyiben a minőségi előrejelzések készítése az elsődleges szempont (Brooks et al., 1997). Az időjárásfüggő döntések optimalizálásához feltétlenül szükséges, hogy a legpontosabb előrejelzés alapján tájékozódjunk (Brooks et al., 1997; Frankovits, 2014).

1. A VIZSGÁLT VÁROSOK FÖLDRAJZI JELLEMZÉSE

Kárpátalja az Északkeleti-Kárpátok Vízválasztó-vonulattól délnyugatra, a Kárpát-medence északkeleti szegletében helyezkedik el. Területe 12,8 ezer km². Földszerkezeti alapját két egység alkotja: a Kárpátaljai-süllyedék és a Gyúrt-Kárpátok (Gönczy, 2009). Ezen régió bővelkedik a változatos morfológiai viszonyokban, amelyek nagy hatást gyakorolnak a hőmérséklet területi eloszlására. A terület síkvidéki része a nedves kontinentális éghajlattípushoz tartozik, a megye nagyobb kiterjedését képező Kárpátokban pedig ennek hegyvidéki változata a jellemző. A Kárpátok vonulatának különösen fontos szerepe van a terület éghajlatának kialakulásában, hiszen egyrészt gyengíti a szibériai és erősíti az azori anticiklon hatását, másrészt növeli a konvekciós légmozgást (Berghauer, 2012).

Beregszász városa a Beregszászi-dombvidékhez és az azt körülölelő Kárpátaljai-síksághoz kapcsolódik területileg, északkelet és délkelet felől vulkanikus hegylány övezi. A Beregszászi-dombvidék (45 km²) a járás legmagasabb része, amelynek abszolút magassága 220–365 m között váltakozik, legmagasabb pontja a Nagy-hegy (365 m) (Izsák, 2009).

Ungvár az Alföld északi peremén, az Előkárpátok nyugati részén, az Ung folyó mentén terül el. Északon a Vulkáni-vonulathoz tartozó, nagyrészt Szlovákiában fekvő Vihorlát hegylányai nyúlnak be az Ung völgyéig, attól keletre pedig a vonulat a Makovicával folytatódik. A legmagasabb csúcsok 1000 m körüli magasságig emelkednek. Az alföldi rész tengerszint fölötti magassága 101–120 m (Molnár, 2009).

A hegyvidéki domborzati viszonyok mellett sűrű vízhálózat is jellemző az említett városokra. Beregszász környékén található folyók a Tisza jobb oldali vízgyűjtő medencéjéhez tartoznak, beleértve a városon keresztülhaladó Vérke folyót is. Az Ungvári járás területét három nagyobb folyó érinti: a Tisza, a Latorca és az Ung, ezek közül az Ung halad keresztül Ungvár városán, itt lép ki a hegyek közül, és nyugati irányban hagyja el a térséget.

Beregszász és Ungvár városának éghajlatára jellemző, hogy mivel síkvidéken fekszenek a január a leghidegebb hónap, középhőmérséklete -2 °C és -3 °C, a legmelegebb hónap a július, középhőmérséklete +20 °C–+21 °C (Molnár, 2009). Előfordulhat viszont, hogy ennél melegebb hőmérséklet jelentkezik, ez abból adódik, hogy a városi és a természetes felszínek eltérő energiaháztartásának eredményeképpen

általában hőmérsékleti többlet, úgynevezett városi hősziget (urbanheatisland–UHI) alakul ki a városok területén (Unger, 2010).

Budapest Magyarország fővárosa, tehát Közép-Európában fekszik (mérési középértéke a X. kerületi Martinovics téren van). A Duna két partján, az Alföld és a dombvidékek találkozásánál terül el. Jelenlegi területe 525,16 km². Észak-déli irányban 25, kelet-nyugati irányban 39 km kiterjedésű. Legmélyebb pontja a Duna szintje (96 m közepes vízállásnál), legmagasabb pontja a János-hegy (529 m) (Balázs, 2011).

Természeti adottságaiban meghatározó a Duna, Közép-Európa legnagyobb folyója, amely észak–déli irányban, mintegy 30 kilométer hosszan és 400 méteres átlagos szélességgel folyamként szeli át a fővárost. A Duna budapesti szakaszán három sziget található. Ezek közül a legnagyobb a déli Csepel-sziget, melynek csak északi csúcsa van a városhatáron belül, ezt követi a város szívében elhelyezkedő, történelmi múltú visszatekintő Margit-sziget, ettől északra pedig az Óbudai-, más néven Hajógyári-sziget fekszik.

A főváros budai oldala nagyrészt a Budai-hegységhez tartozik. Budapest Duna-balparti területe, a hatalmas kiterjedésű Pesti-síkság az Alföld ÉNy-i öblözete, a város nagyobbik része ide települt. Felszíne sima, vagy gyengén hullámos, a Budai-hegységhez képest kevésbé változatos.

Éghajlatára a mérsékelt övi hatások jellemzőek, középhőmérséklete 11 °C. A legmelegebb hónap középhőmérséklete 22 °C, a leghidegebb pedig -1,1 °C. Az európai fővárosok között egyike a leginkább szélvédetteknek, a Kárpátok és részben az Alpok, valamint a Magyar-középhegység védik, ezzel a védettséggel magyarázható az is, hogy a leghidegebb itt mért hőmérséklet -25 °C felett maradt.

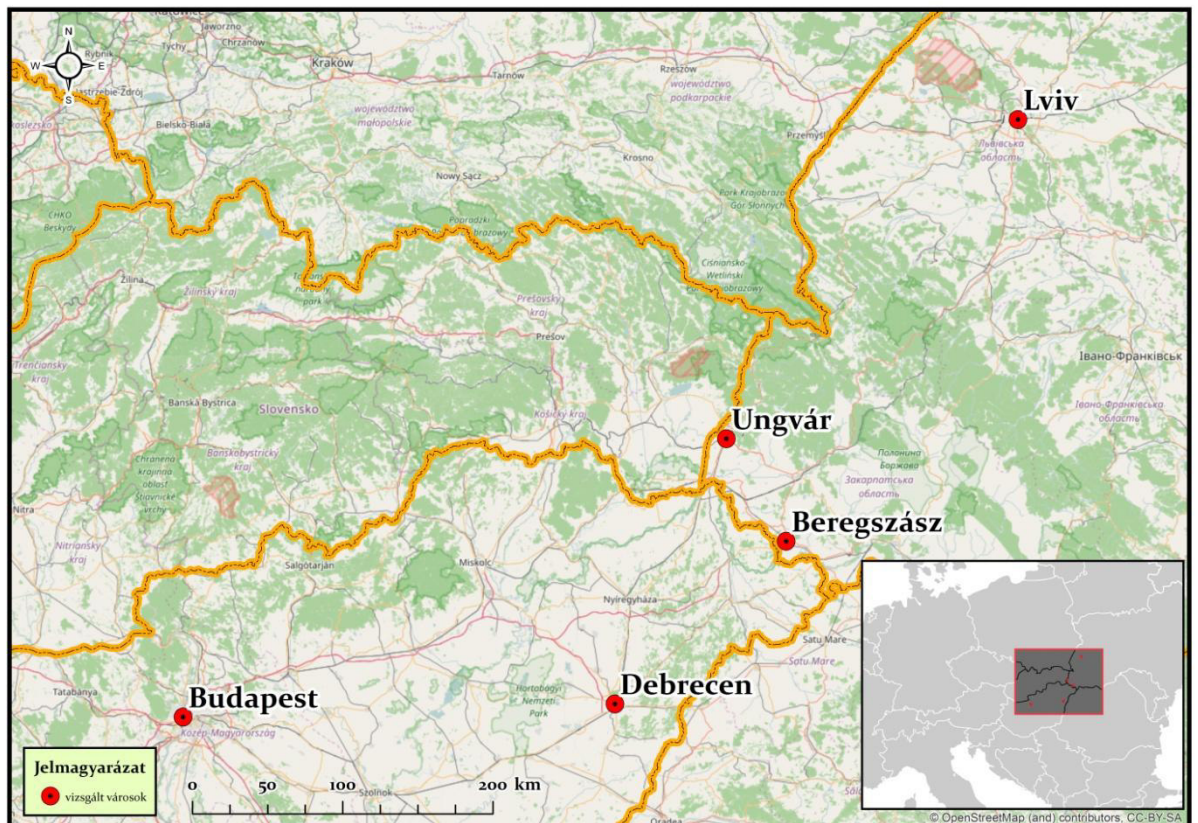
Debrecen városa, a Hajdúhát és a Nyírség közelében fekszik. A Nyírség homokos terület, északról lejt dél felé, nyugati határa a Tócsa-patak völgyénél húzódik. A Hajdúhát löszös terület, nyugati irányba lejt. Debrecen egész területe a Nyírségen helyezkedik el. Jelentős magasságkülönbségek nincsenek, a Református Kollégium falában elhelyezett magassági pont 119,6 méterre van a tengerszinttől.

Az évi átlaghőmérséklet 10 °C körüli. A legmelegebb hónap a július +21 °C, a leghidegebb pedig a január -2 °C átlaghőmérséklettel. A téli hónapokon kívül gyakoriak az áprilisi vagy májusi fagyok.

A domborzat és a csapadék összefüggéseinek vizsgálata az 1970-es években indult nagy fejlődésnek a szinoptikus meteorológiában. Ez alapvetően a numerikus előrejelzési modellek fejlődésének, de nem kevésbé az első radarhálózatok és a

műholdas megfigyelések következménye volt. Erről az új fejlődésről áttekintést nyújt Bodolainé-Jakus–Homokiné-Ujvári 1984-es tanulmánya.

Lviv város a lemergi dombságon fekszik. Tengerszint feletti átlagos magassága 289 m. A város legmagasabb pontja a Várhegy, 409 m-es tengerszint feletti magassággal. Történelmileg a város a Poltva folyó (a Nyugati-Bug egyik mellékfolyója) mellé épült, de medrét a 19. században beépítették, és a város alatt egy csatornán vezették keresztül. A folyó ma is keresztül folyik a városon. A város a közép-európai fő vízváltáson fekszik, amely a Balti-tenger és a Fekete-tenger medencéjét választja el egymástól. Ennek megfelelően a várostól északra a Bug a Balti-tengerbe, délre a Dnyeszter a Fekete-tengerbe ömlik. A város így vízhiányos területen helyezkedik el. Lemberg éghajlata mérsékelt szárazföldi. A középhőmérséklet januárban $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$, júniusban $+18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Az éves csapadékmennyiség 660 mm. Az év napjainak kicsivel több, mint felében felhős az égbolt. A legmagasabb hőmérsékletet, $+37\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot, 1921 szeptemberében mérték, a leghidegebbet 1929 februárjában, $-35,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot.



1. ábra. A választott városok földrajzi elhelyezkedése.

2. AZ IDŐJÁRÁS ELŐREJELZÉS FEJLŐDÉSE

2.1. Az előrejelzés kialakulása

A legkorábbi megfigyelések a légkör jelenségeivel kapcsolatosan az ókori civilizációktól indulnak. A meteorológia szó görög eredetű, Arisztotelész (görög filozófus) használta először, az ő nevéhez fűződik az első meteorológiai tankönyv megírása is, Hippokratész volt az, aki i. e. kb. 400 évvel megírta az első éghajlattant (Makra, 1995; Boros, 2009).

Nagy lépést kell tennünk ahhoz, hogy a légkörben lezajló fizikai folyamatok megismeréséhez érkezzünk, hiszen ezt csak az elmúlt évezredben érte el a tudomány (Vissy, 2003). A nedvességmérő műszer tervét Leonardo da Vinci 1500 táján készítette el, 1597-ben pedig Galilei szerkesztett meg egy termoszkópot a levegő hőmérsékletének mérésére, később ez lett a hőmérő. Az első higanyos hőmérőt Gabrielle Fahrenheit készítette 1714-ben. 1731-ben Anders Celsius szerkeszti meg a ma is használt hőmérőbeosztást (Makkai–Imecs, 2006). Az első méréseknél még nem voltak egységes és pontos mérőműszerek, valamint mérési módszerek sem (Péczy, 1979).

A XVIII. században a meteorológiai műszerek már egységesek voltak, megvolt a készítési elv, így tehát lehetőség nyílt a meteorológiai mérésekre, elindulhatott a klimatológia fejlődése (Makra, 1995).

A Mannheimi Társaság (Societas Meteorologica Palatina) 1780-ban kezdi el meteorológiai állomások adatait összegyűjteni és azokat kiértékelni, így ezt a dátumot tekinthetjük az újkori meteorológia kezdetének. Szintén a Mannheimi Társasághoz kapcsolódik Európa első egységes megfigyelő hálózatának a létrehozása.

Lavoisier (1743–1794) – az időjárás előrejelzés szabályairól már részletes képet ad, hiszen indítványozta, hogy a légnyomást, a páratartalmat, valamint a szél sebességét és irányát naponta mérjék meg.

Lomonoszov (1711–1765) és Benjamin Franklin (1706–1790) azt a megállapítást tartották helyesnek, hogy az időjárás vándorol, mivel a változásoknak a fő oka a légáramlásokban rejlik (Czelnai, 1993).

Henrick W. Brandes (1777–1834) német meteorológus – aki megalkotta az első Európára kiterjedő időjárás térképet – nevéhez fűződik a bárikus széltörvény, amely a

szélirány és a légnyomás eloszlásának az összevetése, de mindez Buys Ballott nevével vált ismertté. A térképek, melyeket Brandes használt szinoptikusak.

1844-ben megkezdte működését a világ első elektromágneses elven működő távíró vonala Washington–Baltimore közt, melynek alapját Samuel F. B. Morse 1832-ben feltalált elektromágneses távírója, és a távíróhoz kidolgozott „Morse-kódja” képezte. Ennek köszönhetően Elias Loomis (Yale Egyetem professzora) olyan időjárási térképeket készített, amelyeken szigorúan egyidejű meteorológiai megfigyelések adatai szerepeltek. 1851-ben a londoni Hyde Parkban felépített Kristálypalotában megrendezett első világhiállításon a technika vívmányai között bemutatott néhány olyan időjárási térképet, melyek táviratok alapján készültek.

Az első időjárás jelentő intézet létrehozása Le Verrier nevéhez fűződik, és az 1854. november 14-én lezajlott balaklavai csatához vezethető vissza, amikor az angol-francia had súlyos károkat szenvedett egy hirtelen érkező, pusztító vihar miatt. 1856-ra kiépült a 24 állomásból álló francia megfigyelő hálózat, amelyet 1864-re már 500 állomás alkot.

1947 – Genf székhellyel létrejött az ENSZ felügyelete alatt működő Meteorológiai Világszervezet, amely szervezi és irányítja a Föld különböző területein lévő mérőállomások munkáját (Czelnai et al., 1991). Az első nyilvános valószínűségi előrejelzést Cleveland Abbe készítette 1869-ben.

2.2. A numerikus előrejelzés

A numerikus időjárás előrejelzés – valós időjárási adatokat alapul véve matematikai modelleket alkalmaz lokális vagy globális időjárási viszonyok meghatározására. Egy integrált, és részeiben összehangolt előrejelző rendszer. A légkör állapotváltozásainak fizikai módszerek alkalmazására alapozott meghatározására az első számításokat a bécsi egyetem geofizikus professzora: Felix M. Exner hajtotta végre, mára viszont ez csak próbálkozásként jegyezhető. Az ő munkájától eltér a numerikus időjárás prognosztika mába elvezető története, amely Skandináviában kezdődik, a XX. században. Vilhelm Bjerknes 1904-ben publikált tanulmányában kifejtette, hogy megítélése szerint az időjárás előrejelzésének problémája annak a dinamikai egyenletrendszernek a megoldási problémája, amely a légköri folyamatok fizikájának alaptörvényeit fejezi ki, és

amelyhez a kezdőfeltételeket a szimultán időjárási megfigyelések készlete jelenti (Götz, 2001).

