

Eötvös Loránd Tudományegyetem
Földrajz- és Földtudományi Intézet
Meteorológiai Tanszék

A fehér karácsonyok előfordulásának éghajlati elemzése

SZAKDOLGOZAT



Készítette:

Simon Csilla

Földtudományi alapszak,
Meteorológus szakirány

Témavezetők:

Kis Anna

Dr. Pongrácz Rita

ELTE TTK, Meteorológiai Tanszék

Budapest, 2019

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	3
2. Szakirodalmi áttekintés.....	5
2.1 Nemzetközi kutatások a hóborítottságról	8
2.1.1 Hegyvidéki területekre fókuszáló kutatások	12
2.2 A hóval kapcsolatos hazai kutatások	18
2.3 A fehér karácsony definíciója különböző országokban.....	21
3. Adatok és módszertan	24
3.1 A vizsgált állomások rövid éghajlati jellemzése	26
4. Eredmények	27
4.1 Kérdőív	27
4.2 A fehér karácsonyok száma Magyarországon az angol definíció alapján	29
4.3 A fehér karácsonyok száma Magyarországon hóborítottság alapján	32
4.4 A 2010-es évtized adatainak vizsgálata	33
4.4.1 A karácsonykor jellemző időjárási helyzetek	35
4.5 Saját definíció a fehér karácsony fogalmára	36
4.6 Az eredmények áttekintése	37
5. Összefoglalás	39
Köszönetnyilvánítás	41
Irodalomjegyzék.....	42
Függelék	46

1. Bevezetés

Ha a karácsonyi időszakra gondolunk, az ajándékozás, a család, a meghittség és nyugalom mellett a fehér, hólepte táj az, ami általában eszünkbe szokott jutni – hiszen a havazás adja meg az igazi téli, idilli hangulatot. Ezért az év vége felé közeledve gyakori témává válik, vajon milyen idő lesz az ünnepek alatt, számíthatunk-e hóesésre karácsonykor.

Tapasztalhatjuk, hogy ez egy rendkívül nagy változékonyságot mutató éghajlati komponens, éves skálán nézve ugyanúgy, mint rövid időintervallumot tekintve: lehet, hogy egyik évben több cm vastag hó borítja a tájat, a következőben pedig alig hull valamennyi; és a kialakult hótakaró akár egyik napról a másikra is eltűnhet. Belátható, hogy bármilyen változás történik a lehullott hó mennyiségében, a hószezon időtartamának alakulásában, annak hosszútávú hatásai vannak környezeti és gazdasági szempontból egyaránt. A hóolvadás kezdete jelentősen befolyásolja a folyók vízjárását (*Siderius et al.*, 2013), a tavasz eleji jeges ár mértékét (*Zakharova et al.*, 2011). A tél folyamán kialakuló hótakaró fontos az ősszel földbe vetett gabona számára is, mivel megvédi azt az olykor igen erős fagyoktól (*Aase és Siddoway*, 1979). A hó turisztikai szempontból is lényeges, hiszen a hegyvidéki területeken – különösen az Alpokban – fekvő országok jelentős bevételre tesznek szert a téli síturizmusnak köszönhetően (*Bürky et al.*, 2003).

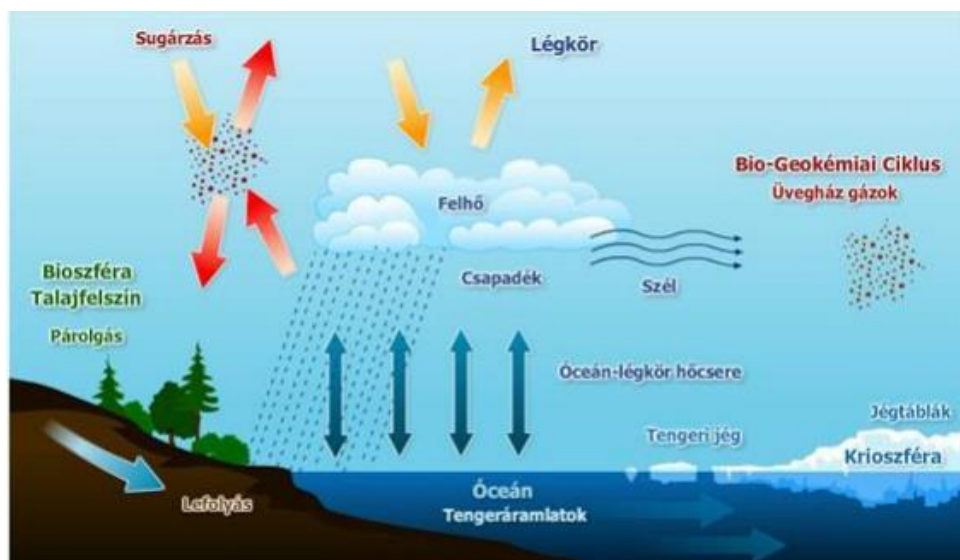
Manapság sokszor emlegetjük, hogy emlékeink szerint az utóbbi évekhez képest régen gyakrabban és több hó hullott a téli időszakban, amit a globális felmelegedéssel szokás párhuzamba állítani. Szakdolgozatomban azt vizsgálom, hogy hogyan alakult a fehér karácsonyok száma hazánkban az 1901–2010-es időszakot tekintve. Megmutatom, hogy az egyes országokban használt definíciók szerint mi lenne az itthoni eredmény, majd a rendelkezésre álló adatok alapján megfogalmazok egy saját definíciót arra vonatkozóan, hogy Magyarországon milyen esetben nevezhetjük fehérnek a karácsonyt.

