

Eötvös Loránd Tudományegyetem
Földrajz- és Földtudományi Intézet
Meteorológiai Tanszék

A téli olimpiák szinoptikus-klimatológiai feltételeinek vizsgálata a múltban és a jövőben

szakdolgozat



Készítette:

Bata Judit

Földtudományi alapszak,
Meteorológus szakirány

Témavezetők:

Soósné dr. Dezső Zsuzsanna

dr. Pieczka Ildikó

ELTE TTK, Meteorológiai Tanszék

Budapest, 2015

TARTALOM

I.	Bevezetés	2
II.	A téli olimpiák története	4
III.	Helyszínek	5
IV.	Az időjárási kockázatok megfékezésére irányuló stratégiák	10
V.	A 2014-es szocsi olimpia.....	12
	1. Időjárási jellemzők és feladatok.....	13
	2. A FROST-2014 projekt.....	14
	3. A nowcasting technológia megvalósítása és a COSMO projekt.....	16
	4. Általános leírás a szocsi környéki szinoptikus helyzetről.....	19
	5. Eredmények és tapasztalatok	25
VI.	A téli olimpiák jövője a klímaváltozás tükrében	26
VII.	A klímaváltozás hatása az alpesi turizmusra	29
VIII.	Összefoglalás	32
	Köszönetnyilvánítás	34
IX.	Irodalomjegyzék	35
	Internetes hivatkozások.....	36

I. BEVEZETÉS

A téli olimpiák az utóbbi években egyre nagyobb népszerűségnek örvendenek. A tömegrendezvények meteorológiai biztosítása igen felelősségteljes, összetett és nehéz feladat. Emberek biztonsága a tét, ezért igen körültekintőnek kell lenni. A téli olimpiák abból a szempontból is kiemelkednek más, jelentős tömegeket megmozgató sportesemények közül, hogy az időjárás szerepe kulcskérdés. A nyáron tartott, kiemelkedő sportesemények (nyári olimpia, labdarúgó-világbajnokság) rendezésében a nyári konvektív folyamatok előrejelzése a legfontosabb. Télen nagyon sok körülménynek kell megfelelőnek lenni. A hőmennyiség, a hőmérséklet, és a látási viszonyok kulcsfontosságúak, de nem felejtkezhetünk el a veszélyes eseményekről sem (szél- és hóviharak stb.).

Dolgozatom első felében a téli olimpiák történetét foglaltam össze, kiemelve az időjárási események rendezést befolyásoló hatását. Az 1924-ben Chamonix-ban rendezett Nemzetközi Sporthét akkora sikert aratott, hogy a Nemzetközi Olimpiai Bizottság a négyévenkénti rendezés mellett döntött, és később a chamonix-i versenyt elnevezte I. Téli Olimpiai Játékoknak. Az időjárási, politikai és egyéb nehézségek sem tudták megakadályozni, hogy mára a világ egyik legnagyobb sporteseménye legyen a téli olimpia. Már a kezdetektől fogva szerepe van a meteorológiának, de a kockázatok elkerülésére irányuló stratégiák száma egyre növekszik. Bár az aktuális időjárástól függetlenítő technikák folyamatosan fejlődnek, a helyszínválasztás az egyik legfontosabb része a rendezésnek, mert megfelelő klimatikus viszonyok nélkül kudarcra van ítélve az olimpia.

Esettanulmánynak választottam a szocsi olimpiát. Ez az olimpia nagy sajtófigyelmet kapott, sokan sokfélét mondtak a helyi időjárási viszonyokról. Már jó előre beharangozták, hogy sikertelen lesz. A helyszínválasztás valóban szokatlan, hiszen Szocsi egy mediterrán város. Megvizsgálom, hogy tényleg rossz volt-e a döntés, hogy Szocsi kapja az olimpia rendezésének jogát, azaz meteorológiailag megalapozottak voltak-e a félelmek. Bemutatom az olimpia meteorológiai biztosítására alakult projektet, majd szinoptikus térképek és reanalízis adatok alapján elemzem a szinoptikus helyzetet. Az előrejelzésben résztvevő szakemberek előadásai alapján megvizsgálom, hogy eredményes volt-e a meteorológiai munka az olimpián.

A klímaváltozás tükrében is érdemes megvizsgálni a téli olimpiákat, hiszen a melegedés döntően befolyásolja a téli sportok jövőjét. Kérdés, hogy hol lehet a jövőben

olimpiát rendezni. Dolgozatomban a korábbi rendezővárosok klimatológiai alkalmasságát vizsgálom jövőbeli olimpiák rendezésére, az éghajlatváltozás mértékétől függően.

A klímaváltozás a téli sportoknak hagyományosan otthont adó helyszíneket veszélyezteti legjobban. Ezért kitérek az Alpokra gyakorolt klimatikus hatásokra. Az előrejelzések szerint az elkövetkező évtizedekben nem olvad el az összes hó az Alpokban, a hóhatár azonban magasabbra kerül. A magasság növekedésével viszont a légnyomás és az oxigénkoncentráció csökken, ezért jelentős egészségügyi kockázattal járhat a sípályák magasabbra helyezése. Végezetül az olimpiai rendezéssel kapcsolatos környezetvédelmi felelősségvállalást is fontosnak tartom, hiszen hatalmas környezeti terheléssel jár kiépíteni a versenyhelyszíneket és a kommunikációs hátteret.

II. A TÉLI OLIMPIÁK TÖRTÉNETE

Az újkori olimpiák története Pierre de Coubertin bárónak köszönhetően 1896-ban, az első nyári olimpiai játékokkal kezdődött. Egyre nőtt az igény a téli sportok iránt is, ezért 1908-ban Londonban már megjelent a műkorcsolyázás négy versenyszámban (két férfi, egy női és páros). Abban az évben a „nyári” olimpia április elejétől október végéig tartott, így a műkorcsolyaszámokra októberben került sor fedett pályán.

A Nemzetközi Olimpiai Bizottságban már 1911-ben felmerült az önálló téli olimpia gondolata, de éppen az északi országok – főleg Norvégia – ellenezték azt a legjobban. A svédek pedig attól is elzárkóztak, hogy a soron következő (1912-es) stockholmi olimpián műkorcsolyaversenyeket rendezzenek (*Ivanics és Lévai, 2012*).

Az első világháború után ismét napirendre került a téli olimpia rendezésének ötlete. Az 1920-as antwerpeni olimpián újra bekerült a programba a korcsolya és a jégkorong, mint új sportág. A magyarokat és a háború többi vesztesét nem hívták meg az eseményre.

Egy 1921-es döntés alapján 1924-ben az olimpiai játékoktól függetlenül meghirdették a Nemzetközi Téli Sporthetet Franciaországban, Chamonix-ban. A négy sportágban (bob, jégkorong, sísélés, korcsolya) rendezett versenysorozat nagy sikert aratott. A Nemzetközi Olimpiai Bizottság ezért a négyévenkénti rendezés mellett döntött, és utólag elnevezte az 1924-es versenyt I. Téli Olimpiai Játékoknak (*Ivanics és Lévai, 2012*). A második világháború miatt két olimpia elmaradt, és ezeket (a nyári olimpiákkal ellentétben) nem is számozzuk. Tehát az 1936-os garmisch-partenkircheni olimpia a negyedik, a tizenkét évvel későbbi St. Moritzban rendezett olimpia pedig az ötödik számú. 1992-ig a nyári olimpiával azonos évre szervezték a télit is, 1994-ben csúsztatták el a kettőt: azóta két évente van olimpia, egyszer téli, egyszer nyári. Így sokkal több figyelem jut a téli sportoknak. A sporthét mára már igazi nagy világversennyé nőtte ki magát, melynek bevétele 2014-ben 41 millió dollár volt [1 – mob.hu]. 1924-ben Chamonix-ban még 16 ország 258 versenyzője 14 számban küzdött meg, a huszonkettedik olimpián, Szocsiban már 88 ország 3000 sportolója 98 versenyszámban vett részt.

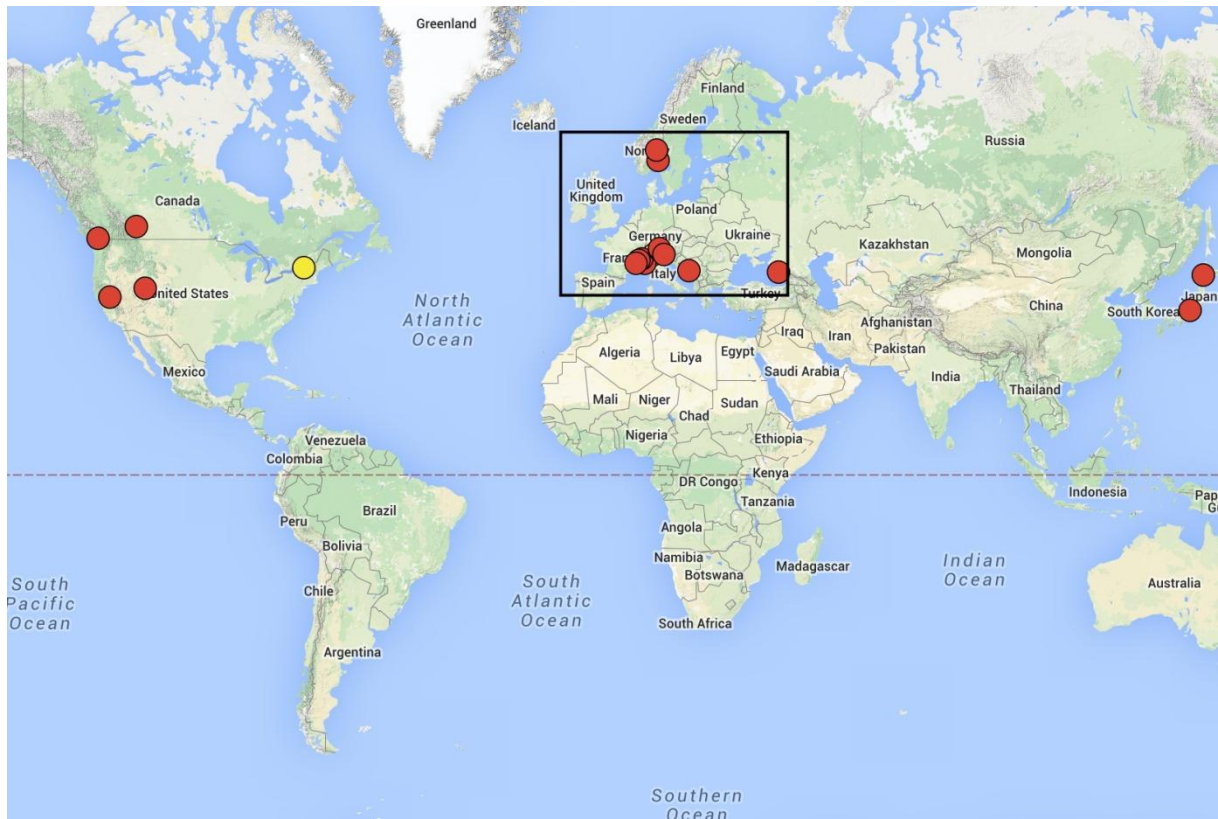
Az olimpiák nemcsak a sport szempontjából, hanem turisztikailag és politikailag is meghatározó események. Már a második téli olimpián is rendeztek megnyitóünnepséget a nyári játékokhoz hasonlóan, felvonulással, esküvel, műsorral. A helyi politikai és kulturális élet képviselői is jelen szoktak lenni az ünnepségen, és általában egy magas rangú politikus

nyitja meg a játékokat. Így volt ez az 1936-os német olimpián is, amelyen Adolf Hitler kancellárt kérték fel a feladatra. A biztonság kedvéért egy papírt csúszttattak elé, melyen ez állt: „A negyedik olimpiai játékokat ezennel megnyitom”, így a szokásos propagandabeszédre le kellett mondania. A Nemzetközi Olimpiai Bizottság azt sem engedte, hogy a német pártok fasiszta intézkedéseket tegyenek. Az 1960-as olimpiát Richard Nixon, az USA alelnöke nyitotta meg, és a megnyitóünnepséget Walt Disney vezényelte le. Később is számos jelentős politikus mondott megnyitóbeszédet, többek között Charles de Gaulle francia köztársasági elnök, Hirohito japán császár, V. Harald norvég király, George W. Bush amerikai elnök is. A 2006-os torinói olimpián 21 államfő, 6 királyi család képviselője és 15 kormányfő volt jelen (*Ivanics és Lévai, 2012*). Ebből is látszik, hogy a téli olimpia a legnépszerűbb sportesemények közé tartozik, ezért is érdemes elgondolkodni, hogy a klímaváltozás tükrében van-e jövője a téli sportoknak.