Vilhelm Bjerknes az időjárás numerikus előrejelzésében az egyenletek grafikus, illetve vegyes numerikus–grafikus megoldásában látta a jövőt. A numerikus időjárás előrejelzés történetét Angliában tudjuk folytatni, innen származik ugyanis Lewis Fry Richardson, aki az igazi áttörést hozta meg, hiszen a numerikus prognosztikai kísérletek részletes leírását alkotta meg. Kidolgozott egy egyenletrendszer, amelyben felírta a megmaradási törvényeken alapuló egyenleteket, és az 1910-es években hozzálátott azok megoldásához, ám a megoldásához 64 ezer emberre lett volna szükség, hogy olyan gyorsan tudjanak haladni, mint a légköri folyamatok. Ebből kifolyólag is nagy lett az igény a számítógépekre. Neumann János hozza meg az áttörést, aki a számítógépek felhasználási lehetőségeként említi a meteorológiai előrejelzések készítését. 1955–1965 időszakában megjelenik a korszerű előrejelzés. Új megfigyelési technológiák jelentek meg, mint például az időjárási műholdak vagy az időjárási radar, hatást gyakorolva az előrejelzés fejlődésére. Alkalmazásukkal teljes képet kapunk Földünk légköréről. Ezt követően a 90-es években kezdték tömegesen alkalmazni a számítógépes előrejelzést, és mára már számos modell előrejelzései közül választhatunk.

A légkör csapadékfolyamatai a szinoptikus meteorológia talán legkomplexebb probléma együttesét alkotják. Ezekbe a folyamatokba szinte minden légköri mozgás beépül. A pontos előrejelzéseknek a csapadékfolyamat sajátos tér-időbeli léptéke szab határt, valamint egyéb elméleti nehézségek okozták, hogy hosszú ideig az előrejelző szolgálatok a csapadéokra vonatkozólag csak alternatív prognózisok kiadására korlátozódtak (Bodolainé-Jakus, 1996).

A csapadékfolyamatok fizikai, mennyiségi tanulmányozását Magyarországon először Bodolai István tűzte ki célul, 1955-ben, munkájában kiemeli, azokat a feltételeket, amelyek numerikus módszerekkel közelíthetőek. A csapadékképződéshez figyelembe kell venni a specifikus és relatív nedvességet, a hőmérséklet és a nedvesség advekciónak, a termikus és dinamikus konvekciót, a felhőzet kolloidális instabilitását. A vertikális mozgások közül nemcsak a nagytérségű, hanem a súrlódási vergencia által kiváltott vertikális sebességet is számítani kell.

Számos olyan meteorológiai jelenséget ismerünk, amelynek mivolta két lehetséges állapotot vehet fel: van vagy nincs. Ugyanígy ezen események legegyszerűbb prognózisa: lesz vagy nem lesz. Így a jelenség és előrejelzése között négyféle kimenetel

lehetséges (Mason, 2003). Tehát két út vezethet a prognózis helyességéhez és további két út annak hibás voltahoz (Steierlein, 2014).

Dunayné-Szokol (1961) tanulmánya, amely az első diagnosztikai csapadékszámítások közé tartozik, hogy elkerülje más természetű vertikális sebességek számítását, a csapadékmennyiséget okkudálódó ciklon nem frontális régiójában határozta meg. Feltevése szerint ezeken a területeken a csapadékkeltés döntő tényezője a nagytérségű vertikális feláramlás. Esetében a számított értékek elég jól követték a tényleges értékeket. A ciklon hátoldalán a nagy területre kiterjedő rendezett feláramlás több napon át tartó csapadéktevékenységet eredményezett, ami a diagnosztikai számításokkal jól követhető volt.

Ezt követően Bodolai István újabb munkájában a csapadék kialakulásának folyamatát és előrejelezhetőségét tanulmányozva arra a következtetésre jutott, hogy reális csapadék-előrejelzésekhez a nagytérségű vertikális sebesség kiszámításán kívül a front által indukált vertikális feláramlás figyelembevétele is szükséges. Az első számítási kísérletek, amelyek a frontok által érintett közép európai állomásokra vonatkoztak, jó eredménnyel zárultak. Esetenként mindössze 1 mm volt a számított és a mért csapadékmennyiség eltérése.

A frontális csapadékmennyiség kialakulási feltételeinek és a csapadékmennyiség kiszámítási módszereinek eredményeit, kiegészítve előrejelzési útmutatásokkal is, egy Kis Kiadvány (Bodolai–Bodalainé-Jakus, 1964) foglalja össze.

Az előrejelzés folyamatának főbb lépései a mérés, az adatok asszimilációja, a modellfuttatás, az utófeldolgozás és a kapott eredmények közzététele.

A csapadékmennyiség előrejelzésének kutatási irányai négy fő csoportba sorolhatók: 1. dinamikai, 2. empirikus-szinoptikai, szinoptikus klimatológiai, 3. statisztikai, 4. kombinált eljárások (Bodolainé-Jakus, 1985).

2.3. Időjárás előrejelző modellek

Az időjárás előrejelző modell határozza meg az előrejelzési tartományra, pontosabban az abban felvett háromdimenziós rácsra, adott időlépésenként a meteorológiai állapothatározók várható értékeit (Radnóti, 2003). Az előrejelzési modellt a légkört kormányzó fizikai törvények matematikai formája alkotja, ezeket pontosan viszont csak a meteorológiai állomások környezetében ismerjük, de az állomások eloszlása nem azonos, ezért a kezdeti értékeket először egymástól azonos távolságra vett pontokra, kell

interpolálni, ezek alkotják a modell rácspontjait. A rácspontok száma véges, de minél több rácspontot használnak, annál pontosabb az előrejelzés. Ahogy a számítógépek sebessége nőtt, úgy nőtt a rács pontok száma is. Az egymáshoz egyre közelebbi rács pontok azt jelentik, hogy egyre kisebb és kisebb skálájú jelenségeket tudnak előrejelezni. A mostani és a jövő idő közötti hőmérsékletváltozást összesítve a pillanatnyi hőmérséklettel megkapjuk a jövőbeli hőmérsékleti értékeket (Böloni et al., 2013). Az időjárás előrejelző modellek típusai: heurisztikus, empirikus, fogalmi, analitikus, numerikus.

A globális modellekkel technikailag lehetetlen regionális térskálán is megfelelő pontosságú becsléseket készíteni. Ezt elfogadva lett kidolgozva egy módszer, az úgynevezett beágyazott modellekkel való szimuláció. A globális modellek eredményeit bemenő paraméterként felhasználó korlátos tartományú beágyazott modellek képesek a nagyskálájú változásokat lebontani területileg finomabb skálára. Ennek köszönhetően a regionális modellek felbontása mára akár 5–10 km is lehet, így kisebb térségek pontosabb éghajlati leírását teszi lehetővé (Bartholy–Pongrácz, 2006).

Napjainkban nagymértékben elterjedt az Ensemble előrejelzés, amely esetében több előrejelzést készítenek csekély mértékben eltérő inicializációval, ez esetben, ha az előrejelzések hasonlóak, akkor az előrejelzés megbízhatósága nagyobb. Ha viszont az előrejelzések lényeges mértékben eltérnek egymástól, akkor az előrejelzés megbízhatósága kisebb. Az Ensemble előrejelzés utólagos feldolgozásra kerül, a legfejlettebb ilyen utófeldolgozó rendszert az University of Washington fejlesztette ki. Az Ensemble előrejelzéseket alkalmazzák a repülésmeteorológiában is, ám azon területen a legtöbb módszerben a SPECI (különleges időjárás-jelentő távirat) táviratok értékelése is jelen van, amelynek szerepe kétségtelenül jelentős a heves, ámde rövid ideig tartó időjárási események verifikálása szempontjából (Fuller, 2003; Kleupfel, 2005). A hibákból adódó bizonytalanságok számszerűsítésére alkalmas az ensemble technika. Az ensemble módszer lényege, hogy különböző kezdeti feltételekből indítják el a modellt. A különböző kezdeti feltételek előállítására többféle matematikai módszert is alkalmaznak (Götz–Rákóczi, 1981). Az alapelgondolás szerint az úgynevezett kontroll tag kezdeti állapotát a determinisztikus modellből származtatják, azonban a kontroll modell horizontális felbontása fele a determinisztikus modellének. Az így kapott kezdeti feltételt megfelelő hibahatáron belül módosítják, és egyidejűleg több modellfuttatást indítanak el. Tehát a több előrejelzést együttesen vizsgálják. Az ensemble módszerrel nemcsak egy konkrét előrejelzést kapunk eredményül, hanem információval szolgál az

egyres időjárásí események bekövetkezésének valószínűségeiről. Valószínűségi eloszlásfüggvényeket társíthatunk az egyes modellfutásokhoz (Horányi et al., 2013). Az ensemble adat asszimiláció módszerénél több adatasszimilációs ciklust futtatunk párhuzamosan, és hibahatáron belüli perturbált (zavart) megfigyeléseket tesznek a mérésekre, így határozzák meg a kezdeti feltételek bizonytalanságait (Isaksen et al., 2010).

Az Európai Középtávú Időjárás Előrejelző Központ (ECMWF, European Centre of Medium Range Weather Forecast) 1975-ben 18 ország összefogásaként alakult meg. A 70-es évek végétől lehetőség nyílt együttműködő tagként csatlakozni a szervezethez. Magyarország a kelet-közép-európai országok közül elsőként élt ezzel a lehetőséggel, és 1994. július 1-én csatlakozott az ECMWF-hez (Kaba, 1995). Jelenleg 20 teljes jogú tagja és 14 társult tagja van a szervezetnek. Az ECMWF központban több módszert egyszerre használnak a kezdeti feltételek megalkotásában. A szinguláris vektorok módszerét és az ensemble adat asszimilációs módszert alkalmazzák, emellett a modell integrálás során a modell fizikai sajátosságaiból adódó hibákat is figyelembe veszik.

A determinisztikus modell kezdeti feltételeit négydimenziós variációs adat asszimilációs eljárással állítják elő, amely során figyelembe veszik a meteorológiai megfigyeléseket és a modell korábbi előrejelzéseit, az aktuális kezdeti mező időpontjára vonatkozóan. A modellt naponta kétszer, 00 UTC-s és 12 UTC-s kezdeti meteorológiai mezőkből indítják el és 10 napos előrejelzést készítenek. A modell horizontális térbeli felbontása 16 km, vertikálisan pedig 137 légnymási szintet tartalmaz. Így a determinisztikus modell finomabb térbeli felbontása miatt jobban kirajzolódnak a domborzatból eredő eltéréseket. Viszont a részletességéből adódóan több időt igényel a számítások elvégzésére. Az EPS (Ensemble Prediction System) valószínűségi előrejelzések horizontális és vertikális felbontásai gyengébbek, mint a determinisztikus modellé, így egy simított, egységesebb képet kapunk eredményül. A jelenleg használt modellverzió horizontális térbeli felbontása 32 km és 91 vertikális modell szintből áll (Mátrai, 2015).

2006 novemberétől naponta kétszer, 00 UTC-kor és 12 UTC-kor, 15 napra előre készítenek előrejelzést a VAREPS (Variable Resolution Ensemble Prediction System (Változó Felbontású Ensemble Előrejelző Rendszer)) rendszer keretében (Buizza et al, 2006). Az előrejelzés a 10. napig a megszokott térbeli felbontásban fut, majd ezután alacsonyabb 11 felbontással megy el a 15. napig. Az időbeli felbontására következő a jellemző: 168 óráig 3 óránként, 168 és 360 óra között pedig 6 óránként áll rendelkezésre

modell előrejelzés. 2008 márciusától a 15 napos előrejelzési rendszer minden csütörtökön lefut egy 32 napos időszakra is, ami megfelel a havi előrejelzésnek. Hasonló elgondolás szerint használják a modell térbeli felbontást, mint a 15 napos előrejelzéseknél. A havi előrejelzések 15. napján a modell térbeli felbontása megváltozik, lecsökken és így fut a 32. napig (Ihász, 2009).

Ha a modellfutások között az eltérés kicsi, akkor jó az előrejelzés megbízhatósága, ha viszont nagyon széttartanak az előrejelzések, akkor a megbízhatósága kicsi lesz. Az időjárási helyzet bonyolultságától függ, hogy mennyire futnak együtt az egyes tagok.

A nemzeti meteorológiai szolgálatok többnyire a nemzetközi együttműködésekben valósítják meg a modellezési elképzeléseiket és az operatív modellfuttatási igényeik kielégítését. Globális numerikus modellek fejlesztésére és futtatására csak a legnagyobb meteorológiai szolgálatok vállalkozhatnak, s nincs ez másképpen Európában sem, ahol az angol, a francia és a német szolgálat rendelkezik globális előrejelző modellel. Ezek mellett a numerikus prognosztika egyik legjelentősebb nemzetközi együttműködése az ECMWF (European Centre for Medium–Range Weather Forecasts, azaz Európai Középtávú Előrejelző Központ), amelyet az európai nemzeti meteorológiai szolgálatok azzal a céllal hívtak életre, hogy operatív középtávú előrejelzéseket készítsenek és végrehajtsák az ehhez elengedhetetlenül szükséges fejlesztési és kutatási feladatokat. Az ECMWF IFS modell az elmúlt évtizedekben átlagosan 10 évente 1 napos időelőnyre tett szert az előrejelzések beválására vonatkozóan, azaz például napjainkban a 8 napos előrejelzés olyan jó, mint 10 éve a 7 napos volt (Böloni–Horányi, 2013).

3. AZ ADATBÁZIS ÉS AZ ALKALMAZOTT MÓDSZEREK

3.1. Az adatbázis

3.1.1. Előrejelző oldalak, és az általuk alkalmazott modellek

Az interneten hozzáférhető előrejelzéseket sokan választják, de mivel pontosságuk az előrejelző modellek sajátosságaiból adódóan nem tökéletes, kutatásunk adatbázisát éppen ezek az interneten hozzáférhető előrejelzések képezik. A vizsgálatok során a Budapestre, Debrecenre, Beregszászra, Ungvárra és Lembergére – azaz a tágabb térségünkre – vonatkozó előrejelzéseket és mért adatokat dolgoztuk fel, amelyek szabadon hozzáférhetőek az interneten.

Az elemzésekhez öt előrejelző oldal 1–7 napra, tehát középtávra vonatkozó hőmérsékleti és csapadék előrejelzéseit töltöttük le naponta, 2015. szeptember 1-től 2016. december 31-ig. A választott öt előrejelző oldal:

- Országos Meteorológia Szolgálat: www.met.hu
- Meteoprog: www.meteoprog.hu
- Rp5: www.rp5.ru
- Gismeteo: www.gismeteo.ua
- Weather Online: www.weatheronline.com.uk

Az Rp5 (www.rp5.ru) nem ad hét napos előrejelzést, így esetében hattól az egy naposig tartó előrejelzések kerültek rögzítésre.

A napi időjárási adatokat a Kárpátaljai Hidrometeorológiai Központ honlapjáról (www.gmc.uzhorod.ua), illetve az Országos Meteorológia Szolgálat internetes portáljáról töltöttük le. Az előrejelzett és mért adatok alapján, táblázat formájában összeállítottuk az adatbázist.

A választott városok földrajzi elhelyezkedése mellett, az egyik legmeghatározóbb befolyásoló tényező az előrejelzések elkészítésében az előrejelző oldalak által alkalmazott modellek közötti különbségből adódhat.