Elsőként a szakirodalom áttekintése következik, amelyben kifejtem a hó kialakulásához szükséges feltételek, és az azt befolyásoló tényezők kapcsán észlelt változásokat, különböző országokban alkalmazott definíciókat mutatok be a fehér karácsonyra vonatkozóan, röviden összefoglalom egy-egy kutatás eredményét, külön kitérve a hegyvidéki területeken észlelt változásokra. Ezután leírom az adatok feldolgozásának folyamatát és jellemzem a dolgozatban vizsgált hazai állomások

éghajlatát. A 4. fejezetben részletezem a saját elemzésem eredményeit, végül az összefoglalással zárom a dolgozatot, melyben kiemelem a legfontosabb következtetéseket.

2. Szakirodalmi áttekintés

Földünk éghajlati rendszere egy rendkívül összetett rendszer, melynek az öt fő eleme (1. ábra) – atmoszféra, hidroszféra, bioszféra, krioszféra, talajfelszín – között kialakuló kölcsönhatások, folyamatok által tudjuk megérteni az éghajlatot és a jövőben lezajló klímaváltozást (Barcza *et al.*, 2013).



1. ábra: Az éghajlati rendszer főbb elemei (Forrás: Bartholy és Pongrácz, 2011).

Az éghajlati rendszer központi, leginkább változékony és instabil eleme a légkör. Fő összetevői a nitrogén (78%), az oxigén (21%) és az argon (1%), ezeken kívül tartalmaz nyomgázokat, melyek közé tartoznak az ún. üvegházgázok is (például szén-dioxid, vízgőz, metán). Utóbbiaknak fontos szerepe van a hőháztartásban: a Napból érkező rövidhullámú sugárzást átveszik, a Föld által kisugárzott hosszuhullámú sugárzás egy részét viszont elnyelik, illetve visszaverik, ezáltal emelve a felszínközeli légrétegek átlaghőmérsékletét (Gottelman és Rood, 2016). A beérkező elektromágneses sugárzás nagyobb hányadát a felszín nyeli el; a légkör és a felszín közötti hőátvitel – amely főleg meridionális jellegű – két fajtája a szenzibilis és a látens hő (Bartholy és Pongrácz, 2011).

Az óceán is lényeges eleme a rendszernek, mivel a belépő sugárzás egy részét elnyeli, tárolja, és újra elosztja az energiát, ami elsősorban a tengeráramlások útján történik; ez az óceán felső néhány száz méterét érinti. A mélyebb rétegek is mozgásban vannak, ezen mozgások összessége a termohalin cirkuláció, amit a tengervíz hőmérsékletének és sótartalmának meridionális gradiense tart fenn (Barcza *et al.*, 2013).

A krioszféra az összefoglaló neve a földfelszínen található különböző hó- és jégformáknak, ide tartoznak Antarktisz és Grönland jégtáblái, a gleccserek, az örök fagy birodalma, a tengeri jég és az időszakos hótakaró (*Bartholy és Pongrácz, 2011*).