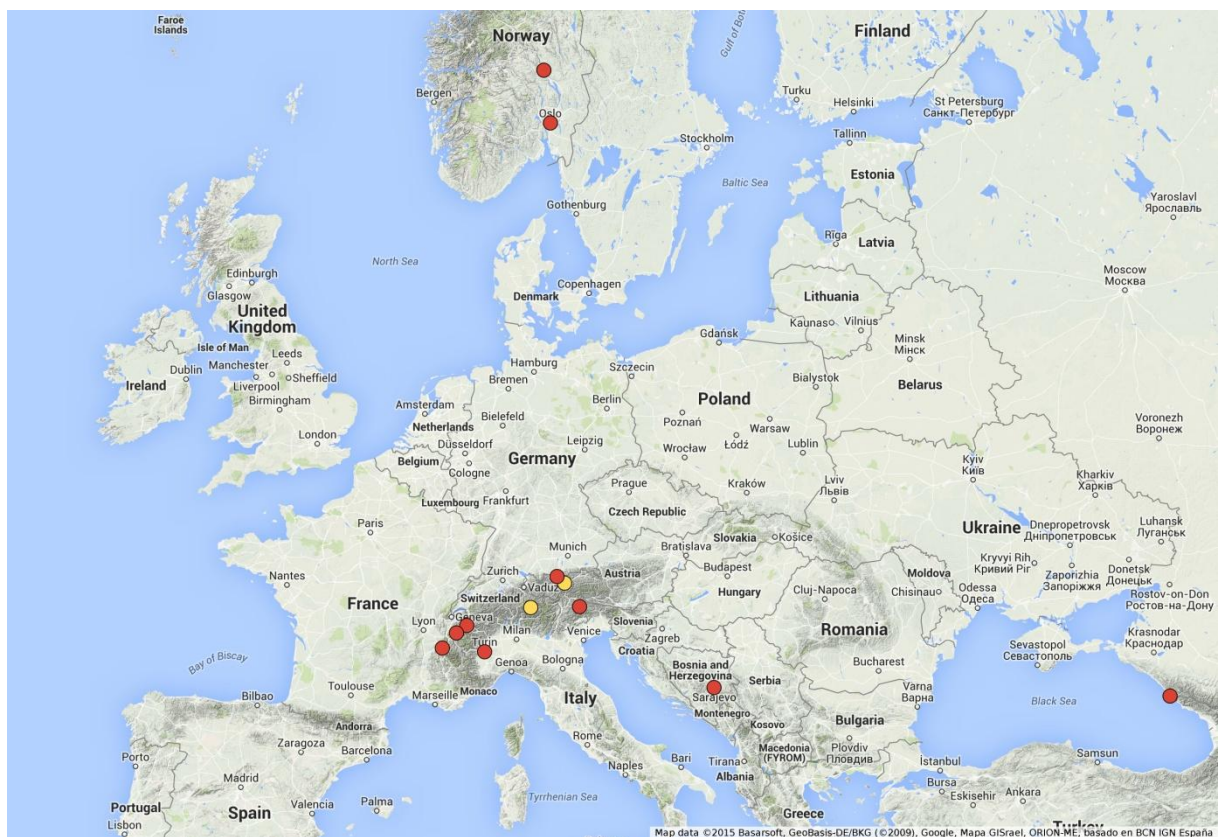
III. HELYSZÍNEK

A téli olimpiák rendezésénél mindig kulcskérdés a helyszínének választása. Az *1. térképen* az eddigi rendezővárosokat jelöltem be, vörössel azokat, melyek egyszer, sárgával azokat, melyek kétszer adtak otthont az olimpiának. Érdekesnek tartom kiemelni az európai helyszíneket (*2. térkép*), hiszen az olimpiák több mint a fele itt volt, sőt csak az Alpokban tízszer bonyolítottak le téli olimpiát. Szocsit, bár épp Európa és Ázsia földrajzi határán helyezkedik el, Európához sorolom, mert a sportban Oroszország Európához tartozik.

2018-ban Pjongcsangban, Dél-Koreában rendezik a téli olimpiát, a 2022-es helyszínt pedig idén júliusban választják ki. Az összes európai pályázó vagy népszavazás eredményeként (Krakkó), vagy a magas költségek miatt (Stockholm, Oslo, Lviv) visszalépett, így a két versenyben levő város a kazahsztáni Almati, illetve a kínai Peking (Csiangcsiakou várossal közösen).



1. térkép: Az 1924 és 2014 között téli olimpiát rendező városok földrajzi elhelyezkedése (színmagyarázat: piros- egyszer, sárga- kétszer rendezett olimpiát)



2. térkép: Az 1924 és 2014 között téli olimpiát rendező európai városok földrajzi elhelyezkedése (színmagyarázat: piros- egyszer, sárga- kétszer rendezett olimpiát)

Az 1. táblázat az eddig rendezett olimpiák helyszínadatait tartalmazza. Az első négy oszlopban feltüntettem az olimpia sorszámát és időpontját. A következőkben a rendezőváros neve (zárójelben az ország sportban használt hárombetűs rövidítése) és a város tengerszint feletti magassága található. Érdekesnek tartom, hogy bár az olimpiákra mindig a rendezővárosok nevén hivatkozunk, valójában a szabadtéri versenyeket csak ritkán tartották azok közelében, sőt gyakran ötven km-nél is többet kell utazni, hogy elérjük a sípályákat. Eleinte még a turizmusról, téli sportokról híres kisvárosok (Chamonix, St. Moritz, Lake Placid) kapták meg a rendezés jogát. Később a híresebb, nagyobb, de téli sportolásra kevésbé alkalmas városok is lehetőséget kaptak (Torino, Calgary, Vancouver); ezekben a szélsőséges esetekben viszont a névadó várostól akár 100 km-t is meg kellett tenni a sípályáig. Akár az is előfordulhat, hogy egy versenyző úgy vesz részt az olimpián, hogy a rendezőváros közelébe sem megy, hiszen a sportolók szálláshelyei is gyakran a pályához közel helyezkednek el. A táblázatban a síversenyek helyszíneit tüntettem fel, mert ezek a programok sokkal érzékenyebbek az időjárás változására, mint a fedett pályás versenyek. A versenyek helyszíneit a Nemzetközi Olimpiai Bizottság hivatalos zárójelentéseiből kerestem ki [2 – olympic.org]. A tengerszint feletti magasság a megfelelő időjárási körülmények és a hőmennyiség szempontjából fontos. A síeléshez optimális tengerszint feletti magasság 1000–2000 méter. Az első olimpiákon a rendezőváros körül emelkedő hegyeken teljesült ez a feltétel, később azonban egyre több utazással járt a rendezővárostól a megfelelő sípályáig eljutni. A helyszínválasztásnál több szempontot kell figyelembe venni, de fontos tudni, hogy a rendezés eddig jelentkezés alapú volt, így a megfelelő klimatológiai viszonyok nem minden esetben érvényesültek eléggé a végső pályázó kiválasztásánál. 2014 novemberében a Nemzetközi Olimpiai Bizottság (NOB) elfogadta az Agenda 2020 reformprogramot, mely több változtatást tartalmaz. E szerint a jövőben a NOB kéri fel a potenciális érdeklődőket, hogy mutassanak be egy olyan pályázatot, mely egybecseng a hosszú távú sportszakmai, gazdasági, szociális és környezetvédelmi követelményekkel (*Nemzetközi Olimpiai Bizottság, 2014*).

A legtöbb versenyt Európában rendezték, főként az Alpokban, de kétszer Norvégiában is, sőt egyszer, még a balkáni háború kitörése előtt, 1984-ben a Dinári-hegységben is. Észak-Amerikában hat, míg Ázsiában két olimpiát rendeztek: az Egyesült Államok négyszer, a téli sportolóiról híres Kanada, valamint Japán kétszer lehetett házigazda.

1. táblázat: Az 1924 és 2014 között rendezett téli olimpiák kezdő-és zárónapja, a rendezővárosok tengerszint feletti magassága, a síversenyek helyszíne és a sípályák távolsága a rendezővárostól

Sorszám	Év	Nyitónap	Zárónap	Rendezőváros	Tszf. magasság	Síversenyek helyszíne	Távolság a rendezővárostól (közúton)
I.	1924.	január 25.	február 4.	Chamonix (FRA)	1035 m	Chamonix	–
II.	1928.	február 11.	február 19.	St. Moritz (SUI)	1822 m	St. Moritz	–
III.	1932.	február 4.	február 15.	Lake Placid (USA)	568 m	Mt. Van Hoevenberg Whiteface Mountain	14 km 32 km
IV.	1936.	február 6.	február 16.	Garmisch-Partenkirchen (GER)	708 m	Gudiberg Kreuzjoch Kreuzeck	– 11 km 15 km
V.	1948.	január 30.	február 8.	St. Moritz (SUI)	1822 m	St. Moritz Piz Nair	–
VI.	1952.	február 14.	február 25.	Oslo (NOR)	204 m	Norefjell Rødkleiva	120 km –
VII.	1956.	január 26.	február 5.	Cortina d'Ampezzo (ITA)	1210 m	Mt. Faloria Tofana	– 15 km
VIII.	1960.	február 18.	február 28.	Squaw Valley (USA)	1880 m	Squaw Valley McKinney	– 20 km
IX.	1964.	január 29.	február 9.	Innsbruck (AUT)	574 m	Axamer Lizum Patscherkofel Seefeld	20 km 15 km 25 km
X.	1968.	február 6.	február 18.	Grenoble (FRA)	213 m	Autrans Chamrousse	34 km 36 km
XI.	1972.	február 3.	február 13.	Szapporo (JPN)	23 m	Mt. Eniwa Mt. Teine	40 km 23 km
XII.	1976.	február 4.	február 15.	Innsbruck (AUT)	574 m	Axamer Lizum Patscherkofel Seefeld	20 km 15 km 25 km
XIII.	1980.	február 13	február 24.	Lake Placid (USA)	568 m	Mt. Van Hoevenberg Whiteface Mountain	14 km 32 km

Sorszám	Év	Nyitónap	Zárónap	Rendezőváros	Tszf. magasság	Síversenyek helyszíne	Távolság a rendezővárostól (közúton)
XIV.	1984	február 8.	február 19.	Szarajevó (YUG)	500 m	Bjelašnica Jahorina Igman	34 km 35 km 30 km
XV.	1988.	február 13.	február 28.	Calgary (CAN)	1048 m	Canmore Nakiska	105 km 99 km
XVI.	1992.	február 8.	február 23.	Albertville (FRA)	352 m	Courchevel-le Praz Les Arcs Les Menuires Les Saisies Méribel Tignes Val-d'Isère	53 km 76 km 55 km 30 km 44 km 84 km 86 km
XVII.	1994.	február 12.	február 27.	Lillehammer (NOR)	180 m	Hafjell Kvitfjell	23 km 52 km
XVIII.	1998.	február 7.	február 22.	Nagano (JPN)	300 m	Shiga Kogen Hakuba Nozawa Onsen	48 km 45 km 48 km
XIX.	2002.	február 8.	február 24.	Salt Lake City (USA)	1320 m	Park City Mountain Resort Deer Valley Resort Soldier Hollow	50 km 50 km 78 km
XX.	2006.	február 10.	február 26.	Torino (ITA)	239 m	Pragelato Cesana San Sicario Sestriere Sauze d'Oulx	86 km 96 km 105 km 84 km
XXI.	2010.	február 12.	február 28.	Vancouver (CAN)	21 m	Whistler Blackcomb	124 km 125 km
XXII.	2014.	február 7.	február 23.	Szocsi (RUS)	34 m	Krasznaja Poljana	75 km

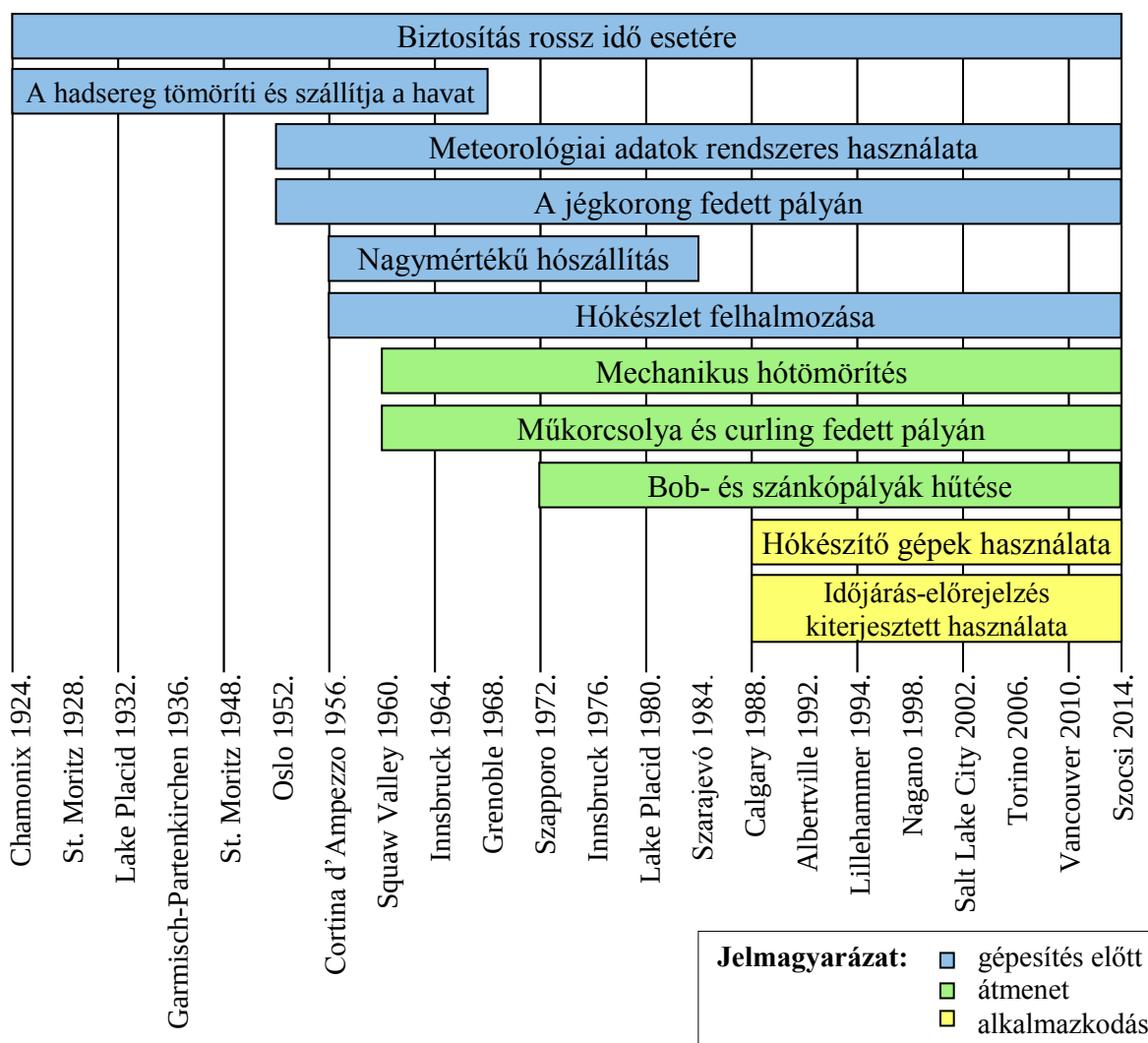
IV. AZ IDŐJÁRÁSI KOCKÁZATOK MEGFÉKEZÉSÉRE IRÁNYULÓ STRATÉGIÁK

A téli sporteseményeket jelentősen befolyásolja az időjárás alakulása, ezért rendezéskor erre fokozottan kell figyelni. Biztonságos és megfelelő helyszínek kialakítása létfontosságú. Fel kell készülni a különböző időjárási eseményekre, és megoldási stratégiákat kell kidolgozni. A Nemzetközi Olimpiai Bizottság a rendezőbizottságokkal és a sportbizottságokkal a kezdetektől alakítja és fejleszti a kedvezőtlen időjárás által okozott kockázatok csökkentésére irányuló stratégiákat (*Scott et al., 2014*). Időben érdemes háromfelé osztani ezeket: gépesítés előtti, átmeneti, és az éghajlat változékonyságához jobban alkalmazkodó időszakokra (*1. ábra*).