A Meteoprog, az Rp5 illetve a Gismeteo előrejelző oldalak a WRF numerikus időjárás előrejelző modellt alkalmazzák, amely a GFS alapadatait használja fel. A WRF egy numerikus időjárás előrejelző modell, amelyet az amerikai Nemzeti Légkör Kutató Központ (NCAR), az amerikai Nemzeti Óceáni és Meteorológiai Szolgálat (NOAA)

továbbá több egyetem és kutatóintézet együttes munkájával fejlesztenek és a világban sokfelé alkalmaznak kutatásra és operatív előrejelzésre egyaránt. Frissítési időköz 6 és 12 óra, változó rácsfelbontás: 2,6 km, 4 km, 900 m. A Meteoprog számítógépes modellezése az Ukrajnai Ökológiai és Vízügyi Központban (UÖVK) történik, ez a projekt az UÖVK és a FanMedia internetes vállalat közös erőfeszítéseinek segítségével jött létre (Frankovits, 2014).

A Weather Online és az Országos Meteorológiai Szolgálat az ECMWF (Európai Középtávú Előrejelző Központ) modell alapján készíti előrejelzéseit. Az Európai Középtávú Előrejelző Központ 1975-ben nemzetközi összefogásként jött létre (Woods, 2005). Célja egy egységes, globális rendszer kidolgozása és alkalmazása volt, mellyel megbízható középtávú (2–10 napos intervallumra vonatkozó) előrejelzést lehet készíteni. Előnye, hogy nem szükséges minden országnak saját előrejelzési modellt készíteni, a modellezésre fordítható erőforrások összeadódnak. Mivel a modell futtatása globális rácshálózaton történik, így külső modellre sincs szükség a körülvevő hatások ismeretéhez, mint ahogy azt egy lokális modellnél figyelembe kellene venni (Ihász, 2008).

Az ECMWF központjában több egyedülálló előrejelzési technikát is alkalmaznak. Itt készítenek egyedül ún. reforecast előrejelzéseket, amely egy elmúlt időbeli periódusra vonatkozó előrejelzést készít az akkori mérési adatokból az aktuális modell segítségével (Hagedorn, 2008). Ennek fontos szerepe van a mért és az előrejelzett modellklíma összehasonlításán alapuló kalibrációs eljárásoknál, hiszen egy korábbi modell eredményeit felhasználva nem következtethetünk kellő pontossággal az aktuális modell hibáira.

2003-tól az ECMWF központ naponta kétszer indít finom felbontással készített, 10 napos, rövidtávú előrejelzést és hetente egyszer 32 napos, durvább rácsfelbontású előrejelzést (Vitart et al., 2008).

3.1.2. A Péczy-féle makroszinoptikus helyzetek

Szakdolgozatomban egyik vizsgált tényező, a Péczy-féle makroszinoptikus helyzetek. Az első tényleges makroszinoptikus helyzetekre vonatkozó osztályozást több mint 70 évvel ezelőtt hozták létre Bauer és Társai (1944), melyet Hess és Brezowsky 1952-ben dolgozott át (Hess–Brezowsky, 1952). Ez utóbbi osztályozás alapján egyre több országban készültek el egyedi makroszinoptikus osztályozások (Vaszkó, 2014). A Kárpát-medencét középpontba állító makroszinoptikus osztályozást Péczy György

végezte el 1957-ben. A Péczy-kódok megalkotásakor figyelembe vette a cirkulációs alaphelyzetek földrajzi helyzetből eredő helyi módosulásait, mint az Alpok, a Kárpát-medence és a Földközi-tenger módosító hatásai. Péczy tizenhárom helyzetet különített el figyelembe véve az áramlás irányát (Péczy, 1983; Sebestyén, 2013).

Északias légáramlással kapcsolatos helyzetek (Lásd: Melléklet (Bécsi et al., 2004))

1. mCc: a térség egy kelet-európai ciklon hátoldali áramrendszerében található
2. AB: anticiklon a Brit-szigetek fölött
3. CMc: Kárpátalja egy mediterrán ciklon hátoldali áramrendszerében található

Déli légáramlással kapcsolatos helyzetek

4. mCw: területünk egy nyugat-európai ciklon előoldali áramrendszerében található
5. Ae: anticiklon országunktól keletre
6. CMw: egy mediterrán ciklon előoldali áramrendszeréhez tartozik

Nyugatias légáramlással kapcsolatos helyzetek

7. zC: zonalális, ciklonális
8. Aw: nyugat felől kiterjedő anticiklon
9. As: anticiklon országunktól délre

Keleties légáramlással kapcsolatos helyzetek

10. An: anticiklon tőlünk északra
11. AF: anticiklon Fennoskandinávia fölött

Centrum helyzetek

12. A: anticiklon a Kárpát-medence fölött
13. C: ciklon a Kárpát-medence fölött

A Péczy-féle makroszinoptikus típusok napi katalógusa először az 1877–1956 közötti időszakra készült el, mely később kiegészült 1982 végéig (Péczy, 1983). 1984-től az időjárási típusok napi osztályozását Károssy Csaba végzi. Az általunk vizsgált időszakra vonatkozó makroszinoptikus helyzetek tipizálását szintén Károssy Csaba készítette, valamint ő osztotta meg velünk ezeket az adatokat, egy készülőben lévő újabb katalógusból, ezúton is szeretnénk köszönetünket kifejezni érte.

3.2. Alkalmazott módszerek

Számos tudományos munka szemlélteti, hogy nincs egy egységesen elfogadott, jó verifikációs módszer, így például térségünkben is eltérő módszerekkel végzik a

prognózisok bevalásának ellenőrzését (Steierlein, 2014). A rövid-, és középtávú alapprognózisok bevalásának vizsgálata is megtörténik egy verifikációs eljárással. Az előrejelzések ilyen jellegű verifikálásának szükséges feltétele, hogy a prognózisok kódok formájában is előálljanak. A számszerűsített produktum az ismert adatok tükrében egyszerű módon értékelhető ki.

Az előrejelző szakember a numerikus modellek és az elkészült különféle produktumok alapján, valamint saját tapasztalatai és a szinoptikus klimatológiai sajátosságok figyelembe vételével minden nap elkészít egy kódfile-t. A verifikációs eljárás során az egyes körzetekre meghatározott előrejelzett-tényleges értékpárok állnak elő, melyekből a legkülönbébb statisztikai mérőszámok határozhatók meg (átlagos hiba, átlagos négyzetes hiba négyzetgyöke stb.). Ez a rendszer képes arra, hogy a minimum-, és maximum-hőmérséklet előrejelzését objektív módon verifikálja (Merics, 2012).

A modell előrejelzések bevalásának kiértékelése (verifikációja) során az előrejelzések és megfigyelések értékeiből származtatott valamilyen mérőszámot vizsgálunk (Csima, 2003; Tajti, 2009).

A kontingencia tábla értékeiből számított verifikációs mérőszámok mindegyike lényeges információval bír, de egyetlen számként az előrejelzés helyességét nem tudják minden tekintetben jellemezni (Jolliffe–Stephenson, 2003).

A verifikáció vizsgálatokor gyakran előállítanak Heidke skill score (HSS) értékeket, melynek képlete:

$$\text{HSS} = 2 (ad - bc) / \{ (a + c)(c + d) + (a + b)(b + d) \}.$$

Ugyanis ez a kategorikus előrejelzések verifikációja során az egyik legszélesebb körben alkalmazott bevalási tényező, amelynek egyik oka, hogy kiszűri a véletlenszerű eseményeket (Nurmi, 2003). Ha a $\text{HSS} > 0$, akkor azon esetek számának aránya kisebb, amikor az esemény előre volt jelezve, de nem következett be, mint amikor előre volt jelezve és be is következett. Amennyiben a $\text{HSS} = 0$, az előrejelzéseknek nincs valós információ tartalma, véletlen prognózisról beszélünk. Ha a HSS értéke 1, akkor az előrejelzések tökéletesek (Jolliffe–Stephenson, 2003).

Pátkai Zsolt verifikációra vonatkozó kutatása szerint: „A hőmérsékleti minimum előrejelzések átlagos abszolút hibája alapján az elmúlt években, minden időtávra a szinoptikusok által végzett előrejelzések hibája a legkisebb (1 °C körül), ezt követi az ECMWF 1,3–1,5 °C-kal, végül a sort az ALADIN zárja 2 °C-ot is elérő hibával. 2009-

ben középtávon valamelyest csökkent a különbség. A maximum hőmérséklet esetén is ugyanaz a beválási sorrend, mint a minimumnál, az ALADIN rosszabb produktumokat mutat, mint az ECMWF.” Több évre visszatekintve megállapítható, hogy míg 2004-ben az első napra az ALADIN 1,8 °C körüli hibája megegyezett a szinoptikus harmadik napra vonatkozó hibájával, addig 2009-ben ez már kitolódott negyedik napra (Pátkai, 2011).

Munkánkban statisztikai adatfeldolgozást végeztünk, amely kezdő lépéseként meghatároztuk a jelzett és mért hőmérsékleti és csapadék előrejelzett és mért értékek közötti eltérést, valamint előrejelzett és mért értékek közötti abszolút eltéréseket. Az adatfeldolgozás emellett a következőkre terjedt ki:

➤ **Az előrejelzett és mért adatok eltéréseinek átlagolására:**

$$\bar{x}_e = \frac{\sum_1^n (x_{ei} - x_{mi})}{n}$$

- \bar{x}_e – előrejelzett és mért adatok eltéréseinek átlaga (átlagos hiba, ME)
- x_{ei} – az előrejelzett értékek i-edik tagja, $i = 1, 2, 3, \dots, n$
- x_{mi} – a mért értékek i-edik tagja, $i = 1, 2, 3, \dots, n$
- n – esetek száma

➤ **Az előrejelzett értékek átlagos abszolút eltéréseinek meghatározására a mért értéktől:**

$$\bar{x}_{ea} = \frac{\sum_1^n |x_{ei} - x_{mi}|}{n}$$

- \bar{x}_{ea} – az előrejelzett és a mért adatok átlagos abszolút eltérése (átlagos abszolút hiba, MAE)
- x_{ei} – az előrejelzett értékek i-edik tagja, $i = 1, 2, 3, \dots, n$
- x_{mi} – a mért értékek i-edik tagja, $i = 1, 2, 3, \dots, n$
- n – esetek száma

➤ **Az előrejelzett értékek átlagos négyzetes eltéréseinek négyzetgyökére a mért értéktől (átlagos négyzetes hiba négyzetgyöke, RMSE):**

$$\bar{x}_{en} = \sqrt{\frac{\sum_1^n (x_{ei} - x_{mi})^2}{n}}$$

- x_{ei} – az előrejelzett értékek i -edik tagja, $i = 1, 2, 3, \dots, n$
- x_{mi} – a mért értékek i -edik tagja, $i = 1, 2, 3, \dots, n$
- n – esetek száma

Az átlagos hiba (ME) értéke mínusz végtelentől plusz végtelenig terjedhet, optimális értéke nulla. A nulla hiba azonban előállhat nagy hibák esetén is, a hibák kiegyenlítődéssel. Nem ad pontos értéket az előrejelzés hibáinak nagyságáról, de a szisztematikus alá, illetve fölébecsléseket megmutatja.

Az átlagos abszolút hiba (MAE) tartománya 0 és plusz végtelen közötti, optimális értéke 0. Megadja az előrejelzések hibáinak átlagos nagyságát. Célszerű együtt tekinteni a ME és MAE értékeket.

Az átlagos négyzetes hiba (MSE) és négyzetgyöke (RMSE) értéke nullától végtelenig terjedhet, optimális értéke 0. Érzékenyebbek a nagy előrejelzési hibákra, mint a MAE. (Nurmi, 2003; Imricsák, 2012).

Az átlagos négyzetes hiba számszerű információt ad az előrejelzés megbízhatóságáról. Determinisztikus előrejelzésnél ez az érték az előrejelzett és a mért értékek különbségeinek négyzetével egyenlő (Nurmi, 2003). A négyzetre emelésnek köszönhetően sokkal érzékenyebb a nagy hibákra és a kiugró értékekre, mint a sima átlagoláson alapuló verifikáció, így pontosabb információt adhat az előrejelzés pontatlanságáról. A tökéletes előrejelzés átlagos négyzetes hibája nullával egyenlő, tehát egy kalibrációs eljárás akkor tekinthető sikeresnek, ha a kalibrált előrejelzés MSE értéke kisebb, mint a kalibrálatlané (Németh, 2010).

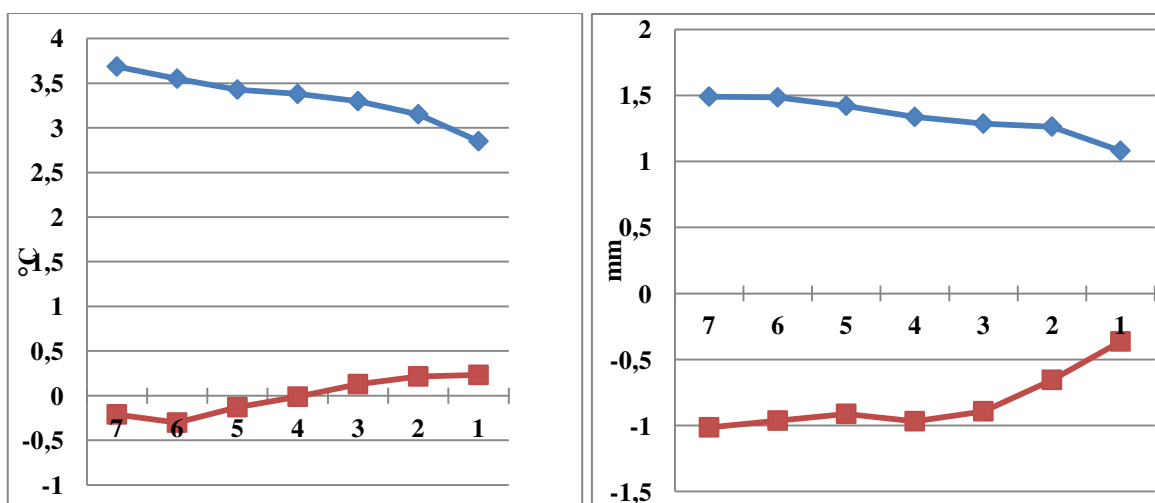
Az adatbázis felépítéséhez, a számításokhoz valamint az eredmények grafikus megjelenítéséhez a Microsoft Excel táblázatkezelő program 2010-es verzióját alkalmaztuk.

4. EREDMÉNYEK

4.1. Az előrejelzések beválása az időtáv, a vizsgált városok és az előrejelző oldalak függvényében

Az időtáv változásával formálódó pontosságot először a teljes időszakot tartalmazó adatbázisra vizsgáltuk. Az 2/a. és 2/b. ábrán térségünk általunk választott öt városára a szintén választott öt előrejelző oldal által adott időjárás előrejelzések átlagai láthatóak kiértékelve.

Meghatározva az előrejelzett és a mért értékek közötti különbségek átlagainak naponkénti változását természetesen bebizonyosodott, hogy az időtáv szűkülésével növekszik az előrejelzések pontossága. A két ábra hasonlóságát az adja, hogy mindkét esetben csökkentek az átlagos abszolút eltérések értékei, illetve az időtáv előrehaladtával az átlagos eltérések értékmutatói is csökkentek. Az átlagos abszolút eltéréseket jelző kék vonal a hőmérséklet esetében 3,6–2,8 °C között változott, a csapadéokra vonatkoztatva ez az érték 1,5–1 mm volt a héttől egy naposig terjedő időskálán.



a. ábra

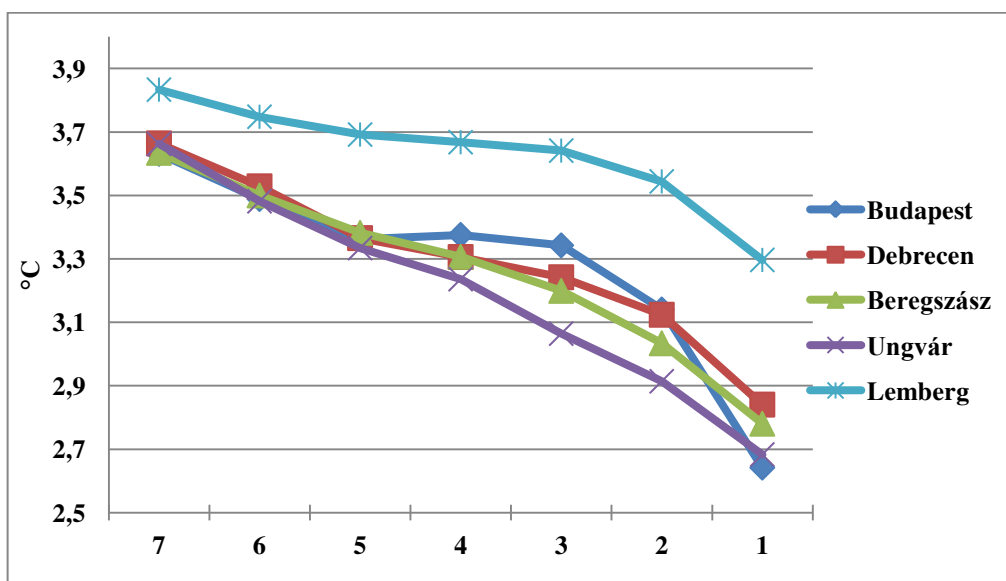
b. ábra

2. ábra. A vizsgált előrejelző oldalak választott városainkra adott hőmérsékletre (a) és a csapadék mennyiségére (b) vonatkozó előrejelzéseinek pontossága a különböző időtávok viszonylatában. A függőleges tengely az előrejelzett és a mért adatok közötti különbségek értékeinek átlagát, illetve a különbségek abszolút értékeinek átlagait tünteti fel, a vízszintes tengely az időtávot jelöli, napokban. A kék vonal az átlagos abszolút eltérések értékeit jelöli, a piros pedig az átlagos eltéréseket az előrejelzett és a mért adatok között.

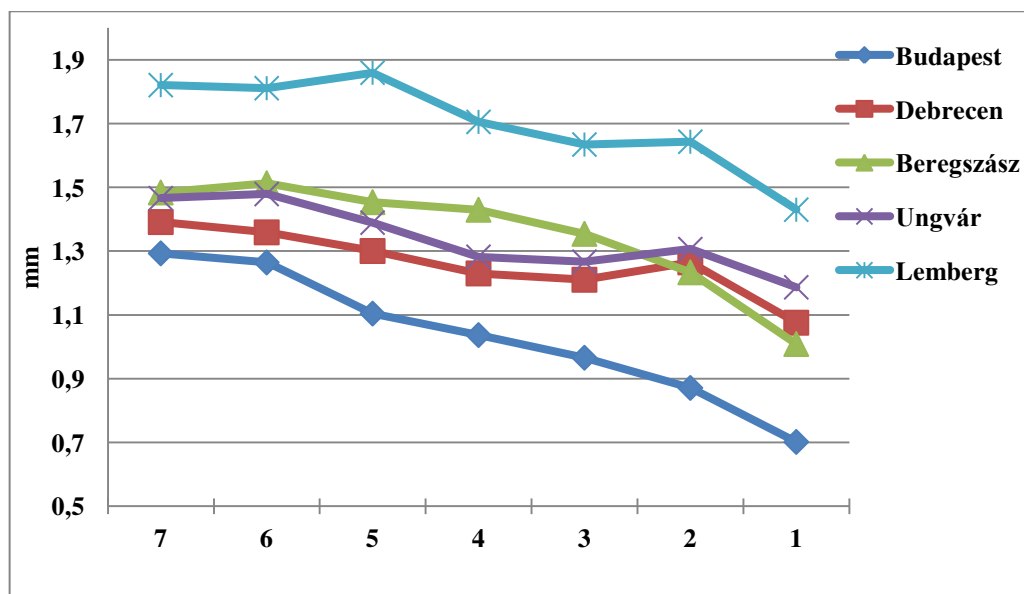
Jelentős különbség viszont a két ábra között (2/a és 2/b), hogy míg a hőmérsékletre vonatkozó értékek átlagos eltérései negatív irányból pozitívba váltakoztak (-0,2–0,2 °C), addig a csapadék előrejelzések az átlagos eltérés alapján végig alacsonyabb értékekkel tértek el a mért adatoktól (-1–(-0,4) mm), tehát az alulbecslések voltak rá jellemzőek.

Térségünk választott városaira más és más éghajlati feltételek hatnak, így a rájuk vonatkozó előrejelzett értékek is különböznek egymástól. A következő ábrák (3. ábra és 4. ábra) választ adnak arra a kérdésünkre, hogyan változott a csapadék, illetve a hőmérsékleti előrejelzések bevalásának pontossága az általunk vizsgált öt városban.

A hőmérsékleti előrejelzések együttes átlagos abszolút eltérését nézve a városok közül csak Lemberg különül el, méghozzá a legmagasabb eltérésekkel (3,8 °C–3,3 °C), ehhez a különjáráshoz Lemberg csatlakozik a csapadék előrejelzések átlagos abszolút eltérésében (1,8 mm–1,4 mm) is, ám a csapadék esetében a másik négy város jobban elkülönül egymástól. A két időjárási tényező előrejelzésében Budapest városára oszlanak meg leginkább az értékek, hiszen míg a hőmérsékleti értékekben az időtáv első felében együtt jár Debrecen, Beregszász és Ungvár városával, majd csak az egynapos előrejelzésekben a legpontosabb (2,6 °C), addig a csapadék értékeknél a teljes időtáv alatt a legpontosabb előrejelzések Budapestre történtek (1,3 mm–0,7 mm). A csapadék előrejelzésében tehát a hét napos időtáv alatt átlagosan 0,6 mm volt a különbség a legpontosabban előrejelzett Budapest és legkevésbé pontos Lemberg értékei között. A hőmérsékleti előrejelzéseknél még Ungvár városát kell kiemelnünk, hiszen a rá vonatkozó előrejelzések az időtáv második felében a legpontosabbak voltak: eltérései a mért értéktől 0,3 °C -kal alacsonyabb értéket mutatnak, mint a Budapestre jelzett adatok, az egynapos előrejelzésekben pedig Budapest csak századokkal előzi meg az Ungvárra történt előrejelzéseket.



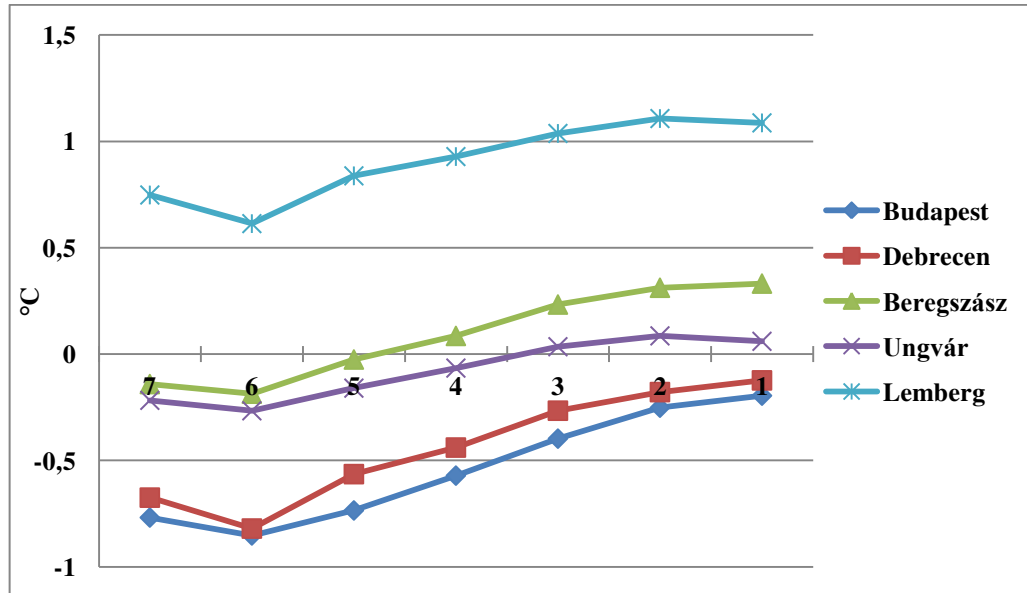
3. ábra. Az egyes előrejelző oldalak hőmérsékleti előrejelzéseinek együttes átlagos abszolút eltérése a mért adatoktól az előrejelzés időtartamának függvényében, városok szerinti felosztásban. A diagram függőleges tengelye az előrejelzett és a mért hőmérsékleti értékek közötti különbségek abszolút értékeinek átlagát jelöli °C-ban megadva, a vízszintes tengely pedig az előrejelzés időtartamát napokban.



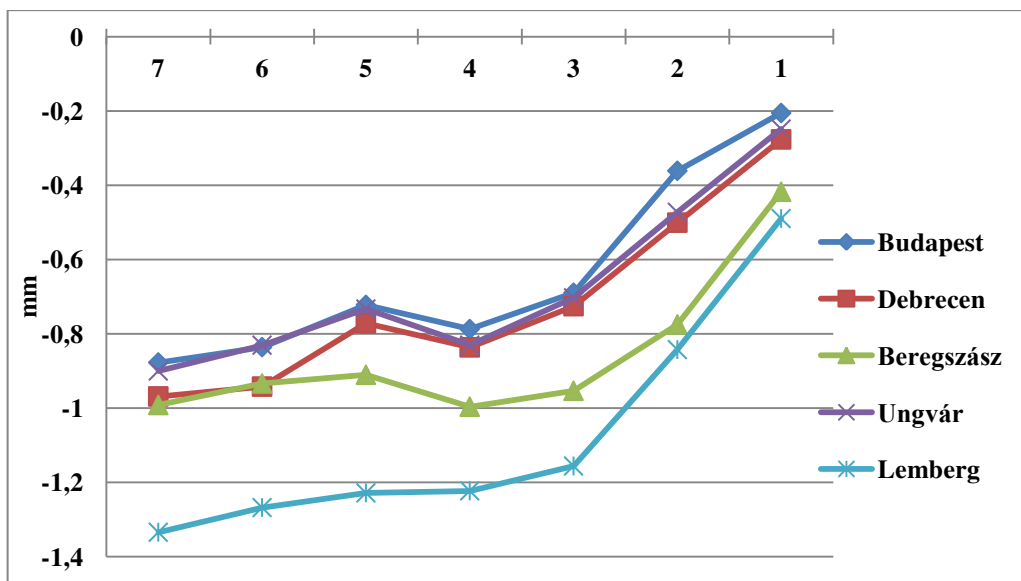
4. ábra. Az egyes előrejelző oldalak csapadék előrejelzéseinek együttes átlagos abszolút eltérése a mért adatoktól az előrejelzés időtartamának függvényében, városok szerinti felosztásban. A diagram függőleges tengelye az előrejelzett és a mért csapadék értékek közötti különbségek abszolút értékeinek átlagát jelöli, a vízszintes tengely pedig az előrejelzés időtartamát napokban.

Érdeemes lehet megvizsgálni, hogyan változott az előrejelzések átlagos eltérése, hiszen így választ kapunk rá, hogy felül- vagy alulbecslések történtek-e többnyire. Következő ábráinkon (5. és 6. ábra) a választott városok szerinti bontásban látjuk az említett átlagos eltéréseket.

Szembetűnő eltérés, hogy a csapadék előrejelzésekre vonatkozó ábrán csak negatív eltéréseket látunk, ez azt jelenti, hogy esetében minden városra és a teljes időtáv alatt alulbecslések történtek, ezzel szemben a hőmérsékleti előrejelzéseket megvizsgálva az látható, hogy Debrecen és Budapest városára csak alulbecsléseket kaptunk, míg Beregszász és Ungvár városára alul- és felülbecslések követik egymást az időtáv szűkülésével. Lemberg városa pedig elkülönülten kizárólag felülbecsléseket mutat. Ez a Lembergre vonatkozó állítás azért is érdekes, mert a csapadék előrejelzések ábráját megnézve épp erre a városra látjuk a legnagyobb mértékű alulbecsléseket. Budapestre látjuk a legpontosabb csapadék előrejelzéseket, eltérésének értékei: (-0,9)–(-0,2) mm, a hőmérsékleti értékeknél viszont már épp ellentétesen a legnagyobb mértékű alulbecsléseket kaptuk Budapestre, amelyek átlagosan -0,4 °C-kal tértek el a mért adatoktól.



5. ábra. A hőmérsékleti előrejelzések átlagos eltérése a mért adatoktól az előrejelzés időtávjának függvényében, városok szerinti felosztásban. A diagram függőleges tengelye az előrejelzett és a mért csapadék értékek közötti különbségek értékeinek átlagát jelöli, a vízszintes tengely pedig az előrejelzés időtávját napokban.



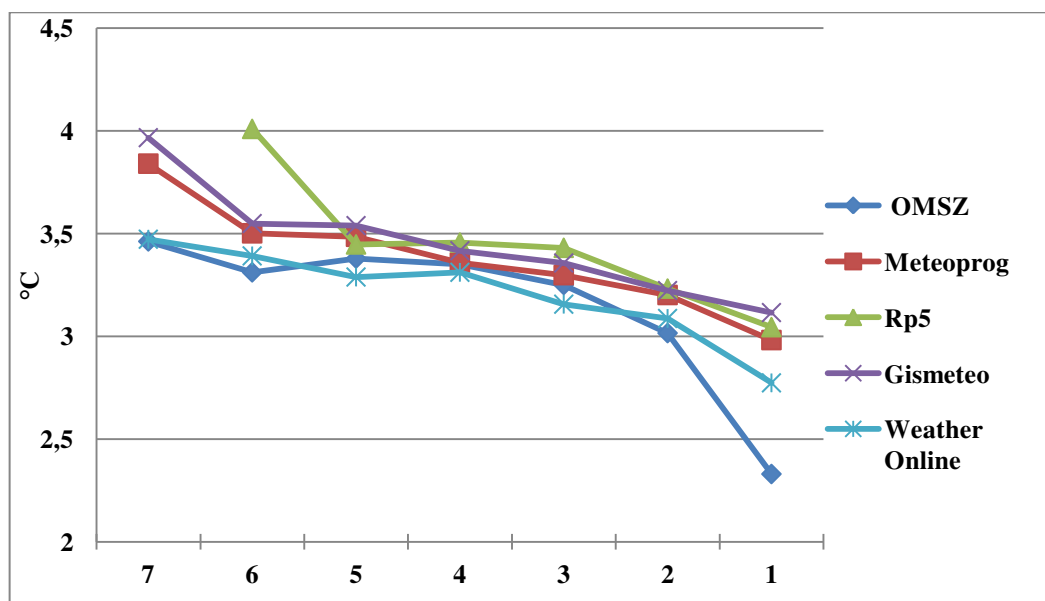
6. ábra. A csapadék előrejelzések átlagos eltérése a mért adatoktól az előrejelzés időtávjának függvényében, városok szerinti felosztásban. A diagram függőleges tengelye az előrejelzett és a mért csapadék értékek közötti különbségek értékeinek átlagát jelöli, a vízszintes tengely pedig az előrejelzés időtávját napokban.