Megkérdőjelezhetetlen, hogy az éghajlat változékonysága és változása nagy hatással van a téli sportokra. Már az első téli olimpián is hangsúlyos szerep jutott a meteorológiai megfigyeléseknek, hiszen a nem megfelelő időjárási viszonyok hatalmas problémát jelentenek ilyen léptékű sportversenyeken. A háború után bekövetkező technikai fejlődésnek köszönhető, hogy az 1948-as olimpia óta rendszeresen használják a meteorológiai adatokat. A folyamatosan fejlődő modellek és az előrejelzések javulása miatt a nyolcvanas évektől egyre nagyobb szerepe van a meteorológiának az olimpiák rendezésében.

A szabadtéri versenyek a legérzékenyebbek az időjárás és a klíma változékonyságára. A jégkorong különösen igénybe veszi a jégfelszínt. Az időjárási viszontagságoktól való félelmükben az amerikaiak már 1936-ban fedett pályán rendezték a jégkorongmérkőzéseket, de csak húsz év múlva, Oslóban költözött véglegesen fedett stadionba, mesterséges jégre a sportág. A műkorcsolya és a curling 1960-ban követte. A hetvenes évektől a jobb versenykörülmények érdekében a bob- és szánkópályákat is hűtik.

A megfelelő mennyiség és minőség érdekében az 1960-as évek végéig a hadsereg tömörítette és szállította a havat a versenyhelyszínekre. 1956-os olimpiától kezdve vált gyakorlattá, hogy az előző évi havat felhalmozzák és tárolják, a '60-as évektől pedig mechanikusan tömörítik. A Kaukázus völgyeiben például 700 ezer tonna havat halmoztak fel az előző évből, hogy szükség esetén használható legyen a szocsi olimpián [3 – wintergames.ap.org]. Az időjárás változékonyságához alkalmazkodva manapság már bevett gyakorlat hókészítő gépek használata.



1. ábra: Az időjárási kockázatok elkerülésére tett intézkedések az 1924 és 2014 között rendezett téli olimpiák során (Scott et al., 2014)

Eleinte még természetes havon és jégen rendezték a versenyeket, ezért nem volt ritka, hogy egy-egy verseny félbeszakadt, vagy el is maradt az időjárás gyors változása miatt. 1928-ban enyhe tél volt, elkezdődött az olvadás, esett az eső, ezért nedves lett a hó, és megpuhult a jég felszíne. Az 50 km-es sífutás versenyzőit az erős szél és a napsütés akadályozta. A 10 km-es gyorskorcsolyafutam egy heves vihar miatt félbeszakadt, ezért sem ezen a távon, sem összetettben nem avattak bajnokot (Ivanics és Lévai, 2012). A műkorcsolyapályán zászlók és szalagok jelezték a göröket és az olvadt jeget. Az 1932-es Lake Placid-i helyszín nem bizonyult alkalmasnak téli sportok üzésére. A sípályákra különleges vonatokkal hordták a havat, a műkorcsolyaversenyeket nem lehetett a szabadban megtartani, mert elolvadt a jég, ezért gyorsan csarnokot kellett építeni. A síugró sánc végén tó volt, melybe a nagyobb ugrások után belecsobbantak a versenyzők, mert képtelenek voltak időben megállni. Ez az olimpia hatalmas anyagi veszteséggel zárult (Ivanics és Lévai, 2012).

1956-ban először volt tévéközvetítés az olimpiák történetében. A kevés hó, a $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os hőmérséklet és a nagy köd (25–30 m-es látástávolság) megnehezítette a sportolók dolgát. 1964-ben a verseny helyszínén az olimpia előtt két hónapig nem esett a hó, az előző évi pedig elolvadt a melegben. Ezért a hadsereg mozgósításával 25 000 tonna havat szállítottak a pályákra.

Az 1988-as volt az első „gépesített” olimpia, Calgaryban hóágyúkat kellett használni, a legtöbb versenyt műhavon rendezték. 1998-ban Japánban, a Zenkingi-fennsíkon csak a rendezvény előtti utolsó napokban esett hó. A szocsi olimpián a sífutó számokat a sűrű köd miatt többször elhalasztották.

V. A 2014-ES SZOCSI OLIMPIA

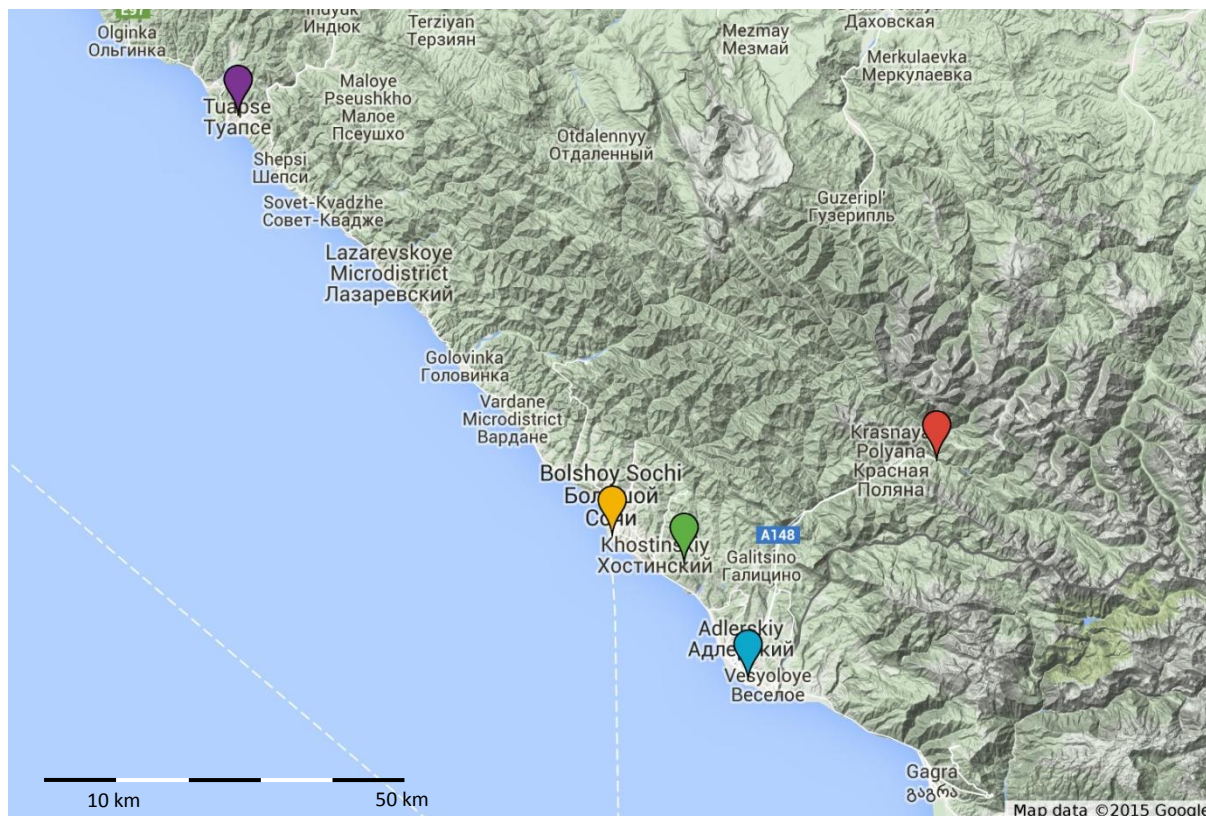
2007 júliusában a Nemzetközi Olimpiai Bizottság úgy döntött, hogy Szocsi rendezheti a 2014-es téli olimpiai játékokat. A döntést sokan nem értették, mert Szocsi a Fekete-tenger partján található üdülőváros, egyike azon ritka orosz városoknak, ahol az átlagos minimumhőmérséklet még a téli hónapokban is fagypont felett van. Az olimpia maximumrekordokat döntött a sportolók, nézők, közvetítési órák száma és a hőmérséklet terén is az eddigi olimpiákhoz képest.

Meteorológiai szempontból különösen érdekes a helyszínválasztás, ezért erre az olimpiára vonatkozóan készítettem esettanulmányt. Sajnos, mivel csak egy évvel ezelőtt rendezték a játékokat, és a tudományos cikkek átfutási ideje ennél hosszabb, ezért kevés szakirodalmi forrás áll rendelkezésre az olimpiát követő időkből.

Az olimpiára való felkészülés nemcsak a sportolóknak volt kihívás, hanem a szervezőknek, és a háttérrel biztosító meteorológusoknak is. Különleges szervezettséget és felkészültséget igényel egy ilyen nagy léptékű esemény időjárási biztosítása, hiszen több tízezer néző, és háromezer sportoló biztonsága a tét. A korábbi olimpiák tapasztalatai mutatják, hogy az időjárási viszonyok megzavarhatják az olimpia menetrendjét, okot szolgáltathatnak a versenyek törlésére. Ezért a naprakész hidrometeorológiai információkkal való ellátás fontos a rendezőknek, versenyzőknek és a nézőknek is (*Kiktev et al., 2013*).

A versenyeket helyszín szerint kétfelé oszthatjuk: tengerparti és hegyvidéki részre (3. *térkép*). A tengerparti rész Adlerben, a közigazgatásilag Szocsihoz tartozó kisvárosban található, itt rendezték a jeges versenyeket (műkorcsolya, gyorskorcsolya, rövid pályás

gyorskorcsolya, jégkorong, curling), valamint a nyitó-és záróünnepséget. A hegyvidéki terület Krasznaja Poljana falu közelében, a Nyugat-Kaukázusban található, itt, a Rosa Khutor sikházban rendezték a szabadtéri versenyeket (alpesi sí, sífutás, biatlon, síugrás, északi összetett, síakrobatika, bób, szánkó, sikelet, hódeszka). A szabadtéri versenyek függenek legjobban az időjárási körülményektől. A térséget nagy időjárási kontrasztok és térbeli változatosság jellemzi. A hegyvidéki és a tengerparti szubtrópusi éghajlat bonyolult összessége teszi az előrejelzést különösen nehézé.



3. térkép: A 2014-es szocsi olimpia térségének fontos helyszínei (színmagyarázat: piros- Rosa Khutor sikház, sárga- Szocsi városközpont, kék- Adler olimpiai park, lila- Tuapsze rádiószondázó állomás, zöld- Ahun hegyi radarállomás)

1. Időjárási jellemzők és feladatok

A szocsi régió téli időjárását a kvázi-permanens fekete-tengeri nyomási depresszió és az ázsiai anticiklon nyúlványa határozza meg. Jellemzők a gyorsan átfutó ciklonok erős széllel, havazással, esőzéssel és keletről érkező hideg anticiklonális behatolásokkal kísérv. A Kaukázus éghajlatválasztó: a keletről érkező hideg benyomulásokat a hegység főgerince csökkenti, valamint a Fekete-tenger felől érkező meleg, nedves levegőt is feltartóztatja. A tipikus tengerfelszíni hőmérséklet Szocsi közelében február–márciusban 8-10 °C (WMO, 2012).

Az olimpia időszakára (február eleje–március vége) vonatkozó sokéves felszínközeli minimumhőmérséklet a hegyvidéki területen fagypont alatt alakult minden tengerszint feletti magasságon. Az átlagos maximumhőmérséklet az 1600 méter fölötti helyszíneken, az átlagos napi középhőmérséklet 700 méter fölött negatív. Néha az intenzív hóhullámok veszélyeztetik a természetes hótakarót a hegyvidéki terület legalacsonyabban fekvő részein, másrészt az erős hóesések is jellemzők erre a területre. A Krasznaja Poljanában (tszf. 568 m) regisztrált legnagyobb napi hómennyiség 92 cm volt. Általában az évi csapadékmaximum a téli időszakra esik. Krasznaja Poljanában az átlagos csapadékösszeg februárban és márciusban hóvíz egyenértékben kifejezve 123 illetve 118 mm (WMO, 2012).

Gyakori kockázatos időjárási tényezők is kihívást jelentenek az előrejelzőknek: heves csapadékhullás, erős szél, ónos eső, sőt néha zivatar is előfordul a környéken. Az olimpia idején leginkább vizsgálandó időjárási tényezők: a csapadék intenzitása, fajtája, csapadéktevékenység kezdete és vége, a felhőalap-magasság, látástávolság, a széllokések és a hőmérséklet (főként, hogy mikor haladja meg a 0 °C-ot) (Kiktev et al., 2013).

Fontos feladat, hogy a lehető legpontosabb numerikus időjárás-előrejelző modellek álljanak rendelkezésre az olimpia idejére és térségére vonatkozóan, mind a nowcasting (részletes előrejelzés a következő néhány órára), mind az ultrarövid távú (következő 12 óra) és a rövid távú (3 napig) időskálán is.

2. A FROST-2014 projekt

Az olimpiákon a kezdetektől fogva van meteorológiai biztosítás, manapság már nemzetközi szakemberekből álló csoport foglalkozik ezzel. A 2014-es olimpia előrejelzési projektje, az Előrejelzés és Kutatás: Szocsi Olimpiai Teszthálózat (FROST-2014)¹, a WMO égisze alatt alakult 2011-ben a 2014-es Szocsi Téli Olimpiai Játékok meteorológiai biztosítására. A projekt a nowcasting, a regionális, ultrarövid és rövid távú numerikus előrejelzések problémáira összpontosít. Nemcsak a sportolók érkeznek a Föld különböző részeiről, hanem a meteorológusok is. A FROST projektben Oroszország, Olaszország, Németország, Kanada, Norvégia, USA, Ausztria, Finnország, valamint a 2018-as olimpiának otthont adó Dél-Korea szakemberei vettek részt.

A projekt céljai a következők voltak (Kiktev et al., 2013):

¹ FROST-2014: Forecast and Research: The Olympic Sochi Testbed

- hegyvidéki körülmények között a téli időszakra vonatkozó hidrometeorológiai észlelések adatait tartalmazó nyílt információforrás létrehozása a tudós társadalom részére
- téli nowcasting rendszer fejlesztése a komplex terep körülményeire, a kockázatos és kedvezőtlen időjárási eseményekre fókuszálva
- részletes mezoskálájú determinisztikus és ensemble előrejelzések fejlesztése a komplex területre
- adatbázis-bővítés az olimpia operatív hidrometeorológiai kiszolgálásának érdekében, a FROST-2014 projektben résztvevő előrejelző-rendszerek produktumainak felhasználásával
- a helyi meteorológiai folyamatok és a kedvezőtlen időjárási események fizikájának pontosabb feltárása
- az időjárás-előrejelzések minőségjavulásának és a javulás gyakorlati hatásainak becslése

A korábbi olimpiák (Sydney, Peking, Vancouver, London) tapasztalatai azt mutatták, hogy a nemzetközi együttműködés segíti a nemzeti szolgálatokat az olimpián felmerülő hidrometeorológiai problémák megoldásában. Ilyen támogatást nyújthat a Meteorológiai Világszervezet (WMO)² kutatóprogramjának (WWRP)³ részeként működő kutatás-fejlesztési projekt (RDP)⁴ és az előrejelzés-bemutató projekt (FDP)⁵. A WWRP tudományos projektjei az új ismeretek szerzését, az előrejelző rendszerek fejlesztését, és a legkorszerűbb technikák bemutatását tűzték ki célul. Az első ilyen projekt a Mezoskálájú Alpesi Program (MAP)⁶ volt, mely a mezoskálájú alpesi folyamatokkal, elsősorban a komplex terep időjárási folyamatainak és a villámárvizek meteorológiájának megértésével foglalkozott. A Sydney 2000 és a Beijing 2008 projekt feladata nowcasting és a mezoskálájú ensemble előrejelzések fejlesztése és javítása volt, különösen a nyári konvektív eseményekre és a csapadék-előrejelzésre helyezve a hangsúlyt. A vancouveri olimpia nowcastingjának tudományos projektje (SNOW-V10)⁷ a

² WMO: World Meteorological Organization

³ WWRP: World Weather Research Program

⁴ RDP: Research Development Project

⁵ FDP: Forecast Demonstration Project

⁶ MAP: Mesoscale Alpine Programme

⁷ SNOW-V10: Science of Nowcasting Olympic Weather for Vancouver 2010

vancouveri téli olimpia fontos és új problémáival foglalkozott: komplex területen, télen nowcasting technikák alkalmazásával jelezték előre az eső-hó határt, a hóesés-intenzitást, a látástávolságot (köd, alacsonyszintű felhőzet), a hőmérsékletet és a szelet. A FROST projekt szervezése során már előre látták, hogy Vancouverhez hasonlóan Szocsiban is az erős szelek, látástávolság, alacsony felhőzet, csapadékmennyiség és a csapadék halmazállapota okozhat problémát. A korábbi olimpiák tapasztalatait felhasználva, új időjárás-előrejelző rendszereket fejlesztve és tesztelve lehet elérni a célokat (WMO, 2012).

Az előzetesen megfogalmazott elvárások a FROST projekttel kapcsolatban:

- kiterjeszteni a mezoskálájú ensemble előrejelzéseket a hegyi környezetre és téli időszakra
- kiterjeszteni a MAP projekt tapasztalatait különböző időjárási eseményekre
- kiterjeszteni a numerikus előrejelzésekre a SNOW-V10 projekt tapasztalatait, mely elsősorban a nowcastingra fókuszált

Az olimpia területén levő megfigyelő-hálózatot 40 automata meteorológiai állomással egészítették ki, hogy segítsenek a nowcasting technikák alkalmazása során felmerülő problémák megoldásában, a numerikus előrejelzések számára készülő adatasszimilációban, és az előrejelzések verifikációjában. A hőmérséklet, nedvesség, szélirány, szélesebség, csapadékinzintitás és csapadéktípus mellett néhány állomás mérte a látástávolságot, a felhőalap-magasságot, bizonyos sugárzási paramétereket, és a hóborítottságot is. 2012 végén Vaisala Doppler-radart telepítettek a Szocsi mellett található 663 méter magas Ahun hegyen (3. térkép). 2013-tól egy hőmérséklet- és nedvességmérőt, egy LAP 3000 sodart és két MRR-2 mikrocsepesség-mérő radart, valamint a Krasznaja Poljana területén több megfigyelőállomást üzembe helyeztek. A numerikus előrejelzések számításához és az előrejelzések eredményeinek validálásához szükség van az automata állomások adatainak sorozatára nagy (10 perc vagy nagyobb) időbeli felbontásban (Kiktev et al., 2013).

3. A nowcasting technológia megvalósítása és a COSMO projekt

A nowcasting szakkifejezés jelentése: az időjárási helyzet elemzése és nagyon rövid távú (0–6 óras) előrejelzése. A nowcasting módszer lényege, hogy területileg és hőmérsékletileg részletes előrejelzést szolgáltat néhány órára általában a radaradatok és a korábbi mérések trendjeinek extrapolációjával. Kiktev (2013) szerint a mérési adatok és

mezoszkálájú modellek regionális adatasszimilációs rendszere fejlesztésének akkori szintjén a numerikus időjárás-előrejelzés gyakran kevésbé pontos, mint a korábbi észlelések lineáris extrapolációja. Néhány modern nowcasting rendszerben a mérési adatok extrapolációját kombinálják a numerikus előrejelzések kimenő adataival.

Az elmúlt évek tapasztalatai, kiváltképp a 2010-es vancouveri téli és a 2012-es londoni nyári olimpiáé, a numerikus előrejelzések nowcasting rendszerekben betöltött nagy szerepét mutatják.

A nowcasting rendszerekben a különböző informatív komponensek meglehetősen függhetnek a lokális feltételektől. A hegyvidéki területeken, különösen Krasznaja Poljanában, ahol a szabadtéri versenyeket tartották, az időjárási jelenségek mozgásának lineáris extrapolációja számottevő hibákkal járhat a terepviszonyok levegőáramlásban betöltött nagy szerepének köszönhetően. Például a SNOW-V10 kanadai olimpiai projekt mutatja, hogy a radareredmények extrapolációja csekély információtartalommal bír. A legjobb előrejelzést a következő néhány órára Vancouverben adaptív nowcasting technológiával állították elő, a pontról pontra, rövid futási idővel, az aktuális mérési adatokkal futó néhány modellel kombinálva. Eddig a legtöbb nowcasting rendszert a nyári időszak konvektív jelenségeire és viszonylag egyszerű topográfiára fejlesztették ki. A téli, hegyvidéki nowcastingről még igen szerény tapasztalatokkal rendelkezünk. A SNOW-V10 projekt úttörő volt ezen a téren (*Kiktev et al., 2013*).

2009 óta az Orosz Állami Hidrometeorológiai és Környezet-megfigyelő Szolgálat, a Roshydromet⁸, tagja a Kiskálájú Modellező Konzorciumnak (COSMO)⁹. A COSMO modell szolgáltatta az alapot a mezoszkálájú előrejelzésekhez az olimpia idején. A CORSO¹⁰ (Üzemeltetés és Kutatás Egyesítése a Szocsi Olimpiai Játékokra) projekt célja, hogy fejlessze és erősítse a numerikus rövid távú előrejelzés komplex technológiáját, nagy térbeli felbontással a hegyi régióra, a téli időszakra, felhasználva a COSMO konzorcium kutatásait és fejlesztéseit.

A szocsi régió komplexitása megköveteli a nagy felbontású mezoszkálájú modellek használatát, ezért az orosz meteorológiai szolgálat COSMO–RU nevű, nemhidrosztatikus modelljét alkalmazták az olimpián. A FROST projektben két konfigurációt alkalmaztak. Az

⁸ Roshydromet: Russian Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring

⁹ COSMO: Consortium for Small-Scale Modeling

¹⁰ CORSO: Consolidation of Operation and Research for the Sochi Olympic Games

első lefedi Oroszország európai részét moszkvai középponttal, 7 km-es rácsfelbontással (COSMO–RU7). A másik konfiguráció az egész fekete-tengeri partvidéket és a környező területeket fedi le 2,2 km-es felbontással (COSMO–RU2). A hagyományos determinisztikus módszerek mellett a COSMO technológián alapuló ensemble előrejelzéseket is készítettek Szocsi területére. 2011 decembere óta 7 km-es felbontású valószínűségi előrejelzéseket készítettek naponta kétszer Szocsi területére (*Kiktev et al., 2013*).

A hegyi területekre vonatkozó mezoskálájú modellezés minőségét nagymértékben meghatározza a valódi domborzat és a modell közti különbség. Ezért érdemes a verifikációs poligonokat tengerszint feletti magasság szerint kiválasztani. Az olimpia területe a komplexitásról és változatosságról nevezetes: a fagyásmentes Fekete-tengertől, a Nagy-Kaukázus gerincéig nyúlik. A szignifikáns magassági változékonyság keveredik az évszakos változékonyságú légköri cirkulációval. A klimatikus viszonyoktól függően három sávra osztható a terület: partvidéki (tengerszint feletti 0–300 m), hegylábi (300–600 m) és hegyi (600–2500 m) övezetre. (*Murav'nev et al., 2013a*).

A partvidéki zónában található Szocsi, klímája nedves szubtrópusi, a hegylábi területen található Krasznaja Poljana falu, hegyvidéki-tengeri klímával. Itt minden télen havazik, február a leghidegebb $-0,5\text{ °C}$ -os átlaghőmérséklettel, az abszolút minimumhőmérséklet -17 °C . Ebben a zónában a gyenge, északkeleti vagy délkeleti hegy-völgyi szél a jellemző. A hegyvidéki területen már novemberben megjelenik a hótakaró, és a bőséges csapadék növeli azt. Az átlagos téli középhőmérséklet 800–1200 méteren -3 °C , 1200–2500 méteren -6 °C és -10 °C közötti, a minimumhőmérséklet szélsőséges esetben -21 °C -ig csökkenhet.

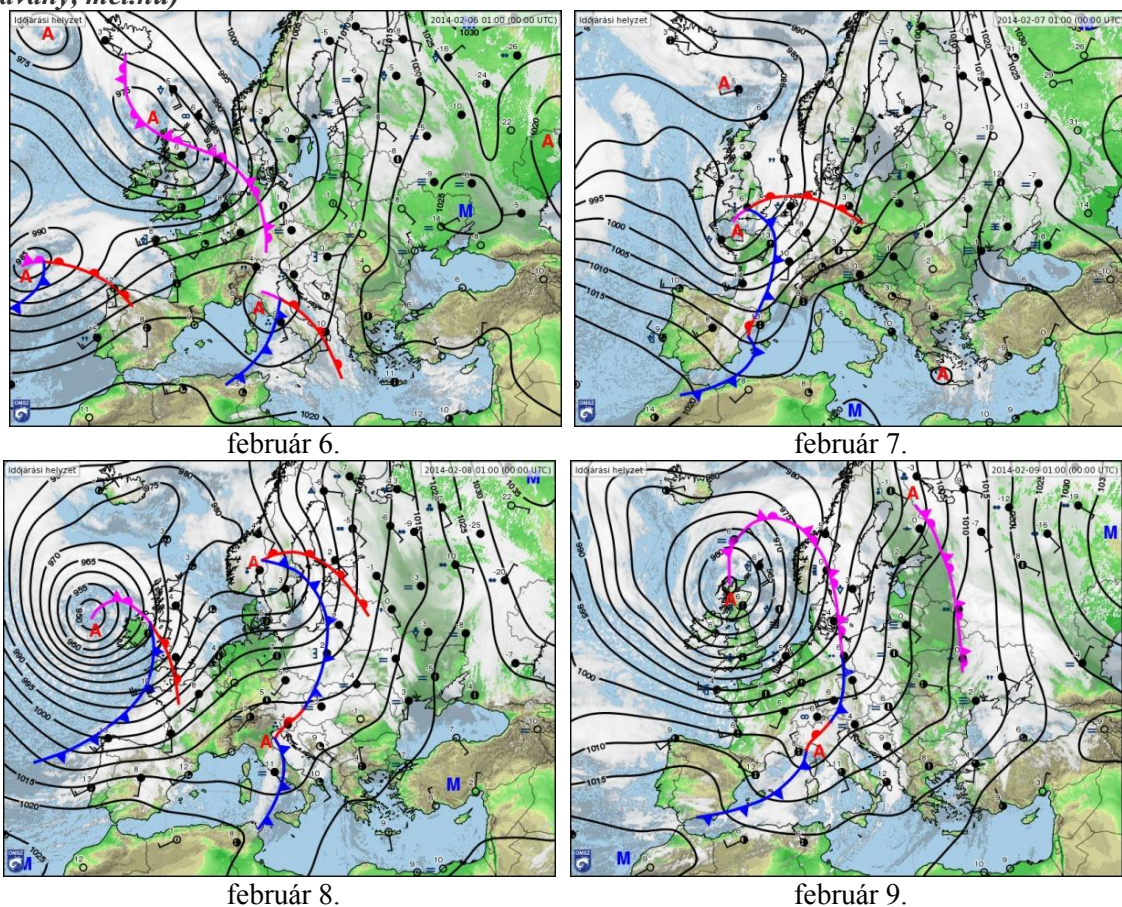
A FROST projekt keretében három verifikációs poligont választottak ki a tesztidőszakra. A kevés állomás miatt a hegylábi és hegyvidéki zónákat egyesítették, a partvidéki zónát pedig kettéosztották: Szocsi és Adler középpontúvá. A modell verifikációjához szükséges adatokat a 2012 decemberében az Ahun hegyre telepített radar szolgáltatja. Az előrejelzés minőségét két tesztidőszakban ellenőrizték: a 2011–12-es és a 2012–13-as évben decembertől márciusig. A négyhónapos periódust a földrajzi sajátosságokhoz alkalmazkodva választották ki, hogy elegendő és megfelelő adat legyen a számításokhoz (*Murav'nev et al., 2013a*).