Fő kérdéseinknek egyike, hogy melyik előrejelző oldal a legmegbízhatóbb az időjárási tényezők előrejelzésében, ha az előrejelzett és mért adatok átlagos abszolút eltérését vizsgáljuk. Erre a 7. és 8. ábra ad választ.

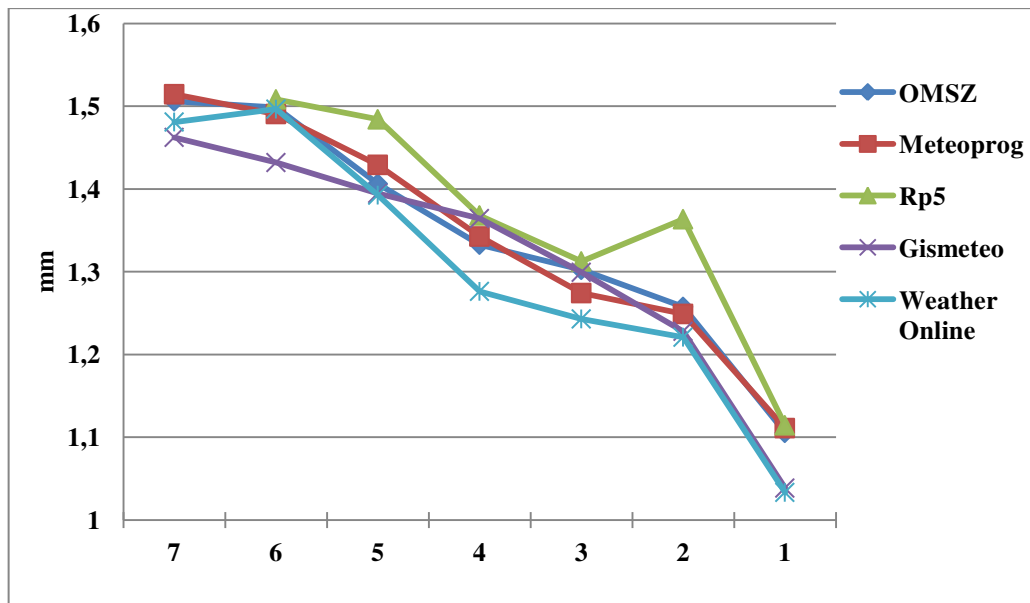
Az öt előrejelző oldal egymással párhuzamosan haladva, egymás közti alacsony eltérésekkel jelezték előre az általunk vizsgált időszak számszerű értékeit. A hőmérsékletre történt előrejelzések az időtáv első részében egymástól még láthatóan elkülönülő értékkel rendelkeznek. Az időtáv középső szakaszára ez mérséklődik, illetve a pontosság alapján felállított sorrend is változik, az egy napos előrejelzőkhez érve pedig már egyértelműen az OMSZ előrejelzései bizonyultak a legpontosabbaknak – 0,8 °C-kal pontosabb, mint a legmagasabb eltéréssel rendelkező Gismeteo. Mindemellett szintén az OMSZ volt az az oldal, amely a legnagyobb javulást mutatta (1,1 °C). Azonban, csak a hőmérsékleti előrejelzőseknél került ki győztesen az OMSZ, hiszen a csapadék egy napos előrejelzésében a Weather Online oldal és a – hőmérséklet előrejelzésében legpontatlanabb – Gismeteo mutatkoznak a legpontosabbaknak (1 mm). A napi csapadék mennyiségére kapott számok, ha a teljes időszakot nézzük, természetesen alacsonyok. Az előrejelző oldalak a csapadék előrejelzésben 0,4 mm-t tudtak javítani a hétnapostól az egy napos előrejelzésig.

Összevetve a hőmérsékleti és csapadék előrejelzéseket kiderült, hogy a Weather Online volt az az oldal, amely a hőmérsékleti előrejelzőseknél az időtáv középső

szakaszában pontosabb értékeket jelzett előre, mint az OMSZ, majd az említett Weather Online a két és egy napos előrejelzéseknél kerül második helyre az OMSZ mögé, így ha a teljes időtáv változását nézzük kisebb hullámzást láthatunk a Weather Online-tól. A csapadék értékekre adott előrejelzéseknél a hét napos előrejelzéskor a Gismeteo-nál látjuk a legpontosabb értékeket – meg kell jegyezni azonban, hogy a teljes időtáv alatt az előrejelző oldalak csak kis mértékben térnek el egymástól (mindössze 0,2–0,3 mm). Szintén az időtáv középső szakaszán ismét a Weather Online a legpontosabb, az egy napos előrejelzéseknél pedig közel azonos értéket kaptunk, amikor a jelzett és a bekövetkezett értékek közötti átlagos abszolút eltéréseket vizsgáltuk.



7. ábra. A hőmérsékleti előrejelzések együttes (minden választott városra összesítve) átlagos abszolút eltérése a mért adatoktól, az előrejelzés időtávjának függvényében, oldalak szerinti felosztásban. A diagram függőleges tengelye az előrejelzett és a mért hőmérsékleti értékek közötti különbségek abszolút értékeinek átlagát jelöli °C-ban megadva, a vízszintes tengely pedig az előrejelzés időtávját napokban.



8. ábra. A csapadék előrejelzések együttes (minden választott városra összesítve) átlagos abszolút eltérése a mért adatoktól az előrejelzés időtávjának függvényében, előrejelző oldalak szerinti felosztásban. A diagram függőleges tengelye az előrejelzett és a mért csapadék értékek közötti különbségek értékeinek átlagát jelöli, a vízszintes tengely pedig az előrejelzés időtávját napokban.

4.2. Az előrejelzések pontosságának évszakfüggése

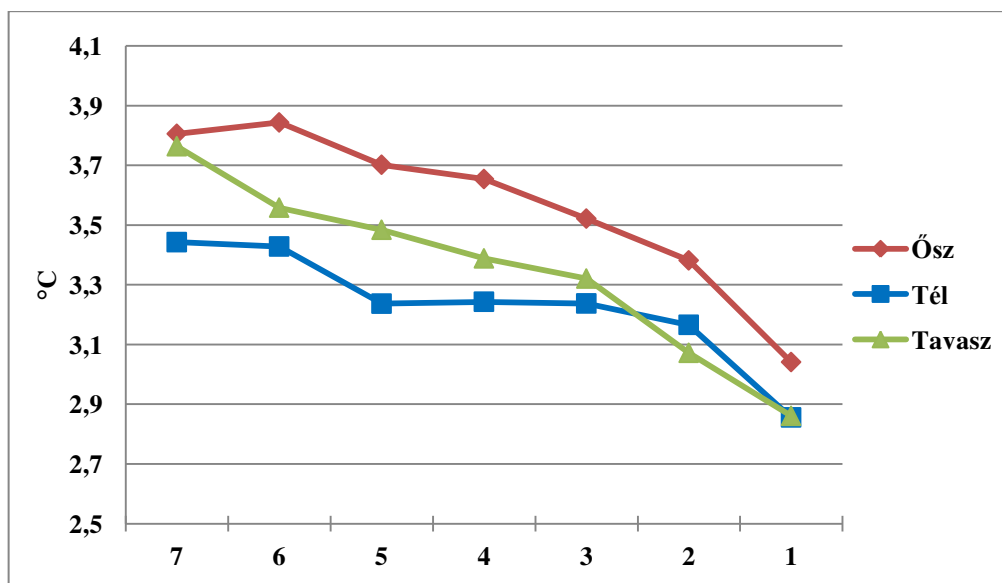
Az időjárás előrejelzések bevalásának pontosságát sok minden befolyásolhatja, kutatásunk egyik célja az volt, hogy megnézzük az évszakok hogyan hatnak az előrejelzések pontosságára (9. és 10. ábra).

A kép teljességéhez hozzátartozik, hogy a továbbiakban csak három évszakot fogunk elemezni, mivel a nyári adatgyűjtés objektív okokból kifolyólag nem valósult meg.

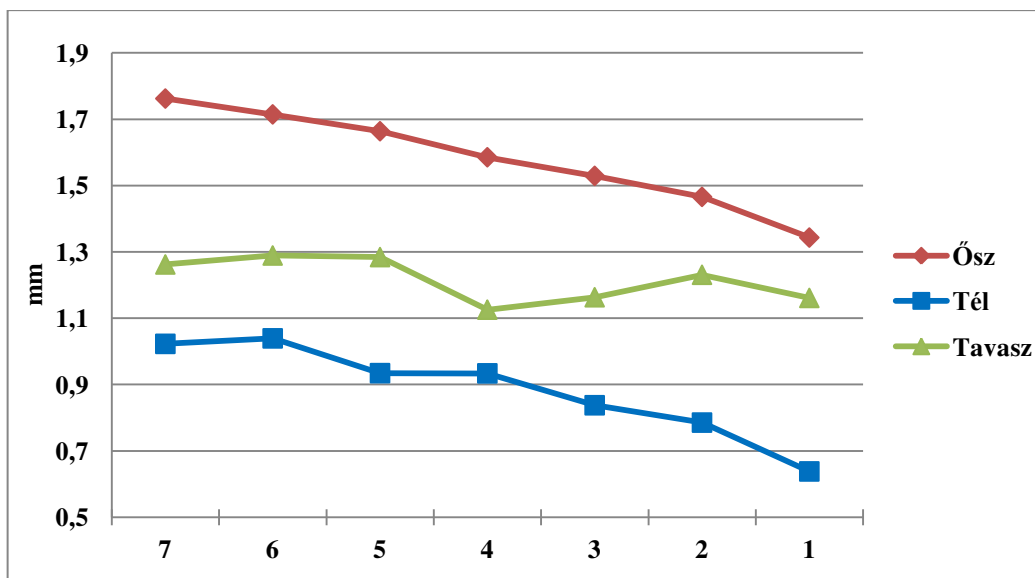
A hőmérsékleti és a csapadék előrejelzések, valamint mért adatok különbségeinek átlagos abszolút eltéréseiből képezett diagramjainkon láthatjuk, hogy az évszakok mindkét esetben hasonlóan viszonyulnak egymáshoz. Az őszi vonatkozó előrejelzések a legnagyobb eltérést mutatták, ezt követték a tavaszi értékek, majd a legpontosabban előrejelzett adatokat a télre láthatjuk.

A hőmérsékleti adatok ábráján láthatjuk, hogy a tavasz és a tél keresztezi egymást, majd az egy napos előrejelzések eltérésében közel azonos értéket vettek fel. A csapadékokra vonatkozólag a három évszak végig jól elkülönül, majdnem végig megtartják egymáshoz viszonyított különbségeiket (0,4–0,6 mm). A téli évszakra történt

előrejelzések pontossága 0,4–0,6 °C-kal tér el a legkevésbé pontosan előrejelzett őszi évszak előrejelzéseitől. A két napos hőmérsékleti előrejelzéseknél a tavasz pontosabb, mint az ősz, majd egy napos értékek közel megegyeztek 2,8 °C-os értékükkel. A csapadék értékeket összefoglaló diagramon látjuk, hogy a tavasznál nem fokozatos a javulás, hiszen héttől ötnapos előrejelzésig közel azonos szinten változtak a rá vonatkozó értékek, majd az ötről négynaposra hirtelen javulás következett, aztán ismét egymáshoz közeli értékekkel fokozatosan elkezdnek emelkedni az értékek. Ez a teljes eltérés mindössze 0,2 mm változást jelent, ennek ellenére mégis szembeűnő. A legnagyobb javulást első esetben a tavaszra láthatjuk ez 0,9 °C különbséget jelent az egy napos és a hét napos értékek közötti különbségben, a csapadék esetében pedig hasonló változást a tél mutatott, itt 0,6 mm a két adat közötti különbség. A legpontosabb előrejelzéseket tehát mind a csapadékra, mind a hőmérsékletre vonatkoztatva a téli évszakra láthatjuk.



9. ábra. A hőmérsékleti előrejelzések együttes átlagos abszolút eltérése a mért adatoktól, az előrejelzés időtávjának függvényében, évszakonkénti megoszlásban. A diagram függőleges tengelye az előrejelzett és a mért hőmérsékleti értékek közötti különbségek abszolút értékeinek átlagát jelöli °C-ban megadva, a vízszintes tengely pedig az előrejelzés időtávját napokban.



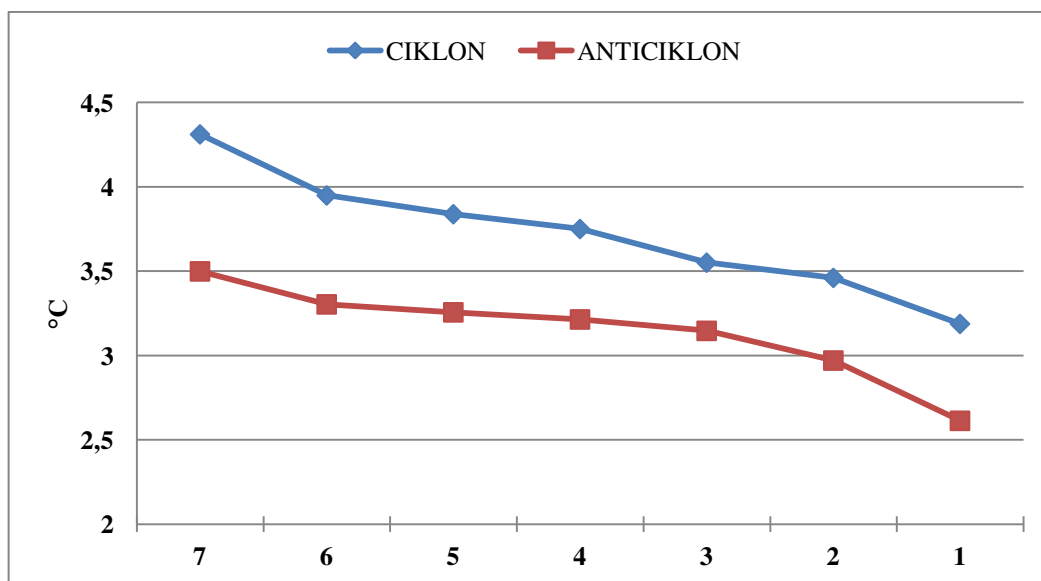
10. ábra. A csapadék előrejelzések együttes átlagos abszolút eltérése a mért adatoktól, az előrejelzés időtávjának függvényében, évszakonkénti megoszlásban. A diagram függőleges tengelye az előrejelzett és a mért hőmérsékleti értékek közötti különbségek abszolút értékeinek átlagát jelöli mm-ben megadva, a vízszintes tengely pedig az előrejelzés időtávját napokban.

4.3. Makroszinoptikus helyzetek, mint az időjárás előrejelzés bevalásának egyik tényezője

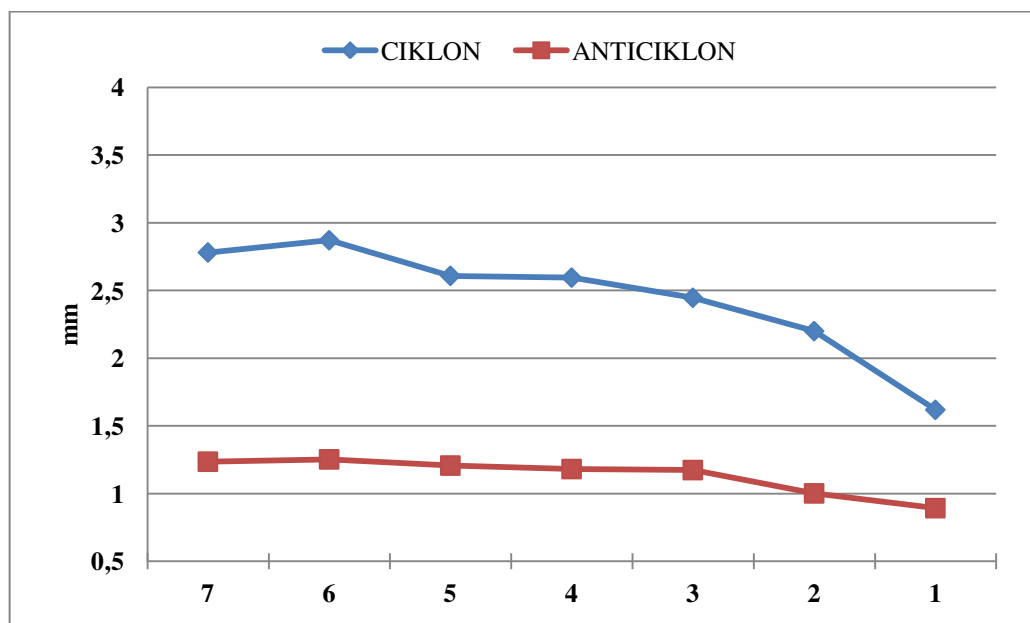
A különböző ciklonális valamint anticiklonális helyzetekre vonatkozó időjárás előrejelzések precizitásának ábrázolását láthatjuk a 11. és 12. ábrán.