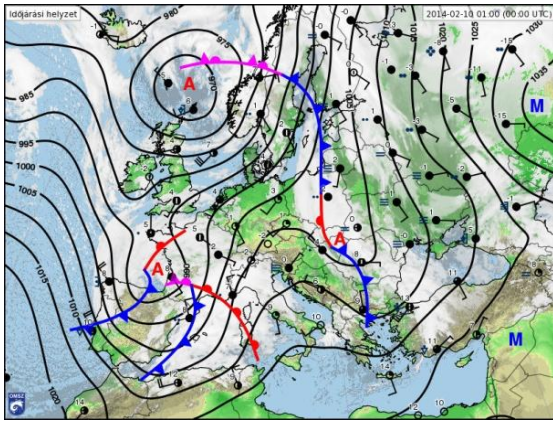
A COSMO-RU2 modellen alapuló előrejelzés a hegyvidéki területen az első tesztidőszakban az átlaghőmérsékletet felülbecsülte, a második tesztidőszakban pedig alulbecsülte. Ennek oka többek közt az lehetett, hogy a különböző nagyskalájú folyamatok gyakorisága és időtartama különböző volt (a második tesztperiódus, 2012–13 tele szokatlanul meleg volt). A nagyskalájú cirkuláció évről évre történő változása azt mutatja, hogy a modellfejlesztésekhez fontos a többéves adatsorok gyűjtése és elemzése (*Murav'ev et al., 2013b*).

4. Általános leírás a szocsi környéki szinoptikus helyzetről

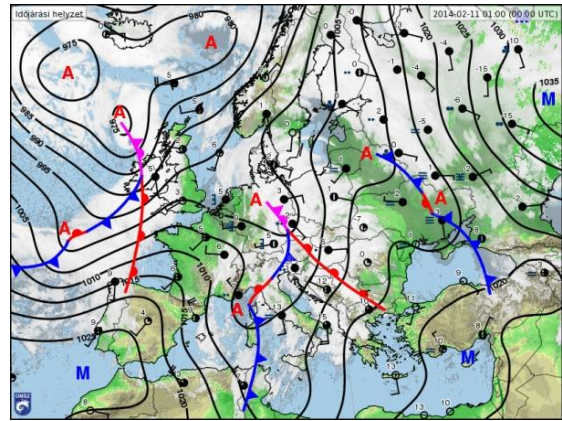
A szinoptikus helyzet elemzéséhez az Országos Meteorológiai Szolgálat engedélyével az olimpia ideje alatt készült Napijelentés kiadványokat használtam fel. A 2. táblázatban az Európáról 0 UTC-kor készült frontanalízis térképeket mutatom be [4 – met.hu]. Az olimpia hivatalosan csak február 7-én kezdődött, de mivel néhány versenyszámot már 6-án megtartottak, ezért a térképeket február 6-tól kezdődően elemzem.

2. táblázat. Szinoptikus térképek a szocsi olimpia idejére (2014. február 6–23.) (*Napijelentés kiadvány, met.hu*)

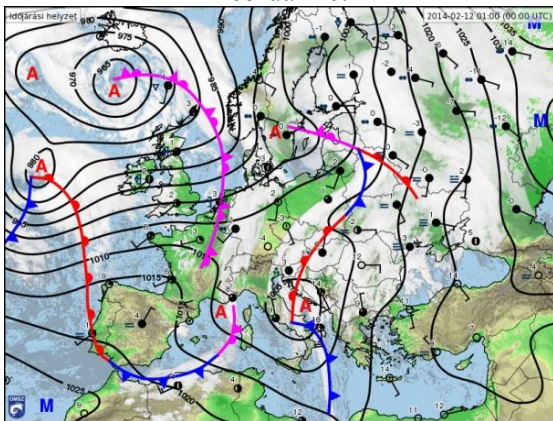




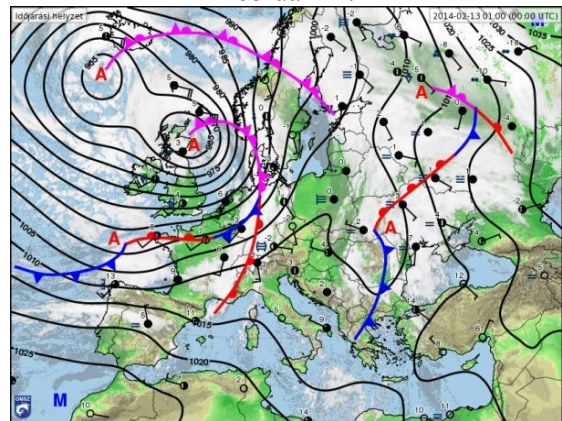
február 10.



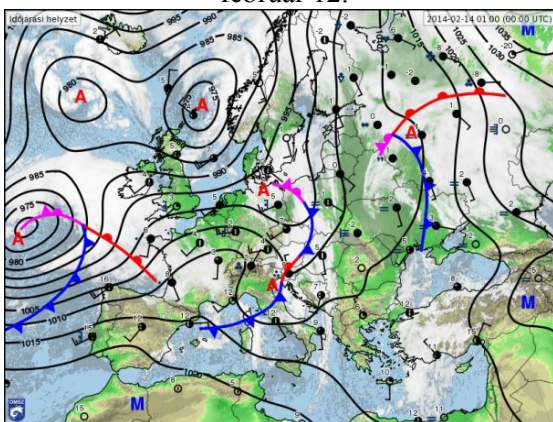
február 11.



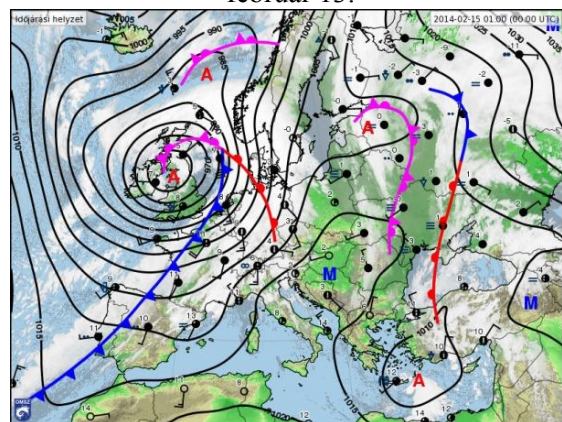
február 12.



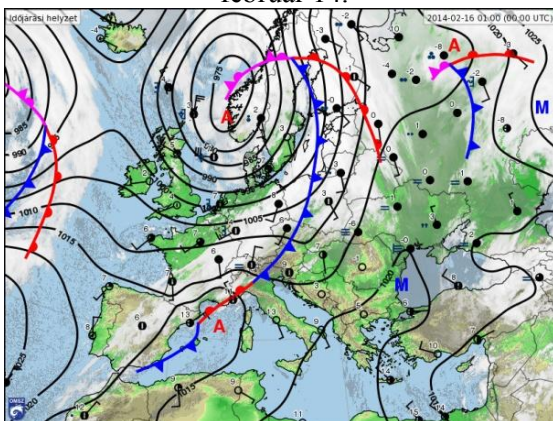
február 13.



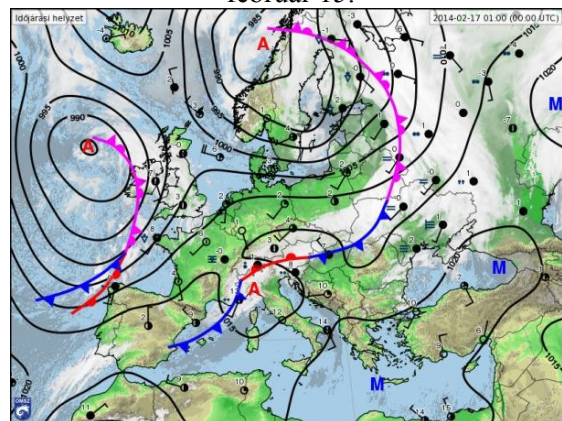
február 14.



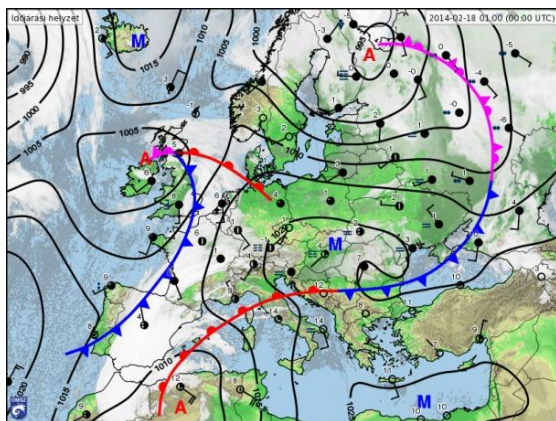
február 15.



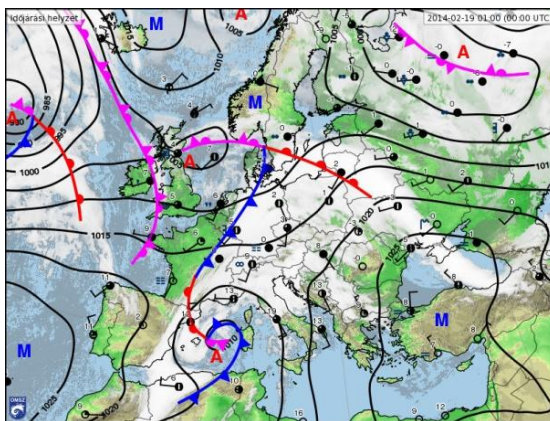
február 16.



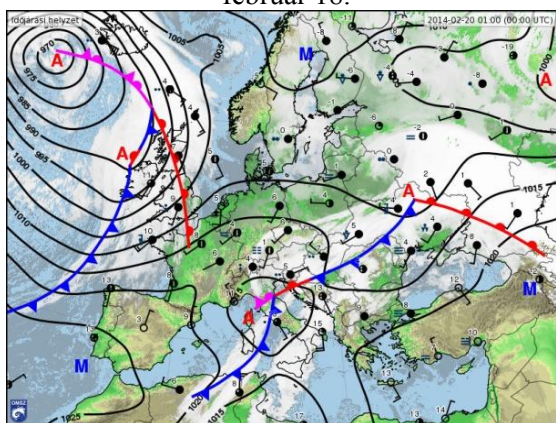
február 17.



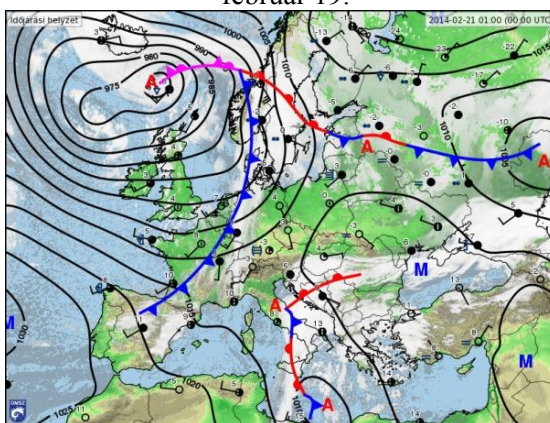
február 18.



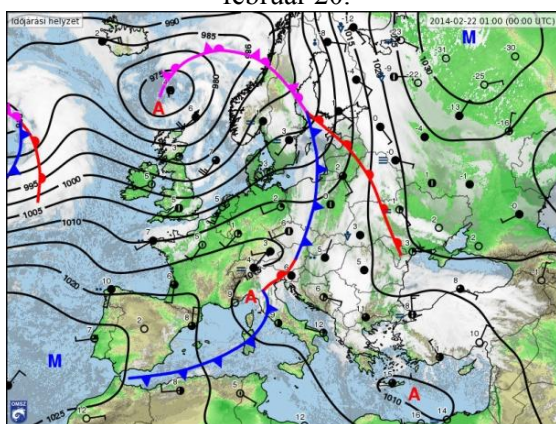
február 19.



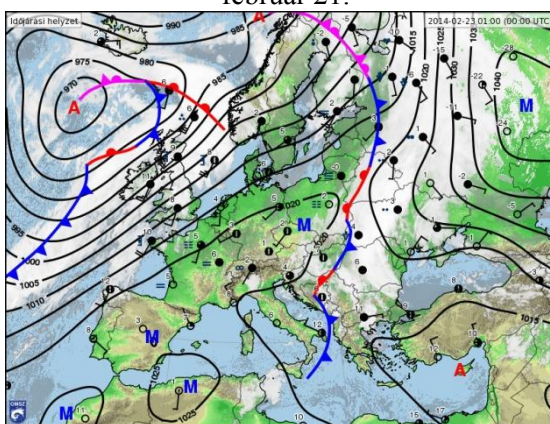
február 20.



február 21.



február 22.



február 23.

Február 6-án Kelet-Európa fölött magasnyomású képződmény helyezkedett el, melynek középpontja az Azovi-tengertől északra volt. A képződmény miatt a nappali felmelegedés csekély volt, a térségben éjjel $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ körüli hőmérsékleteket mértek.

Február 8-án a Kelet-Európában elhelyezkedő nagyterjedésű anticiklon hatására alacsonyszintű rétegfelhőzet borította a tájat. Ennek az anticiklonnak, és egy másik, kis-ázsiai középpontú anticiklonnak a hatása érvényesült Szocsi környékén is. Eseménytelen volt az időjárás, alig emelkedett ott fagypont fölé a hőmérséklet. Ahogy az anticiklonok keletebbre helyeződtek, a hőmérséklet emelkedett a térségben.

Február 11-én Európa nagy részének időjárását a nyugat felől érkező frontrendszer határozta meg, éjfél felé egy hidegfront érte el a Kaukázus térségét. Ennek következtében beborult az ég, és néhány fokot csökkent a hőmérséklet.

Február 15-én egy melegfront érte el a Fekete-tenger partjait, kiterjedt felhősödést és csapadékot okozva. A Kaukázus felett egy anticiklon alakította az időjárást, ködös, hűvös volt az idő. 16-án az anticiklon középpontja a Fekete-tenger nyugati medencéje fölé helyeződött, másnapra már elérte Szocsi térségét. Hatására a ködös idő miatt több hegyi versenyszámot el kellett halasztani.

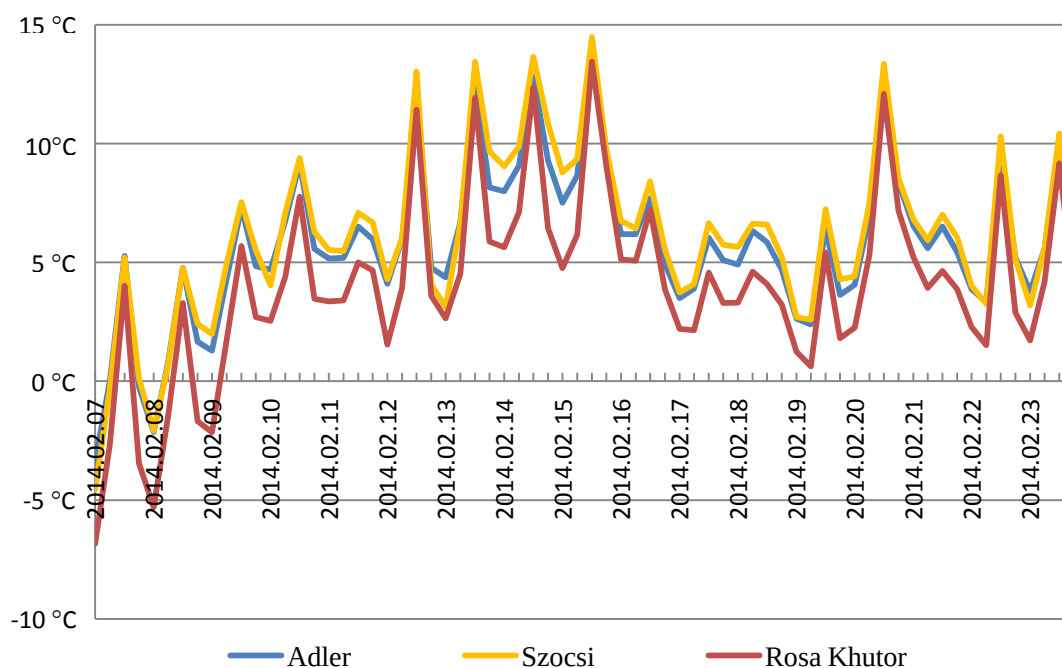
Február 18-án Skandináviától a Kelet-európai-síkságon keresztül a Balkán-félszigeten át a Földközi-tengerig hullámozó frontrendszer húzódott. A Kaukázus vidékét északnyugat felől egy hidegfront érte el csapadékot okozva. A csapadéktevékenység végén a kaukázusi Rosa Khutor síközpontban több mint 30 cm havat mértek (*Reid et al., 2014*). 19-ére a Fekete-tenger partvidékén a hidegfront nyomában a hőmérséklet 8-10 fokot csökkent. A hegyekben még mindig borult volt az idő, fokozatosan egy anticiklon hatása alá került a térség.

21-én továbbra is anticiklonális hatások uralkodtak, borult, enyhe időt okozva. 6 és 8 UTC (helyi idő szerint 9 és 11 óra) között frontálzóna érte el a térséget, 980 méter magasságban a Rosa Khutorban intenzív záporosót mértek (*Reid et al., 2014*). Az olimpia utolsó két napján nagyrészt derült volt az idő, a hőmérséklet fagypont fölött alakult.

A hivatalos mérési adatok csak a FROST projekt résztvevői számára hozzáférhetőek, ezért az ERA-Interim [5 - ecmwf.int] reanalízis adatait használtuk fel. Az Európai Középtávú Előrejelző Központ (ECMWF)¹¹ 1975-ben kezdte meg működését. Minden nap elkészítik a felszínközeli hőmérséklet becslését meteorológiai mérések és néhány órás modell-előrejelzések alapján. A rendelkezésre álló lehető legtöbb mérési adatot felhasználják. A rövid távú előrejelzések segítségével olyan pontokra is becslést készítenek, ahol mérés nem áll rendelkezésre. 1979 óta a megfigyelt és előrejelzett értékek kombinációjával létrejött az ún. reanalízis adatbázis [6 – met.hu/ismeret-tar]. Az ERA Interim adatbázis havonta, két hónap késleltetéssel bővül. Az olimpia három fő helyszínéhez (Szocsi városközpont, Adler olimpiai park, Krasznaja Poljana Rosa Khutor síközpont) legközelebbi rácspontokból 0 UTC-től kezdve 6 órás időlépcsővel töltöttünk le adatokat az olimpia idejére 0,125°-os rácsfelbontással.

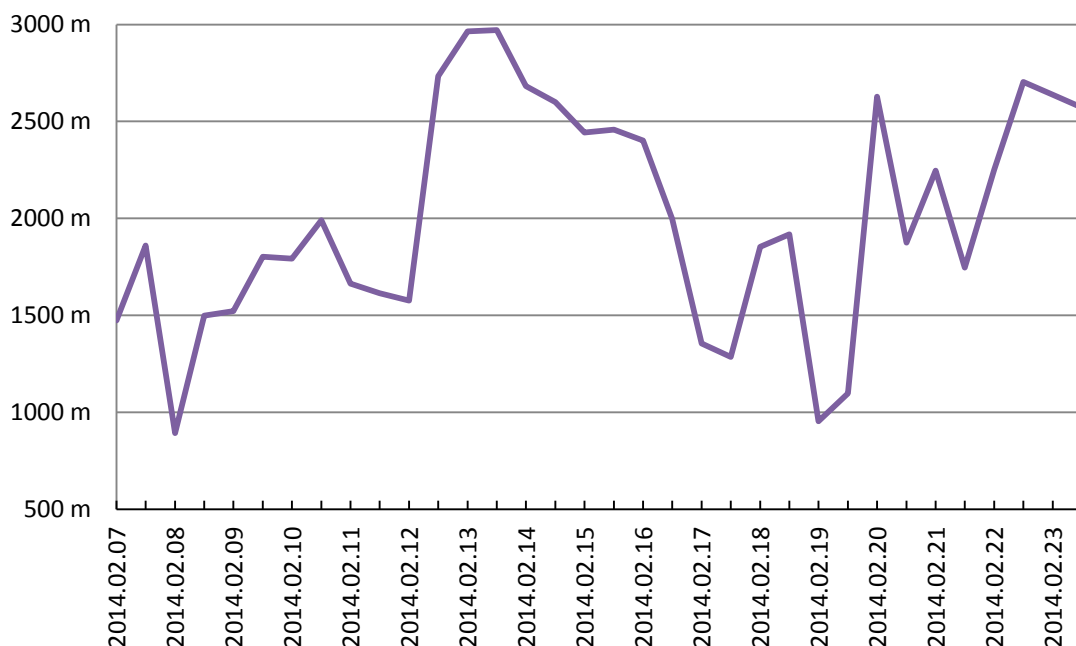
¹¹ ECMWF: European Centre for Medium-Range Weather Forecasts

A hőmérsékleti adatokból (2. ábra) jól látható az olimpia elejétől a közepéig tartó erőteljes felmelegedés. Az első napokban a nappali felmelegedés után éjszaka még visszahűlt fagypont alá a hőmérséklet. Később már a hegyvidéki területen, Krasznaja Poljanában se csökkent 0°C alá a hőmérséklet. A hőmérsékleti görbék szépen egymás alatt futnak, de látszik a tenger kiegyenlítő hatása, a hegyen nagyobb az éjszakai lehűlés. Jól mutatja az ábra a február 16-tól 19-ig tartó hűvösebb időszakot.



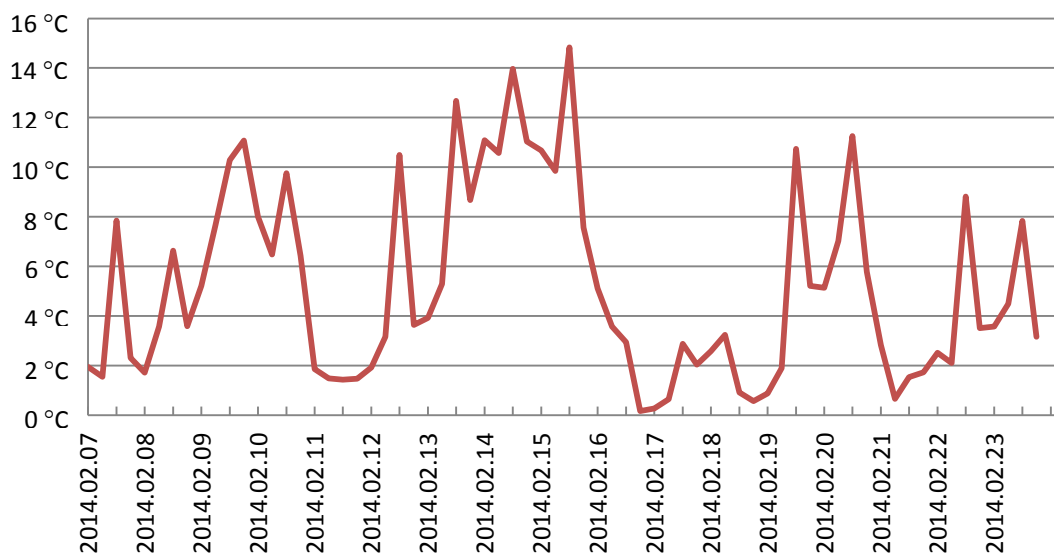
2. ábra: Hőmérsékleti menetek 2014. február 7. és 23. között az olimpia három fő helyszínén (Adler, Szocsi és Rosa Khutor síközpont) 0, 6, 12, 18 UTC-s ERA-Interim reanalízis adatok alapján

A téli sportok szempontjából különösen fontos, hogy a sportesemények helyszínén fagypont alatti-e a hőmérséklet. Ezért a Wyomingi Egyetem honlapjáról [7 – weather.uwyo.edu] letöltöttem a Szocsihoz legközelebbi rádiószondázó állomás adatait. Ez az állomás Tuapsze városban található (3. térkép), Szocsitól északnyugatra kb. 100 km-re a tengerparton (tszf. magasság 41 m). Napi kétszer, 0 és 12 UTC-kor bocsátanak fel ballont. A felszállásokból meghatároztam a 0°C -os hőmérsékleti szint tengerszint feletti magasságát (3. ábra). Ezek az adatok természetesen a távolság miatt csak elnagyolt becslést adnak arról, hogy a Szocsi környéki hegyekben milyen magasságban volt a fagypont, de azért néhány dolog leolvasható a diagramról. Látható, hogy csak kétszer megy 1000 méter alá a 0 fokos szint, és a hőmérsékleti diagrammal összhangban február közepén van a legmagasabban ez a szint, majdnem 3000 méteren.