A makroszinoptikus helyzeteket figyelembe véve a hőmérséklet és a csapadék előrejelzés egymáshoz hasonló eredményt mutat. Mindkét éghajlati elemnél az anticiklonális helyzetekre kaptunk pontosabb előrejelzéseket, a vizsgált időszak alatt az időtáv szűkülésével csökkentek az eltérések. Mindkét ábrán jól látható, hogy egymással párhuzamosan haladt a két makroszinoptikus helyzetcsoport. A hőmérsékleti eredményeket megfigyelve a teljes időtáv alatt az anticiklonális helyzetek 1°C-kal végig pontosabbak. A csapadékot nézve nagyobb mértékű a két helyzet közötti eltérés, esetében az anticiklonális helyzetek kezdetben 1,5 mm-rel, az időtáv végén pedig 0,7 mm-rel pontosabbak a ciklonálisnál. A ciklonális helyzetre történt előrejelzések mindkét esetben nagyobb mértékben javultak, a hőmérsékletnél 1,1 °C-ot, a csapadéknál pedig 1,2 mm-t a hét napos időtáv alatt. A csapadék anticiklon helyzetekre történt előrejelzése mindössze 0,3 mm-t javult pontosságában, tehát már a hétnapos előrejelzésekkor is csak 1,2 mm-rel tért el a mért értékektől. Mind a hőmérsékletre, mind a csapadékra igaz, hogy a ciklonális

helyzetek az egynapos előrejelzésekkor csak azt a pontosságot érték el, amely az anticiklonálisak kiinduló értéke.



11. ábra. A ciklonális és anticiklonális makroszinoptikus helyzetekre vonatkozó együttes hőmérsékleti előrejelzések átlagos abszolút eltérése a mért adatoktól, az előrejelzés időtávjának függvényében. A diagram függőleges tengelye az előrejelzett és a mért hőmérsékleti értékek közötti különbségek abszolút értékeinek átlagát jelöli °C-ban megadva, a vízszintes tengely pedig az előrejelzés időtávját.

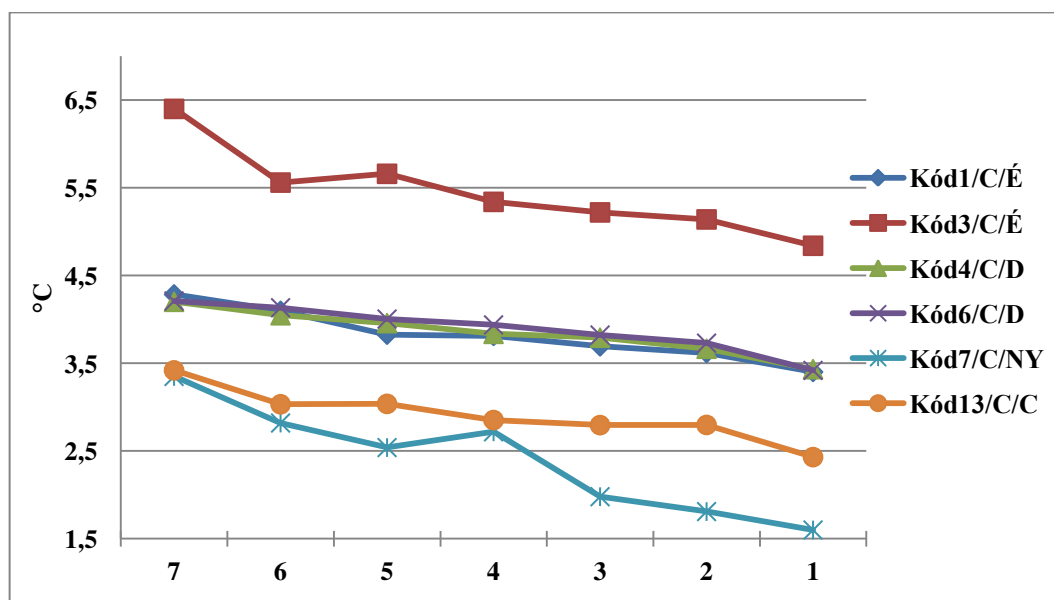


12. ábra. A ciklonális és anticiklonális makroszinoptikus helyzetekre vonatkozó együttes csapadék előrejelzések átlagos abszolút eltérése a mért adatoktól, az előrejelzés időtávjának függvényében. A diagram függőleges tengelye az előrejelzett és a mért csapadék értékek közötti különbségek abszolút értékeinek átlagát jelöli mm-ben megadva, a vízszintes tengely pedig az előrejelzés időtávját.

Nézzük, milyen összefüggéseket látunk, ha külön-külön vizsgáljuk a ciklonális és anticiklonális helyzeteket (13. és 14. ábra)!

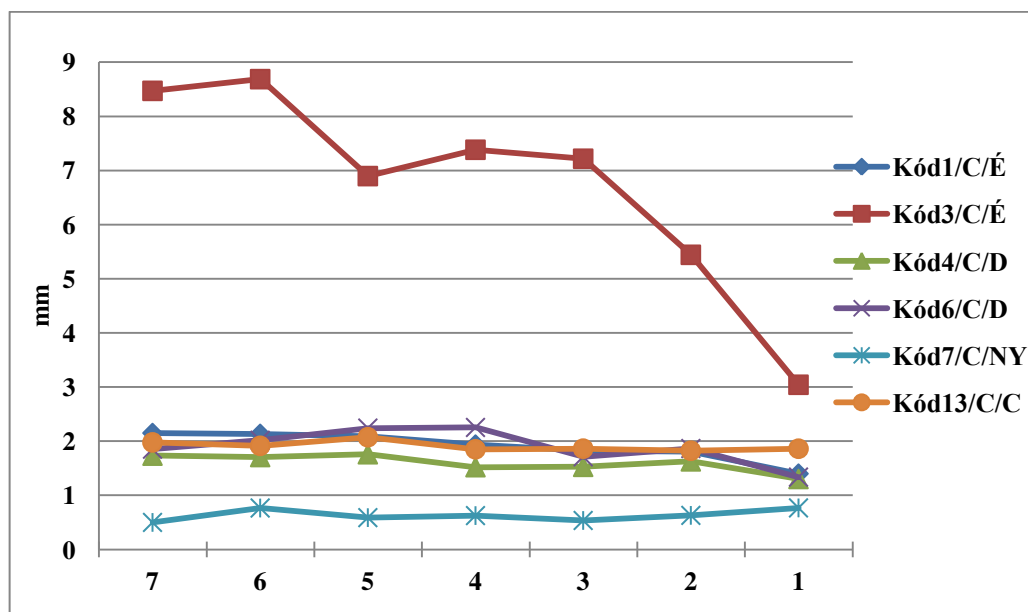
Az ábrákon látható ciklonális helyzetek eltérései talán azért is adnak ilyen szétszórt képet, mert erre a tényezőre vizsgált időszak alatt nem azonos számban fordultak elő a különböző kódokkal jelölt helyzetek, így például a hármas és hetes kóddal jelölt helyzet csak két-két napon voltak megfigyelhetőek. A hőmérsékleti adatoknál a javulás fokozatos volt az időtáv előrehaladtával. A csapadéokra vonatkozó értékek érdekessége, hogy mivel a csapadékmentes napoknál nincs eltérés a jelzett és a mért értékek között, így az ábrán látható helyzetek többsége a nulla közelében halad, és csak a hármas kóddal jelölt ciklonális helyzet tér el a többitől. Ez a hármas helyzet ciklonális helyzetnek megfelelően csapadékosnak lett előrejelezve, a csapadék mértékében azonban pontatlanok lettek az értékek.

A hőmérséklet és csapadék előrejelzéseknél a hetes kóddal jelölt helyzet a legpontosabban előrejelzett, a hét napos időtáv alatt a hőmérsékletnél 1,7 °C-ot javult a pontossága, a csapadék esetében pedig a hét napon át végig 0,5 mm körüli maradt az előrejelzett és a mért érték közötti eltérés.



13. ábra. Az egyes ciklonális makroszinoptikus helyzetekre vonatkozó együttes hőmérsékleti előrejelzések átlagos abszolút eltérése a mért adatoktól, az előrejelzés időtávjának függvényében. A diagram függőleges tengelye az előrejelzett és a mért hőmérsékleti értékek közötti különbségek abszolút értékeinek átlagát jelöli °C-ban megadva, a vízszintes tengely pedig az előrejelzés időtávját.

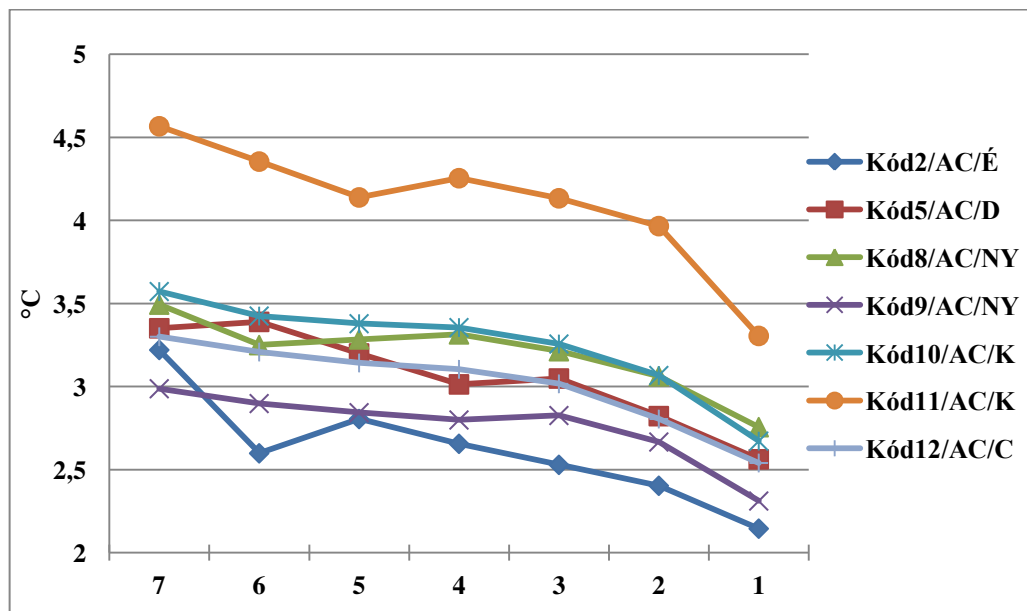
A két ábrát összehasonlítva tehát a hármas és hetes kóddal jelölt helyzetek különjárása, valamint az egyes, négyes és hatos ciklonális helyzetek hasonlósága egybeesést mutat, eltérés viszont, hogy a tizenhármas kóddal jelölt Kárpát-medence fölötti ciklon a hőmérsékletnél leginkább a hetes kóddal mutat hasonlóságot, a csapadéknál pedig egy csoportot alkot a többi helyzettel.



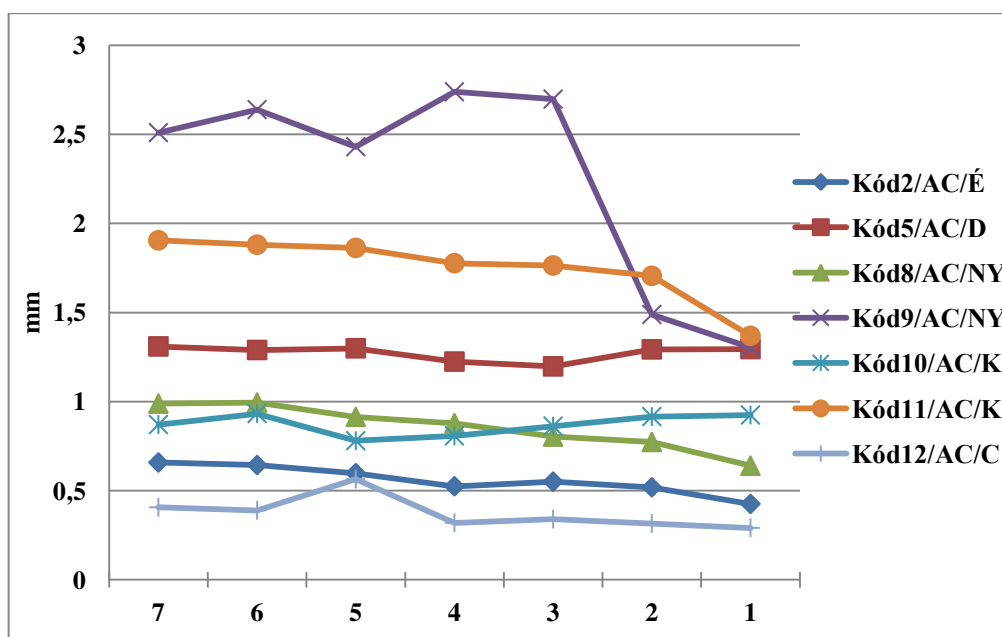
14. ábra. Az egyes ciklonális makroszinoptikus helyzetekre vonatkozó együttes csapadék előrejelzések átlagos abszolút eltérése a mért adatoktól, az előrejelzés időtávjának függvényében. A diagram függőleges tengelye az előrejelzett és a mért csapadék értékek közötti különbségek abszolút értékeinek átlagát jelöli mm-ben megadva, a vízszintes tengely pedig az előrejelzés időtávját.

Az egyes anticiklonális makroszinoptikus helyzetekre vonatkozó előrejelzéseket kiértékelve elmondhatjuk (15. és 16. ábra), hogy a hőmérsékletnél egymással párhuzamosan haladva csökkentek az eltérések és csak a tizenegyes kóddal jelölt helyzet különült el a többitől, erre láthatjuk a legnagyobb eltéréseket. A csapadék előrejelzéseknél egymáshoz viszonyítva nagyobb az eltérés a kódok között, összességében viszont az eltérések mértéke alacsonyabb, mint a hőmérsékletnél. A csapadéknál szintén van egy elkülönült helyzet, ebben az esetben a kilences kóddal jelölt. Az egy napos előrejelzéseknél a legpontosabb és a legnagyobb eltérést mutató két kód között 1,2 °C és 1 mm volt az eltérés.