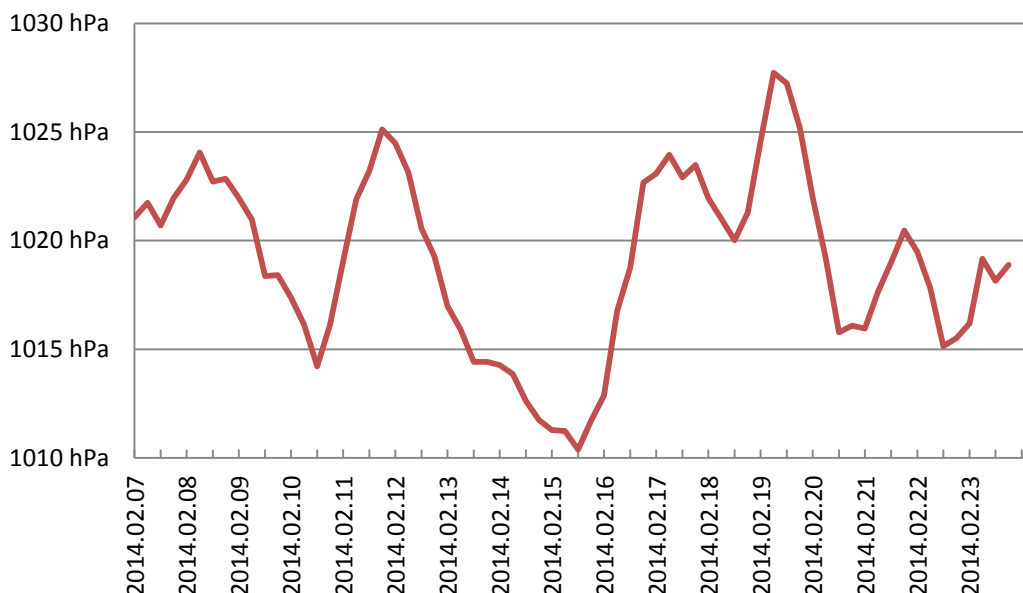
3. ábra: Tuapsze rádiószonda 0 és 12 UTC-s méréseiből a szocsi olimpia idejére (2014. február 7–23.) meghatározott 0 °C-os izoterma tengerszint feletti magassága

Két diagramot készítettem még, mindkettőt a Rosa Khutor síközponthoz legközelebb eső rácspont reanalízis adataiból. A harmatpontdeficit-görbén (4. ábra) jól látható, hogy február 17-én 1 °C-nál is kisebb a hőmérséklet és a harmatpont közötti különbség. Ezen a napon nagy ködöt regisztráltak a sípályák területén, ezt a harmatpontdeficit alakulása is alátámasztja.



4. ábra Harmatpontdeficit-görbe a szocsi olimpia idején (2014. február 7–23.) Rosa Khutor síközpontra 0, 6, 12, 18 UTC-s ERA-Interim reanalízis adatok alapján

Az 5. ábra a Rosa Khutornál mért légnyomásértékek változását mutatja. Látható, hogy az olimpia ideje alatt alacsony nyomású jelenségek ritkán fordultak elő, főleg anticiklonok határozták meg az időjárást, ahogy azt a szinoptikus térképekről is leolvashattuk.



5. ábra: Tengerszintre átszámított légnyomás menete a szocsi olimpia idején (2014. február 7–23.) Rosa Khutor síközpont 0, 6, 12, 18 UTC-s ERA-Interim reanalízis adatok alapján

5. Eredmények és tapasztalatok

2014 októberében tartották a FROST projekt résztvevői a negyedik konferenciájukat. Az ott tartott előadások hozzáférhetők a projekt honlapján [8 – frost2014.meteoinfo.ru]. Ezek alapján próbáltam felmérni, hogy mennyire volt sikeres a szocsi olimpia meteorológiai biztosítása.

Vasilyev és Dmitrieva (2014) a Krasznaja Poljában 2013–14 telén végzett előrejelzési munka tapasztalatairól tartott előadást. Az elmúlt négy évben a 2013–14-es tél volt a legmelegebb, hosszan tartó meleg periódusokkal. Ez volt a legcsapadékosabb január és a legszárazabb február a 2010–11-es tél óta. December és február időjárását anticiklonok, január és március időjárását pedig jórészt ciklonok alakították. Sok olyan nap volt, melyen a rossz látásviszonyok és alacsonyszintű felhők jelentettek problémát. A nehézségek ellenére az összes olimpiai és paralimpiai számot megtartották, csak hármat kellett elhalasztani a rossz látási viszonyok miatt. Az összes halasztást idejében jelezték a meteorológusok. Néhány versenyen az elraktározott készletekből és a magasabb hegyekből kellett pótolni a havat, néhol (főleg a síugrásnál) mesterséges havat használtak.

2013–14-ben szignifikánsan megnőtt a rendelkezésre álló modellek és meteorológiai produktumok száma. A modellek használhatósága erősen függ a felhasználtól: minél jobban ismeri a szakember a modellt, annál sikeresebb lesz az előrejelzés. A produktumok nagy mennyisége előny is és hátrány is, mert az előrejelzőnek elég kevés ideje van döntéshozatalra, és a felhasználási lehetőségeket is meg kell tanulni. A nagyfokú automatizálás miatt az előrejelzőnek kulcsszerepe van. Ellenőriznie kell a különböző (néha ellentmondó) információkat, a lehető legjobban kell ismernie a helyi viszonyokat, terepet és az előrejelző rendszereket, és gyorsan kell döntést hoznia (*Vasilyev és Dmitrieva, 2014*).

Az előadás arra is kitért, hogy különleges időjárási helyzetekben hogyan viselkedtek a modellek. Február 7-én a fön széllel érkező melegedést a legtöbb modell alulbecsülte. Február 10–11-re a modellek nagy része mérhető csapadékmennyiséget jelzett, de az érkező front végül csak nyomnyi csapadékmennyiséget okozott. Február 15-én a Krasznaja Poljanában előforduló maximális széllokést szinte az összes modell alulbecsülte. Február 16–17-én lokális ciklogenezis játszódott le a térségben, ezt nem mindegyik előrejelző rendszer számította ki. A február 18-i jelentős mennyiségű csapadékot a legtöbb modell pontosan jelezte. Február 22-én újra fön alakította az időjárást, a modellek megint alulbecsülték a hőmérsékletet (*Vasilyev és Dmitrieva, 2014*).

Összességében elmondható, hogy a meteorológusok sikeresen teljesítették a biztosítási feladatot az olimpián. Volt néhány téves riasztás (pl. a február 10–11-i csapadékra vonatkozóan), de szükséges riasztást sosem mulasztottak el (*Kiktev, 2014*).

A szocsi olimpia meteorológiai biztosításának sikerességéért mindent megtettek a szervezők. Most már világosan látszik, hogy a helyszínválasztás nem volt szerencsés, a klimatikus viszonyok és a szokatlanul enyhe tél megnehezítették a rendezést.

VI. A TÉLI OLIMPIÁK JÖVŐJE A KLÍMAVÁLTOZÁS TÜKRÉBEN

A téli olimpia kilenc év múlva, 2024-ben ünnepli első centenáriumát, ennek kapcsán felmerül a kérdés, hogy mi lesz e világméretű esemény sorsa a melegedő Földön. Az IPCC jelentése szerint a globális felszíni átlaghőmérséklet 1880 és 2012 között 0,85 °C-ot emelkedett, a szárazföldre 1,3 °C-ot. Ezért részben az emberiség felelős, hiszen az üvegházhatású gázok kibocsátása folyamatosan növekszik a gazdaság és a népesség növekedésével együtt. Az antarktiszi jégfuratok vizsgálata alapján megállapítható, hogy az

elmúlt 800 ezer évben most a legmagasabb a szén-dioxid, a metán és a nitrogén-oxidok légköri koncentrációja. Ezek arra engednek következtetni, hogy az antropogén eredetű üvegházhatású gázok okozzák a huszadik század közepe óta tartó nagymértékű globális melegedést (IPCC, 2014). A téli hónapok hőmérsékletének folyamatos növekedése további csökkenést okoz a hóborította és jeges felszínek területében.

A februári átlagos maximumhőmérséklet az eddigi rendezővárosokban 1920 és 1950 között 0,4 °C, 1960 és 1990 között 3,1 °C volt, a 21. század első évtizedében pedig 7,8 °C-ra emelkedett. Ezek az eredmények utalnak a klímaváltozásra, de arra is, hogy a Nemzetközi Olimpiai Bizottság melegebb, klimatológiailag kevésbé alkalmas területeknek ítélte a rendezés jogát (Scott *et al.*, 2014).

Az eddigi tizenkilenc rendezőváros közül melyek lesznek alkalmasak rendezésre a jövőben? E kérdés megválaszolásához különböző klimatikus feltételeket vizsgáltak: a február elsejei természetes hóvastagságot, a februári napi minimum- és maximumhőmérsékleteket, az olyan januári és februári napok számát, melyen esik a hó, a minimum 30 vagy 60 cm-es hóvastagság valószínűségét, és az esős napok számát. Mivel ezek a feltételek erős korrelációt mutatnak, ezért Daniel Scott és munkatársai (2014) kettőt kiválasztottak, melyek segítségével megtudhatjuk, mely régebbi rendezőváros válhat újra házigazdává.

A két vizsgált feltétel:

1. Mennyi a valószínűsége, hogy a napi minimumhőmérséklet fagypont alatt marad a fő versenyhelyszíneken (akkor van csak esély a hó és jég megmaradására)?
2. Az alpesisí-versenyek magasan fekvő területein mennyi a valószínűsége, hogy (akár természetes, akár mesterséges módon) legalább 30 cm legyen a hóvastagság? 30 cm ugyanis a hóvastagság alsó küszöbértéke az egyenletes terepen. Mivel a lesiklőszámok nem egyenletes terepen zajlanak, az optimális érték sok területen 60 cm lenne.

Az eddigi rendezővárosok közül klimatológiailag megbízható az, ahol tízből kilenc télen mindkét vizsgált feltétel teljesül. Ha a két feltétel közül valamelyik kevesebb, mint 75%-ban teljesül, akkor megbízhatatlannak minősül a város. Ha a telek 75–89%-ában teljesül valamelyik feltétel, akkor a terület nagy kockázattal vállalhat újra rendezést. A WMO és a nemzeti meteorológiai szolgálatok adatait az IPCC scenáriókkal kombinálva kiszámolták a feltételek teljesülésének valószínűségét a jövőre (2050-es és 2080-as évek), és megnézték,

hogy teljesültek-e a feltételek az 1981–2010-es időszakban. A 2050-es és 2080-as éveket vizsgálták alacsony, illetve magas üvegházgáz-kibocsátást feltételezve. Alacsony kibocsátás esetén 2050-re átlagosan 1,9 °C-t, 2080-ra 2,7 °C-t emelkednek a februári hőmérsékletek a tizenkilenc rendezővárosban, magas kibocsátás esetén pedig 2050-re 2,1 °C-t, 2080-ra pedig 4,4 °C-t (Scott et al., 2014).

A vizsgálatok alapján a klímaváltozás negatív hatásai egyértelműen látszanak (3. táblázat). Míg a 20. század utolsó két évtizedében mind a tizenkilenc város megbízhatónak bizonyult, a 21. század közepére ez a szám alacsony kibocsátással tizenegyre, magas kibocsátással pedig tízre csökken. A század végére alacsony kibocsátással is kevesebb, mint az eddigi rendezők fele lesz megbízható, magas kibocsátással viszont már csak hat megfelelő város marad. További melegedéssel a 22. század elejére magas kibocsátást feltételezve téli olimpiák rendezésére a korábbi rendezővárosok alkalmatlanná válnak, így a kétszázadik évforduló megünneplésének lehetősége eléggé kérdéses.

3. táblázat. Korábbi rendezővárosok klimatológiai alkalmassága jövőbeli téli olimpiák rendezésére (Scott et al., 2014)

	Albertville	Calgary	Cortina D'Ampezzo	St. Moritz	Salt Lake City	Szapporo	Lake Placid	Lillehammer	Nagano	Torino	Innsbruck	Oslo	Szarajevó	Squaw Valley	Vancouver	Chamonix	Garmisch-Partenkirchen	Grenoble	Szocsi
1981-2010	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
2050-es évek alacsony kibocsátás	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
2050-es évek magas kibocsátás	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
2080-as évek alacsony kibocsátás	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
2080-as évek magas kibocsátás	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

● klimatológiaiailag megbízható
 ● klimatológiaiailag kockázatos
 ● klimatológiaiailag megbízhatatlan

A Nemzetközi Olimpiai Bizottság felismerte a környezetvédelem fontosságát, ezért 1996-ban az Olimpiai Chartát kiegészítették a környezetvédelmi felelősségvállalással: „ösztönzi és támogatja a környezetvédelmi ügyek iránti felelősségvállalást, a fenntartható fejlődés előmozdítását a sportban, valamint környezetvédelmi kötelezettségek előírását az Olimpiai Játékok rendezésével kapcsolatban” (*Nemzetközi Olimpiai Bizottság, 2011*). Két évvel később a naganói olimpia zárójelentésében először említik a klímaváltozást. Azóta az olimpiák rendezésekor az egyik fő cél az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése.

VII. A KLÍMAVÁLTOZÁS HATÁSA AZ ALPESI TURIZMUSRA

Az eddigi huszonkettő olimpiából tízet az Alpokban rendeztek, ezért úgy gondolom, érdemes arról is szót ejteni, milyen hatással van az alpesi életre, az alpesi turizmusra a klímaváltozás.

A hegyvidéki területek nagyon érzékenyek a klímaváltozásra. A változás már érzékelhető: kevesebb a hó, visszahúzódnak a gleccserek, olvadnak az állandóan fagyott területek, gyakoribbak az extrém időjárási jelenségek. A változások természetesen nagy hatással vannak a hegyi turizmusra is, melyben az időjárási körülmények kulcsszerepet játszanak. Az alpesi országok egyik legfőbb bevételi forrása a turizmus. A turisztika legfontosabb feladata az alkalmazkodási stratégiák megtalálása. A mezőgazdaságot is fenyegeti a klímaváltozás, hiszen az ott élő gazdálkodók megélhetése is erősen függ a turizmustól (*Bürki et al., 2003*).