Mindkét ábrán látható, hogy egy-egy helyzet pontosságának javulása nem folytonos, hiszen kisebb töréseket látunk, ahol a pontosság mértéke csökkent, majd újra javult. A hőmérsékletnél ez a kettes kóddal jelölt Brit-szigetek fölötti anticiklon hatról ötnapos előrejelzéseinél a legszembetűnőbb, öt napostól kezdve viszont már a legpontosabb előrejelzéseket kaptuk erre a helyzetre, egy napos előrejelzéskor 2,1 °C eltérése a mért adattól. A legkevésbé pontos tizenegyes helyzetre is jól látható, hogy a négy napos előrejelzés eltérése néhány tized fokkal magasabb, mint az ötnaposé volt. A csapadék anticiklonális helyzetekre történő előrejelzéseinél a kilences kóddal jelölt különül el leginkább, emellett hullámzó eredmények is szembetűnőek a pontosságában, erre a helyzetre látjuk a legnagyobb javulást, hiszen 1,2 mm-rel pontosabbak az egy napos előrejelzések a hétnapos előrejelzéshez viszonyítva. Ezt a javulást azzal is magyarázhatjuk, hogy anticiklonális helyzet ellenére többször fordult elő csapadék, amelyet csak két illetve egy napos előrejelzésekkor tudtak helyesen előrejelezni. Csapadék előrejelzéseknél a legpontosabb anticiklon helyzet a tizenkettes kóddal jelölt Kárpát-medence fölötti anticiklon lett előre jelezve, eltérésének értékei a teljes időtáv folyamán 0,5 mm alatt maradtak.



15. ábra. Az egyes anticiklonális makroszinoptikus helyzetekre vonatkozó együttes hőmérsékleti előrejelzések átlagos abszolút eltérése a mért adatoktól, az előrejelzés időtávjának függvényében. A diagram függőleges tengelye az előrejelzett és a mért hőmérsékleti értékek közötti különbségek abszolút értékeinek átlagát jelöli °C-ban megadva, a vízszintes tengely pedig az előrejelzés időtávját.



16. ábra. Az egyes anticiklonális makroszinoptikus helyzetekre vonatkozó együttes csapadék előrejelzések átlagos abszolút eltérése a mért adatoktól, az előrejelzés időtávjának függvényében. A diagram függőleges tengelye az előrejelzett és a mért csapadék értékek közötti különbségek abszolút értékeinek átlagát jelöli mm-ben megadva, a vízszintes tengely pedig az előrejelzés időtávját.

ÖSSZEFOGLALÁS

Szakdolgozatomban összevetettük a vidékünk egyes városaira vonatkozó különféle előrejelzések hőmérsékleti és csapadék értékeit az adott helyek meteorológiai állomásain mért tényleges értékekkel. A vizsgálatokhoz a Budapestre, Debrecenre, Beregszászra, Ungvárra és Lembergére vonatkozó előrejelzéseket és mért adatokat használtuk, mivel ezek területileg tágabb térségünkhöz tartoznak és szabadon hozzáférhetőek az interneten. Az internetes előrejelző oldalak közül az OMSZ, Meteoprog, Rp5, Gismeteo, Weather Online előrejelzők 1–7 napra vonatkozó prognózisait használtuk, amelyeket naponta töltöttünk le a megfelelő honlapokról.

A hőmérsékleti és csapadék előrejelzések pontosságának néhány tényezőjét megvizsgálva, a következő eredményeket emelhetjük ki:

- Eredményeink alátámasztották, hogy az időtáv szűkülésével növekszik az előrejelzések pontossága.
- Összevetve a két időjárási tényező előrejelzéseit elmondhatjuk, hogy Budapest városára oszlanak meg leginkább az értékek, hiszen míg a hőmérsékleti értékekben az időtáv első felében három másik városhoz hasonlóan változik, majd csak az egynapos előrejelzésekben a legpontosabb (2,6 °C), addig a csapadék értékeknél a teljes időtáv alatt a legpontosabb előrejelzések Budapestre történtek (1,3 mm–0,7 mm).
- A két legpontosabban előrejelző oldal az OMSZ és a Weather Online. Ha a teljes időtáv változását nézzük kisebb hullámvázst láthatunk a Weather Online-től.
- A legpontosabb előrejelzések mind a csapadékra, mind a hőmérsékletre vonatkoztatva télre készültek: a hideg évszakra vonatkozó előrejelzések pontossága a hőmérsékletnél 0,4–0,6 °C-kal volt jobb a legkevésbé pontosan előrejelzett őszi értékeiktől. A csapadékra vonatkozólag a három évszak végig jól elkülönül, 0,4–0,6 mm az egymáshoz viszonyított különbségük, a legpontatlanabbaknak az őszi vonatkozó prognózisok bizonyultak.
- A ciklonális helyzetek az egynapos előrejelzésekkor csak azt a pontosságot érték el, amely az anticiklonális kiinduló értéke. A ciklonális helyzetre történt előrejelzések mindkét esetben nagyobb mértékben javultak.

Munkánkban a továbblépés lehetőségei lehetnek az előrejelzések beválása vizsgálatának kiterjesztése egyéb meteorológiai elemekre, térségünk más városaira, valamint a különböző időjárási feltételek eseteire.

Резюме

Погода є однією з визначальних складових нашого побуту, роботи та благополуччя. Ми уважно слідкуємо за прогнозами погоди, які в наші дні стають все більш якісними та точними, навіть для окремих населених пунктів. Серед особливостей погоди одним з найголовніших є температура повітря та опади. Тому в бакалаврській роботі порівняні прогнози температури та кількості опадів для окремих населених пунктів з фактичними їх показниками, які були виміряні метеорологічними станціями відповідних міст.

Для дослідження використані прогнозовані та фактичні значення температури та кількості опадів Будапешта, Дебрецена, Берегова, Ужгорода та Львова, оскільки вони географічно належать до нашого макрорегіону, і дані стосовно них є у вільному доступі в Інтернеті. Щодня стосовно цих міст зняті прогнози терміном від 1 до 7 днів наступних метеосайтів: OMSZ, Meteorprog, Rp5, Gismeteo, Weather Online.

Досліджуючи деякі фактори точності прогнозів температури та кількості опадів, можна виділити наступні результати:

- Аналізи підтвердили, що точність прогнозів кількості опадів зі скороченням терміну прогнозу підвищується.
- Найбільш точними виявилися прогнози для міста Будапешт. Щодо температури, то лише одноденні прогнози для міста виділилися найбільшою точністю (середня абсолютна похибка 2,6 °C), в той же час кількість опадів протягом всього часу найточніше прогнозовано для Будапешта (середня абсолютна похибка – 1,3–0,7 мм).
- Сайти OMSZ та Weather Online давали найточніші прогнози температури та кількості опадів.
- Найбільш достовірні прогнози температури та кількості опадів характеризували зимовий період. Точність прогнозів зимових температур перевищувала на 0,4–0,6 °C відповідні значення найменш точно передбачуваного осіннього сезону. Щодо опадів, середня точність прогнозів добре відокремлюється у відношенні пір року: зимові виявилися точнішими від весняних, а весняні від осінніх приблизно на 0,4–0,6 мм відповідно.

- Прогнозування температури та опадів при циклонних макросиноптичних ситуаціях виявилися більш важкою в порівнянні з антициклональними. В той же час, прогнози циклонних ситуацій покращувалися із скорочуванням терміну в обох випадках значніше.

В подальшому дослідження може бути поширено також на інші метеорологічні елементи, на інші міста і на аналізи в розрізі різних синоптичних умов.

FELHASZNÁLT IRODALOM

1. ALLAN H. MURPHY: *What is a good forecast? An essay on the nature of goodness in weather forecasting*. Wea. Forecasting, 8, 281–293, American Meteorological Society, 1993.
2. AUSTIN WOODS: *Medium-Range Weather Prediction. The European Approach*. Springer, United Kingdom, 2005.
3. BALÁZS PÉTER: *Budapest területének fejlődése 1945-től napjainkig*. BSc. Szakdolgozat, ELTE, Budapest, 2011.
4. BARTHOLY JUDIT, PONGRÁCZ RITA: *Az éghajlatváltozás modellezése. A mérési adatok és a modellek pontossága*. In.: *Egyetemi Meteorológiai Füzetek, No.20*. Budapest, 2006.
5. BERGHAUER SÁNDOR DR.: *Kárpátalja turizmusa*. II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola, Beregszász, 2012. 22. old.
6. BÉCZI RÓBERT, MAKRA LÁSZLÓ, MIKA JÁNOS, SÜMEGHY ZOLTÁN: *Objektív légtömegtípusok és a Péczely-féle makroszinoptikus helyzetek hatékonyság vizsgálata és összehasonlítása a légszennyezettség osztályozásában Magyarországon*. Interneten: <http://docplayer.hu/13273177-Beczi-r-1-makra-l-1-mika-j-2-borsos-e-1-sumeghy-z-1-es-motika-g-3.html>
7. BODOLAI ISTVÁN, BODOLAINÉ-JAKUS EMMA: *A frontális csapadék mennyiségének szinoptikus feltételei*. In: *OMI Kisebb Kiadványai 34*, Budapest, 1964
8. BODOLAINÉ-JAKUS EMMA: *A mennyiségi csapadék előrejelzés helyzete és perspektívái*. In: *Időjárás 89*. Budapest, 1985.
9. BODOLAINÉ-JAKUS EMMA: *Magyar szinoptikus meteorológiai kutatások 1955–1995*. Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest, 1996.
10. BOROS LÁSZLÓ: *Hőmérsékleti előrejelzések beválásának a vizsgálata*. Szakdolgozat, Beregszász, 2009.
11. BÖLÖNI GERGELY, HORVÁTH ÁKOS, MILE MÁTÉ, NAGY ATTILA: *Megfigyelések és mérések felhasználása a numerikus előrejelzésekben*. In.: *39. Meteorológiai Tudományos Napok*. Budapest, 2013. Interneten: http://www.met.hu/doc/rendezvenyek/metnapok-2013/08_Boloni.pdf
12. BÖLÖNI GERGELY, HORÁNYI ANDRÁS: *Európai modellezési körkép*. In: *Alkalmazott számszerű előrejelzés: numerikus időjárási és csatolt modellek a gyakorlatban*.

- Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest, 2013. 121–123. old. Interneten: <http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/AlkalmazottNumerikusPrognosztika/b ook.pdf>
13. CZELNAI RUDOLF, GÖTZ GUSZTÁV, IVÁNYI ZSUZSANNA: *Bevezetés a meteorológiába. A mozgó légkör és óceán.* Tankönyvkiadó, Budapest, 1991.
 14. CZELNAI RUDOLF: *Bevezetés a meteorológiába. A meteorológia eszközei és módszerei.* Nemzeti tankönyvkiadó, Budapest, 1993.
 15. CSIMA GÁBOR: *A numerikus előrejelzés során alkalmazott utófeldolgozási és verifikációs eljárások.* In: 29. Meteorológiai Tudományos Napok, 2003. november 20-21. 86-96.
 16. DUNAYNÉ-SZOKOL ILONA: *A rendezett feláramlásból származó csapadék vizsgálata a ciklonban.* OMI Hivatalos Kiadványai 80. Budapest, 1961.
 17. FRANKOVITS GYÖRGY ISTVÁN: *A magyar meteorológiával foglalkozó weboldalak minőségi és általános vizsgálata.* Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest, 2014.
 18. FREDERIC VITART, ROBERTO BUIZZA, MAGDALENA ALONSO BALMASEDA, GIANPAOLO BALSAMO, JEAN-RAYMOND BIDLOT, AXEL BONET, MANUEL FUENTES, ALFRED HOFSTADLER, FRANCO MOLteni, TIM PALMER: *Merging VarEPS with the monthly forecasting system: a first step towards seamless prediction.* In: ECMWF Newsletter 115, United Kingdom, 2008.
 19. FULLER S.: *Verification of Terminal Aerodrome Forecast.* Met Office, 2003.
 20. GÖNCZY SÁNDOR: Földrajzi viszonyok, domborzat. In: Baranyi Béla (szerk.): Kárpátalja. MTA Regionális Kutatások Központja, Pécs–Budapest, 2009. 108–118 old.
 21. GÖTZ GUSZTÁV: *Káosz és prognosztika. Szemelvények a dinamikai rendszerek elméletének és légkördinamikai alkalmazásainak témaköréből.* Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest, 2001.
 22. GÖTZ GUSZTÁV, RÁKÓCZI FERENC: *A dinamikus meteorológia alapjai.* Tankönyvkiadó, Budapest, 1981.
 23. HAROLD E. BROOKS, ARTHUR WITT, MICHAEL D. EILTS: *Verification of public weather forecasts available via the media.* Bulletin of the American Meteorological Society, 1997.
 24. HESS, P., BREZOWSKY, H: *Katalog der Grosswetterlagen Europas.* Német időjárás előrejelző szolgálat könyvtára. Kiadás: 1952.

25. HORÁNYI ANDRÁS, SZÉPSZÓ GABRIELLA, SZÜCS MIHÁLY: *Valószínűségi előrejelzések: áldás vagy átok?* Természet Világa, 144. évf., 2. különszám. Budapest, 2013.
26. IAN T JOLLIFFE, DAVIS B. STEPHENSON: *Forecast Verification. A Practitioner's Guide in Atmospheric Science.* John Wiley & Sons Ltd., Chichester, 2003.
27. IAN B. MASON: *Binary Event.* In: *Forecast Verification* (szerk: Jolliffe, I. T., Stephenson, D. B.). John Wiley & Sons Ltd, Chichester, 2003.
28. IHÁSZ ISTVÁN: *Közép és hosszú távú előrejelzési modell produktumok és alkalmazási lehetőségeik.* In: 34. Meteorológiai Tudományos Napok, Budapest, 2008. Interneten: http://nmo.met.hu/nmo_articles/nmo_db.php
29. IHÁSZ ISTVÁN: *Közép- és hosszú távú előrejelzési modell-produktumok és alkalmazási lehetőségei.* In: 35. Meteorológiai Tudományos Napok kiadványa, Budapest 2009.
30. IMRICSÁK GÁBOR: *Az ECMWF ensemble napi maximum, minimum és középhőmérsékleti előrejelzéseinek beválása hat hazai meteorológiai állomásra.* Diplomamunka, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Meteorológiai Tanszék, Budapest, 2012.
31. IZSÁK TIBOR: *Beregszászi járás.* In: Baranyi Béla (szerk.): Kárpátalja, MTA Regionális Kutatások Központja, Pécs–Budapest, 2009.
32. LARS ISAKSEN, ROBERTO BUIZZA, MARTIN LEUTBECHER, JAN HASELER: *The new ensemble of Data Assimilations,* In: ECMWF Newsletter, 2010.
33. KABA MAGDOLNA: *Csatlakozásunk a Középtávú Időjárás Előrejelzések Európai Központjához.* Légkör, 40. évfolyam 2. szám 34, Budapest 1995.
34. KLEUPFEL C. K.: *TAF verification in the U.S. National Weather Service.* NSW Instruction 10 – 1601, 2005.
35. MAKKAI GERGELY, IMECS ZOLTÁN: *Meteorológia.* Presa Univeristara Clujeana, 2006.
36. MAKRA LÁSZLÓ: *Meteorológiai műszertan.* JATEPress kiadó, Szeged, 1995.
37. MAKRA LÁSZLÓ: *Bevezetés az időjárás előrejelzésébe.* Interneten: <http://www2.sci.u-szeged.hu/eghajlattan/pdf/8%20az%20idojaras%20elorejelzese.pdf>
38. MÁTRAI AMARILLA: *A csapadék előrejelezhetőségének vizsgálata a dunai és a tiszai vízgyűjtőkre vonatkozóan valószínűségi előrejelzések alapján.* Diplomamunka, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Meteorológiai Tanszék, Budapest, 2015.

39. MERICS ATTILA: *Alacsony bevéálású rövidtávú prognózisok felülvizsgálata numerikus modellek és szinoptikus módszerek segítségével*. Diplomamunka, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Meteorológiai Tanszék, Budapest, 2012.
40. MOLNÁR JÓZSEF: *Éghajlati viszonyok. Vízrajzi adottságok*. In: Baranyi Béla (szerk.): Kárpátalja. MTA Regionális Kutatások Központja, Pécs–Budapest, 2009. 123–140. old.
41. NÉMETH CSILLA: *Az ECMWF kalibrált valószínűségi előrejelzéseinek verifikációja*. Budapest, 2010.
42. PÁTKAI ZSOLT: *Az időjárás előrejelző osztályon 2009-ben készült előrejelzések verifikációja*. In: Dunkel Zoltán (szerk.) *LÉGKÖR 56. évfolyam. Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest, 2011. 16–23 old.*
43. PERTTI NURMI: *Recommendations on the verification of local weather forecasts*. ECMWF. Technical Memoranda, 2003.
44. PÉCZELY GYÖRGY DR.: *Éghajlattan*. Nemzeti tankönyvkiadó, Budapest, 1979.
45. PÉCZELY GYÖRGY DR.: *Magyarország makroszinoptikus helyzeteinek katalógusa, (1881 1983)*. Országos Meteorológiai Szolgálat 53, 1983.
46. RADNÓTI GÁBOR: *A numerikus előrejelzés alapjai, numerikus módszerek*. In.: 29. Meteorológiai Tudományos Napok. Budapest, 2003. 25–39. old.
47. ROBERTO BUIZZA, MARTIN LEUTBECHER, LARS ISAKSEN, JAN HASELER: *Combined use of EDA- and SV- based perturbations in the EPS*. In: *ECMWF Newsletter*, 2006.
48. RENATE HAGEDORN: *Using the ECMWF reforecast dataset to calibrate EPS forecasts*. In: *ECMWF Newsletter 117, United Kingdom, 2008.*
49. SEBESTYÉN ANNA: *A mediterrán ciklonok vizsgálata, a 2012/2013-as téli esetek elemzése*. Szakdolgozat, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Meteorológiai Tanszék, Budapest, 2013.
50. STEIERLEIN ÁKOS: *A repülőtéri reguláris időjárási távirat ultrarövidtávú leszállási előrejelzésének verifikációja*. Diplomamunka, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Meteorológiai Tanszék, Budapest, 2014.
51. TAJTI DÁVID: *Az ECMWF determinisztikus és valószínűségi előrejelzések összehasonlító verifikációja*. Eötvös Loránd Tudományegyetem, Meteorológiai Tanszék, Budapest, 2012.
52. UNGER JÁNOS: *A városi hősziget-jelenség néhány aspektusa*. MTA Doktori Értekezés, Szeged, 2010. 17. old.

53. VASZKÓ ANDRÁS IMRE: Péczy-féle makroszinoptikus helyzetek osztályozása meteorológiai mezők alapján. ELTE Meteorológiai Tanszék, 2014.
54. VISSY KÁROLY: *Az időjárás előrejelzése: jóslás vagy tudomány?* 2003. Interneten: <http://www.dura.hu/html/mindentudas/vissykaroly.htm>
55. A kutatáshoz használt öt internetes oldal forrása:
- Országos Meteorológia Szolgálat: www.met.hu
 - Meteoprogram: www.meteoprogram.hu
 - Rp5: www.rp5.ru
 - Gismeteo: www.gismeteo.ua
 - Weather Online: www.weatheronline.com.uk.

ÁBRÁK JEGYZÉKE

1. ábra. A választott városok földrajzi elhelyezkedése.....	10.
2. ábra. A hőmérsékletre (a) és a csapadék mennyiségére (b) vonatkozó előrejelzések bevalásának pontossága a különböző időtávok viszonylatában	24
3. ábra Az egyes előrejelző oldalak hőmérsékleti előrejelzéseinek együttes átlagos abszolút eltérése a mért adatoktól az előrejelzés időtávjának függvényében, városok szerinti felosztásban.....	26.
4. ábra Az egyes előrejelző oldalak csapadék előrejelzéseinek együttes átlagos abszolút eltérése a mért adatoktól az előrejelzés időtávjának függvényében, városok szerinti felosztásban.....	26.
5. ábra A hőmérsékleti előrejelzések együttes átlagos eltérése a mért adatoktól az előrejelzés időtávjának függvényében, városok szerinti felosztásban.....	27.
6. ábra. A csapadék előrejelzések együttes átlagos eltérése a mért adatoktól az előrejelzés időtávjának függvényében, városok szerinti felosztásban.....	28.
7. ábra A hőmérsékleti előrejelzések együttes átlagos abszolút eltérése a mért adatoktól az előrejelzés időtávjának függvényében, előrejelző oldalak szerinti felosztásban	29.
8. ábra A csapadék előrejelzések együttes átlagos abszolút eltérése a mért adatoktól az előrejelzés időtávjának függvényében, előrejelző oldalak szerinti felosztásban	30.
9. ábra A hőmérsékleti előrejelzések együttes átlagos abszolút eltérése a mért adatoktól, az előrejelzés időtávjának függvényében, évszakonkénti megoszlásban	31.
10. ábra A csapadék előrejelzések együttes átlagos abszolút eltérése a mért adatoktól, az előrejelzés időtávjának függvényében, évszakonkénti megoszlásban	32.
11. ábra A ciklonális és anticiklonális makroszinoptikus helyzetekre vonatkozó hőmérsékleti előrejelzések együttes átlagos abszolút eltérése a mért adatoktól.....	33.
12. ábra A ciklonális és anticiklonális makroszinoptikus helyzetekre vonatkozó csapadék előrejelzések együttes átlagos abszolút eltérése a mért adatoktól.....	33.
13. ábra Az egyes ciklonális makroszinoptikus helyzetekre vonatkozó hőmérsékleti előrejelzések átlagos abszolút eltérése a mért adatoktól.....	34.
14. ábra Az egyes ciklonális makroszinoptikus helyzetekre vonatkozó csapadék előrejelzések átlagos abszolút eltérése a mért adatoktól.....	35.
15. ábra Az egyes anticiklonális makroszinoptikus helyzetekre vonatkozó hőmérsékleti előrejelzések átlagos abszolút eltérése a mért adatoktól.....	36.
16. ábra Az egyes anticiklonális makroszinoptikus helyzetekre vonatkozó csapadék előrejelzések átlagos abszolút eltérése a mért adatoktól.....	37.

NYILATKOZAT

Alulírott Nagy Livia, földrajz szakos hallgató kijelentem, hogy szakdolgozatomat a II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola Földtudományi és Turizmus Tanszékén készítettem földrajz diploma megszerzése céljából.

Kijelentem, hogy szakdolgozatomat más szakon korábban nem védtem meg, saját munkám eredménye és csak hivatkozott forrásokat használtam fel.

Tudomásul veszem, hogy szakdolgozatomat a II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola könyvtárában a kölcsönözhető könyvek között helyezik el.

Nagy Livia

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretném megköszönni Dr. Károssy Csabának, hogy az általunk vizsgált időszakra vonatkozó Péczely kódokkal ellátott makroszinoptikus helyzetek katalógusát rendelkezésünkre bocsátotta.

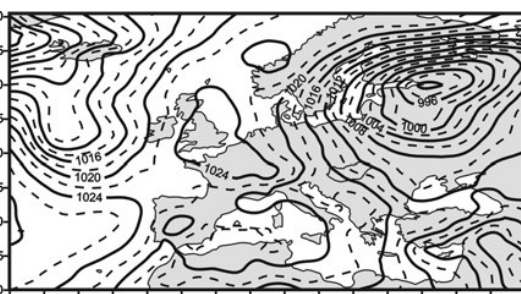
Továbbá külön köszönet témavezetőmnek, dr. Molnár Józsefnek, az ő magas fokú szakmai tudása, észrevételei és tanácsai nélkül nem valósulhattak volna meg kitűzött céljaink.

MELLÉKLET

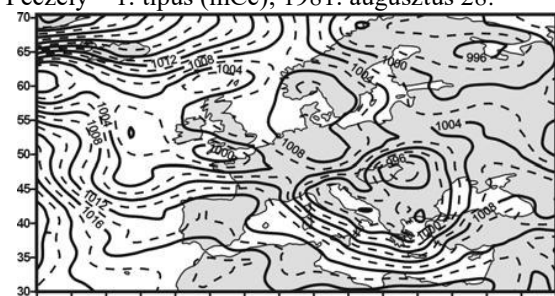
A Péczely által kiválasztott jellegzetes időjárási helyzetek (Péczely-típusok) napjainak tengerszintű légnyomási mezői



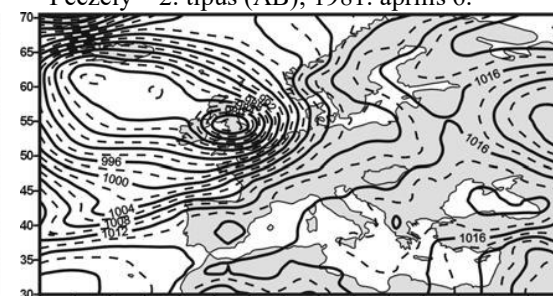
Péczely – 1. típus (mCc); 1981. augusztus 28.



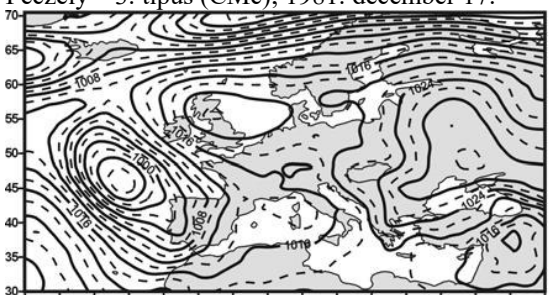
Péczely – 2. típus (AB); 1981. április 6.



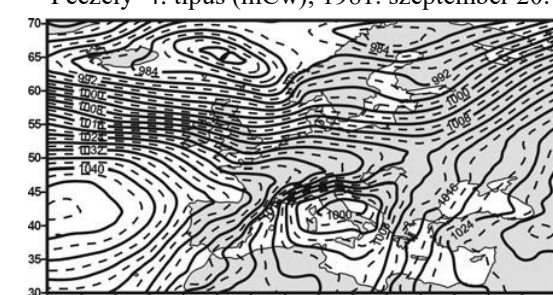
Péczely – 3. típus (CMc); 1981. december 17.



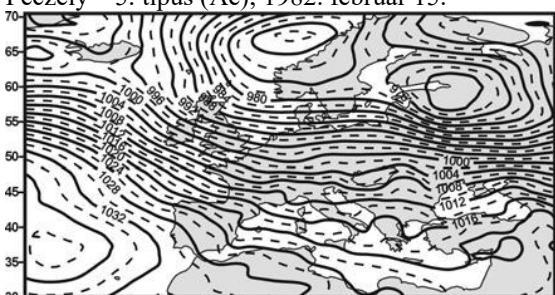
Péczely – 4. típus (mCw); 1981. szeptember 20.



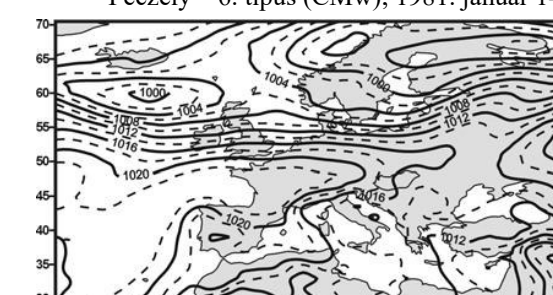
Péczely – 5. típus (Ae); 1982. február 15.



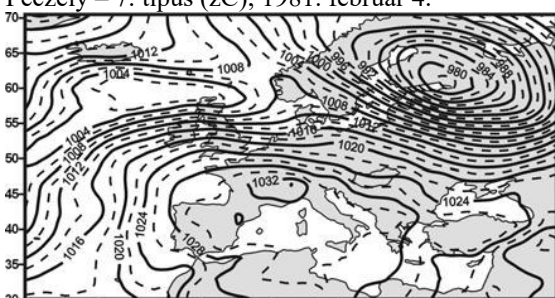
Péczely – 6. típus (CMw); 1981. január 14.



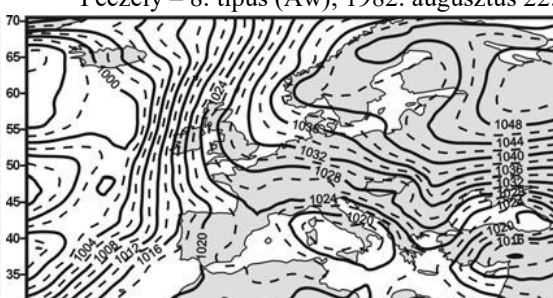
Péczely – 7. típus (zC); 1981. február 4.



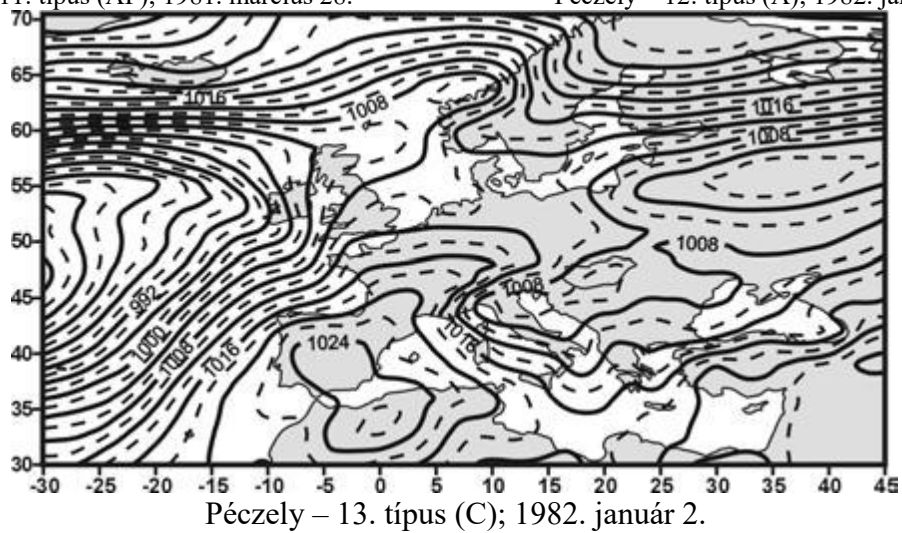
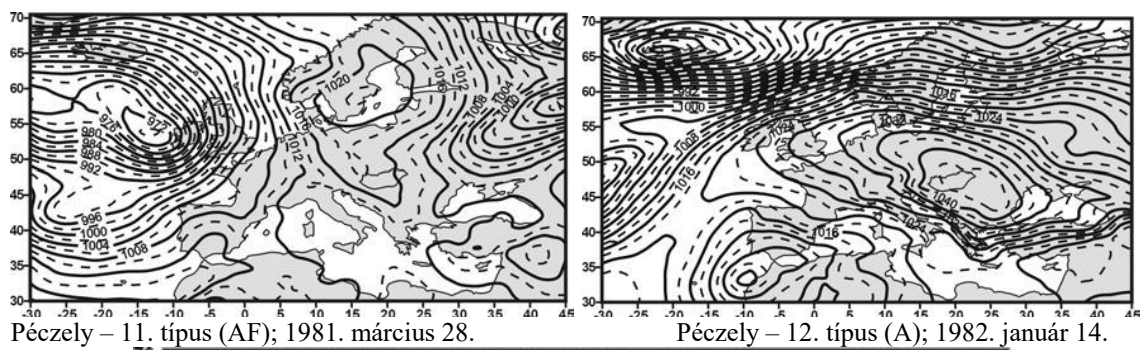
Péczely – 8. típus (Aw); 1982. augusztus 22.



Péczely – 9. típus (As); 1981. november 22.



Péczely – 10. típus (An); 1981. február 26.



Forrás: Béczi et al., 2004.