A hegyvidéki területek télen, a havas időszakokban a leglátogatottabbak. Ezért az egyik legfontosabb vizsgálandó tényező a hóborítottság. A téli sportok (sí, snowboard stb.) alapvető eleme a hó. A felvonókat üzemeltető cégek hosszú távú túlélésének feltétele is a megfelelő mennyiségű és minőségű hó. Egy síközpont akkor mondható hóbiztosnak, ha tízből hét télen a hóvastagság a december 1. és április 15. közötti száz napon legalább 30–50 cm. A turizmus szempontjából lényeges, hogy a karácsonyi-újévi ünnepek idején, valamint a hétvégéken megfelelő mennyiségű legyen a hó. Ebben kulcsszerepe van a kedvező időjárási körülményeknek. Ma még a Svájcban található 230 sílétesítmény 85%-a hóbiztos. Ha 2030-ra a hóbiztos területek a tengerszint fölött 1500 méternél magasabbra kerülnek, ez 63%-ra csökken. Ha 1800 méter fölé kerülnek a hóbiztos területek, akkor a ma üzemelő síközpontoknak kevesebb, mint a fele lesz használható. A síturizmus így egyre magasabbra

költözik, a 2000 méter feletti, ökológiailag érzékeny területek kerülnek a figyelem középpontjába (*Bürki et al., 2003*).

A tengerszint feletti magassággal csökken a légnyomás és a belélegzett oxigén parciális nyomása. Ez a két tényező (gyakran egymással ellentétes) hatással van az állóképességre, izomerőre és a versenyszerű sportolás szempontjából fontos készségekre. A tengerszint feletti magasság hatásai sport- és eseményfüggőek. Az oxigén parciális nyomásának csökkenése miatt gyengül az állóképesség, mely például a távfutáshoz és a sífutáshoz is szükséges. A légnyomás csökkenésével viszont a légellenállás is csökken, ami előnyös lehet a sportolók számára (*Bergeron et al., 2012*).

A magasság változása egészségügyi kockázatokkal is jár. Már viszonylag alacsony tengerszint feletti magasságon (500–2000 m) is tapasztalható a teljesítőképesség csökkenése. Közepes magasságon (2000–3000 m) már előfordulhat migrénnel és gyomorpanaszokkal járó hegyibetegség. Érdeemes két héttel a verseny előtt megérkezni, és csak egy-két nap után kezdeni az edzéseket, hogy hozzászokjon a szervezet a környezethez. 3000–5500 m-en a hegyibetegség gyakori, az akklimatizálódás elengedhetetlenül fontos. A teljesítőképesség ilyen magasságban meglehetősen lecsökken. Extrém magasságoknak (5000 m fölött) való kitettség jelentős klinikai kockázattal jár (*Bergeron et al., 2012*).

A klímaváltozás következtében a gleccserek nagy részét az eltűnés veszélye fenyegeti: több jég olvad el, mint amennyi keletkezik, ezzel méretük egyre csökken. 1850 óta a svájci gleccserek felszínének a negyede elolvadt, kutatások szerint 2030-ra akár 70%-uk is eltűnhet. Ezzel a télen-nyáron kedvelt sport, a gleccsereken való síelés is komoly veszélybe kerül (*Bürki et al., 2003*).

A permafroszt területek olvadásával elkezdődik a talajerózió. Gyakorivá válik a földcsuszamlás, a talajfolyósodás. A felvonók és az épületek instabilak lesznek, biztonságossá tételük igen költséges. A kőomlások a hegymászást és a sziklamászást is sokkal veszélyesebbé teszik.

Az éghajlat változásával a csapadék mennyisége és fajtája is változik, az extrém időjárási helyzetek kialakulásának valószínűsége megnő. A több eső, vagy gyakoribb ködképződés a nyári turizmust (biciklizés, hegymászás, kirándulás) is befolyásolja. A melegedés miatt a téli kikapcsolódás, a jéghalászat is veszélybe kerül (*Bürki et al., 2003*).

A klímaváltozás új kihívás elé állítja a turisztikai üzletágot, kiváltképpen a téli, hegyvidéki turizmust. Gyors szerkezeti változtatásokra, kockázatfelmérésre, a fejlődési lehetőségek felismerésére van szükség. Többféleképpen lehet a klímaváltozáshoz alkalmazkodni. A síturizmus folytatásához vagy magasabbra kell költöztetni a sípályákat, vagy nagy költségű mesterséges hó-készítő gépeket kell beszerezni. Ha ez a két út nem követhető, kevésbé hóközpontú téli elfoglaltságokat lehet ajánlani, vagy télről átállni az egész éves turizmusra. Mindent egybevetve a klímaváltozás nagy nehézségeket okoz az alpesi országoknak, veszélyezteti a hegyvidéki turizmust, hiszen várhatóan kevesebb lesz a hó, kisebbek lesznek a gleccserek, viszont az extrém időjárási jelenségek száma megnő (*Bürki et al., 2003*).

VIII. ÖSSZEFOGLALÁS

Dolgozatom témájának az egyre növekvő népszerűségű téli olimpiákat választottam. Célom volt a téli olimpiák meteorológiai hátterének vizsgálata szinoptikus, illetve klimatológiai megközelítésben. Meteorológiai szempontból ezek a rendezvények a többi sporteseményhez képest azért is kiemelkedőek, mert itt az időjárás szerepe kulcskérdés, feltételezésem szerint akár a rendezvény teljes sikere is múlhat egy megfelelően kiválasztott helyszínen és időponton.

Ezt a feltételezésemet vizsgálataim igazolták. A téli olimpiák mindig nagy időjárási kockázatú események voltak. Neves szakemberek dolgoztak minden olimpián, de az időjárás gyakran keresztülhúzta az emberi számításokat: előfordult, hogy az időjárás miatt kellett versenyeket elhalasztani, vagy kihagyni az olimpiai programból (pl. vihar miatt az 1928-as 10 000 méteres gyorskorcsolya futamot).

A téli olimpiák múltját, történetét vizsgálva bemutattam az időjárást befolyásoló tényezők hatását. A téli olimpiai játékok rendszeressé válását az 1924-es chamonix-i Téli Sporthét elsőprő sikere alapozta meg. Bár a negyedik olimpia után tizenkét évig nem tartottak versenyeket, az 1948-as téli olimpia megmutatta, hogy az olimpiai eszme túlélte a második világháborút is. Mára a téli olimpia igazi sportünnepéllé, világeseményné nőtte ki magát. Ez a technikai fejlődésnek is köszönhető, mert míg eleinte a sportbarátoknak a helyszínre kellett utazni, hogy láthassák kedvenceiket, ma már világszerte több millió ember követheti otthonról is figyelemmel az eseményeket.

Esettanulmányként a szocsi olimpia vizsgálatát állítottam dolgozatom középpontjába. Ez az olimpia különösen nagy sajtófigyelmet kapott, mert sokan azt gondolták, hogy a helyszínválasztás miatt kudarcra van ítélve a rendezés. A helyszínválasztás nemcsak a laikusok szerint szokatlan, hanem meteorológiai szempontból is, hiszen Szocsi egy mediterrán város. A síversenyeket azonban a várostól több mint 70 km-re, a Kaukázusban tartották, ami elméletileg biztosította a megfelelő hőmérsékleti viszonyokat. Mivel a 2013-14-es tél rendkívül meleg volt, a félelmek némileg beigazolódtak, nem hullott elegendő mennyiségű hó, így az előző években felhalmozott illetve mesterségesen előállított havat kellett használni.

Mégis Szocsi példája megmutatta, hogy téli sportok üzésére szinte alkalmatlan időjárási körülmények között is le lehet bonyolítani egy teljes olimpiát a modern technika segítségével. A szocsi olimpiát így sikeresnek is mondhatjuk, hiszen minden versenyszámot

megtartottak, és a megfelelő meteorológiai figyelmeztetéseket sem mulasztották el, azonban látható, hogy a klimatológiailag kevésbé alkalmas területeken a technika fejlettségétől függ az olimpia sikere.

Nagy kérdés, hogy meddig lehet harcolni az időjárási elemekkel. A kezdeti természetes hó-és jégfelszínektől mára a hókészítő gépekig és a fedett jégpályákig fejlődött a technika. A jövő útja azonban az élhető olimpiák rendezése. Fontos tehát, hogy a megfelelő technikai háttér kiépítése a lehető legkisebb környezeti terheléssel járjon.

A klímaváltozás tükrében is érdemes megvizsgálni a téli olimpiákat. A melegedés döntően befolyásolja a téli sportok jövőjét, hiszen a magashegységekben a hóhatár egyre magasabbra kerül. A magasság növekedésével viszont a légnyomás és az oxigénkoncentráció csökken, ezért jelentős egészségügyi kockázattal járhat a sípályák magasabbra helyezése.

A nagyobb szabású sportesemények, így az olimpiák, ezek közt a téli olimpiák meteorológiai vizsgálata még nem teljesen kiaknázott terület. A szakma feladata lehet, és akár későbbi kutatások tárgya megfelelő helyszínek feltérképezése. A helyszínek vizsgálatához szempontjaink adottak, a módszerek pedig folyamatosan fejlődnek. A meteorológus társadalom segítheti a Nemzetközi Olimpiai Bizottság döntéshozóit a helyszínválasztásban, és talán elkerülhetőek lesznek az alkalmatlan körülményekből adódó kudarckok.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretném megköszönni témavezetőimnek, Soósné dr. Dezső Zsuzsannának és dr. Pieczka Ildikónak a sok hasznos észrevételt és tanácsot, mellyel segítettek szakdolgozatom megírásában. Építő ötleteket, kapcsolódó anyagokat kaptam tőlük, emellett az adatok előkészítésében és elemzésében, valamint a szakirodalom értelmezésében támogatták munkámat.

IX. IRODALOMJEGYZÉK

- Bergeron, M. F., Bahr, R., Bärtsch, P., Bourdon, L., Calbet, J. A. L., Carlsen, K. H., Castagna, O., González-Alonzo, J., Lundby, C., Maughan, R. J., Millet, G., Mountjoy, M., Racinais, S., Rasmussen, P., Singh, D. g., Subudhi, A. W., Young, A. J., Soligard, T., Engelbretsen, L. 2012. International Olympic Committee consensus statement on thermoregulatory and altitude challenges for high-level athletes. In British Journal of Sports Medicine 46: 770-779 pp.
- Bürki, R., Elsasser, H., Abegg, B. 2003. Climate change-impacts on the tourism industry in mountain areas. In 1st International Conference on Climate Change and Tourism, Dierba. 9-11p.
- IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- Ivanics, T., Lévai, Gy., 2012: A téli olimpiai játékok története. Kossuth Kiadó, Budapest. 338p.
- Kiktev, D. B. 2014. FROST-2014: Project Field Phase and Post-Olympics Life. In the 4th Meeting of the FROST-2014 participants (29-31 October 2014, Moscow). Hozzáférés: 2015. április 14.
- Kiktev, D. B., Astakhova, E. D., Blinov, D. V., Zaripov, R. B., Murav'ev, A. V., Rivin, G. S., Rozinkina, I. A., Smirnov, A. V., Tsyrl'nikov, M. D. 2013. Development of forecasting technologies for meteorological support of the Sochi-2014 Winter Olympic Games. In: Russian Meteorology and Hydrology, Vol. 38 No. 10. 653-660 pp.
- Murav'ev, A. V., Bundel, A. Y., Kiktev, D. B., Blinov, D. V., Smirnov, A. V. 2013a Verification of mesoscale forecasts in the 2014 Olympic Games region for the first test period. Part I: Verification techniques and polygonal quality assessments of the COSMO model forecasts. Russian Meteorology and Hydrology, Vol 38 No.11. 723-734.
- Murav'ev, A. V., Bundel, A. Y., Kiktev, D. B., Smirnov, A. V. 2013b Verification of mesoscale forecasts in the 2014 Olympic Games region. Part II: Preliminary results of diagnostic evaluation of quality and calibration of the forecasts by the COSMO-RU2 model. Russian Meteorology and Hydrology, Vol. 38No. 12. 797-807.
- Nemzetközi Olimpiai Bizottság, 2011. Olimpiai Charta. 10p. Hozzáférés magyar nyelven a Magyar Olimpiai Bizottság honlapjáról (www.mob.hu) 2015. március 25-én.
- Nemzetközi Olimpiai Bizottság, 2014. Agenda 2020. Hozzáférés magyar nyelven a Magyar Olimpiai Bizottság honlapjáról (www.mob.hu) 2015. április 13-án.
- Reid, J., Hudak, D., Boodoo, S., Donaldson, N., Joe, P., Kiktev, D. B., Melnichuk, A. 2014. Dual-Polarization Radar Particle Classification Results during the Sochi Olympic Games. In The 8th Conference on Radar in Meteorology and Hydrology

Scott, D., Steiger, R., Rutt, M., Jackson, P., 2014: The future of the Winter Olympics in a warmer world. University of Waterloo; Management Center Innsbruck; Interdisciplinary Centre on Climate Change. 8p.

Vasilyev, E., Dmitrieva, T. 2014. Experience of weather forecasting for sport events in Krasnaya Polyana in winter 2013/2014. In the 4th Meeting of the FROST-2014 participants (29-31 October 2014, Moscow). Hozzáférés 2015. április 14.

WMO, 2012: World Meteorological Organization Commission for Atmospheric Sciences (CAS) 5th Joint Science Committee of the World Weather Research Programme WMO Geneva, Switzerland (11-13 April 2012) Forecast and Research: the Olympic Sochi Testbed (FROST-2014) Concept paper

Internetes hivatkozások

[1] <http://www.mob.hu/szocsi-2014-bevezeto/negyvenegymillio-dollarnyi-volt-a-bevetel-szocsiban>

[2] <http://www.olympic.org/olympic-games>

[3] <http://wintergames.ap.org/natick/article/sochi-chief-no-need-use-stored-snow-yet>

[4] http://www.met.hu/idojaras/aktualis_idojaras/napijelentes/

[5] <http://www.ecmwf.int/en/research/climate-reanalysis/era-interim>

[6] http://www.met.hu/ismeret-tar/meteorologiai_hirek/index.php?id=1272

[7] <http://weather.uwyo.edu/upperair/europe.html>

[8] <http://frost2014.meteoinfo.ru/presentations>