A hó – a krioszféra eleme – egy fontos komponense a földi éghajlati rendszernek, és az összes közül térben és időben az egyik legváltozékonyabb; valamint magas albedója miatt a sugárzásforgalomban is jelentős szerepet tölt be. Az IPCC¹ öt-hat évente megjelenő jelentéseiben egyre biztosabban állíthatja, hogy az éghajlat változik; a globális átlaghőmérséklet a 21. század végére valószínűleg több, mint 1,5 °C-kal fog emelkedni az 1850–1900-as időszak értékéhez képest (IPCC, 2014). A klímaváltozás következtében módosulnak a hó kialakulásához szükséges feltételek, hiszen a két fő befolyásoló tényező, a hőmérséklet és a csapadék térbeli és időbeli eloszlása is megváltozik. A téli időszakban az északi hemiszférán több csapadék várható, ami önmagában azt jelentené, hogy a hóesés gyakorisága és a lehullott hó vastagsága növekedne. Ezzel együtt azonban az átlaghőmérséklet is emelkedik, aminek következtében a csapadék ritkábban hull hó formájában, illetve a meglévő hótakaró hamarabb olvadásnak indul. A két befolyásoló tényező tehát együttesen határozza meg a hó kialakulásának gyakoriságát (*Räisänen, 2008*). A hóesés gyakorisága csak azokban a térségekben fog növekedni, ahol a hőmérséklet így is fagypont alatt marad (*Kapnick és Delworth, 2013*). Itt azonban számolni kell különböző veszélyekkel: például azzal, hogy a hosszú időn keresztül megmaradó, halmozódó hóréteg súlya alatt a tetők beszakadhatnak; ilyen történt 2005–2006 telén a Bajorországban található Bad Reichenhall térségében (*Strasser, 2008*). Nehéz egyértelműen meghatározni, hogy hogyan változik a lehulló hó mennyisége, mert nagy változékonyság jellemző az egyes évek között. Ha egy adott régióban negatív trend alakul ki, az még nem jelenti azt, hogy ott bizonyos években nem hullhat nagy mennyiségű hó (*Krasting et al., 2013*). A hóborítottság időtartamára jól észrevehető trend jellemző világszerte: az 1970-es évek végére elért egy csúcsot, majd csökkenés következett, ami egészen az 1990-es évek elejéig tartott (*Cohen és Entekhabi, 2001*). Várhatóan szinte minden térségben később fog kezdődni az az időszak, amikor a lehulló hó elkezd felhalmozódni, valamint a kialakult hótakaró korábban fog olvadásnak indulni (*Hosaka et al., 2005*). A globális modellek Közép-Európa térségére egyértelműen azt jelzik előre, hogy a jövőben rövidebb lesz az az időtartam, amíg hó borítja a felszínt, és csökkenni fog a hó maximális vízegyenértéke is (*Croce et al., 2018*). Vannak azonban olyan területek, ahol a modellek a télen jellemző vízegyenérték növekedését

¹ Intergovernmental Panel on Climate Change: Éghajlat-változási Kormányközi Testület

valószínűsítik: a leghidegebb régiókban, ahol a melegedés ellenére is elég alacsony marad a középhőmérséklet, és a hóesés gyakoriságának növekedése várható – például Észak-Amerikában és Szibéria északi régióiban (*Hosaka et al.*, 2005). Tél elején és kora tavasszal viszont itt is negatív trendet jeleznek a modellek (CMIP3²). A február-márciusi átlagos vízgyenérték csökkenő, illetve növekvő tendenciája között a határvonal nagyjából a 20. század téli időszakaira jellemző középhőmérséklet $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os izotermájával esik egybe (*Räisänen és Eklund*, 2012).

Az északi féltekén a hóval borított területek nagysága januárban éri el a maximumát, augusztusban pedig a minimumát (*Lemke et al.*, 2007). Az utóbbi évtizedekben jelentősen csökkent a hófedte területek kiterjedése, melynek mértéke tavasszal és nyáron a leginkább szembetűnő (*Croce et al.*, 2018). Az 1966–2005 közötti időszakból származó műholdfelvételek alapján elmondható, hogy a hóval fedett területek kiterjedése november és december kivételével minden hónapban kisebb lett; az 1980-as évek végén 5%-kal csökkent évente a vizsgált időszak során (*Lemke et al.*, 2007). 1979 és 2011 között a júniusi hónapra vonatkozóan az északi félteke szárazföldi hótakarójának kiterjedése 17,8%-kal csökkent évtizedenként. Az Északi-sarkon 2012-ben rekord alacsony értéket mértek (*Derksen és Brown*, 2012). A déli hemiszférán az utóbbi 40 év folyamán a hóborítottság vagy csökkent, vagy nem változott a kiterjedése (*Lemke et al.*, 2007). A fentebb említett változásoknak további fontos következményei vannak: módosul az albedó mértéke, ami jelentős pozitív visszacsatolást jelent bolygónk éghajlatára nézve (*Hosaka et al.*, 2005). A hó magas albedóval rendelkezik, aminek jelentős hatása van a Föld energiamérlegére. Az értéke friss hó esetében 0,8–0,9 közötti, de függ a hótakaró vastagságától és a korától is, valamint az antropogén eredetű korom miatt csökkenhet a hó sugárzás-visszaverő képessége (*Hansen és Nazarenko*, 2004; *Lemke et al.*, 2007). Tavasszal a hóolvadás hozzájárul a talaj nedvességtartalmának növeléséhez, és ha kevesebb hó halmozódik fel a tél folyamán, akkor ez a folyamat is gyengébb; szárazság alakulhat ki, ami kedvezőtlen a földbe vetett gabona és a növényzet számára, valamint megnő a tűzvész kockázata is (*Kapnick és Delworth*, 2013). A kialakuló hótakarónak nemcsak erős helyi, de térben és időben egyaránt kiterjedt hatása van (*Vavrus*, 2007).

Fontos megjegyezni azonban, hogy a hóborítottság időtartama, a kialakuló hórteg vastagsága, a vízgyenérték stb. nem mindenhol azonos mértékben vagy azonos irányban módosul globális skálán nézve. Nagyban befolyásolja mindezt a földrajzi elhelyezkedés,

² Coupled Model Intercomparison Project Phase 3: Csatolt Modell Összehasonlító Projekt 3. szakasza

a domborzat és a helyi hatások. A továbbiakban különböző térségekre vonatkozó, a témával kapcsolatos kutatások eredményeit mutatom be.

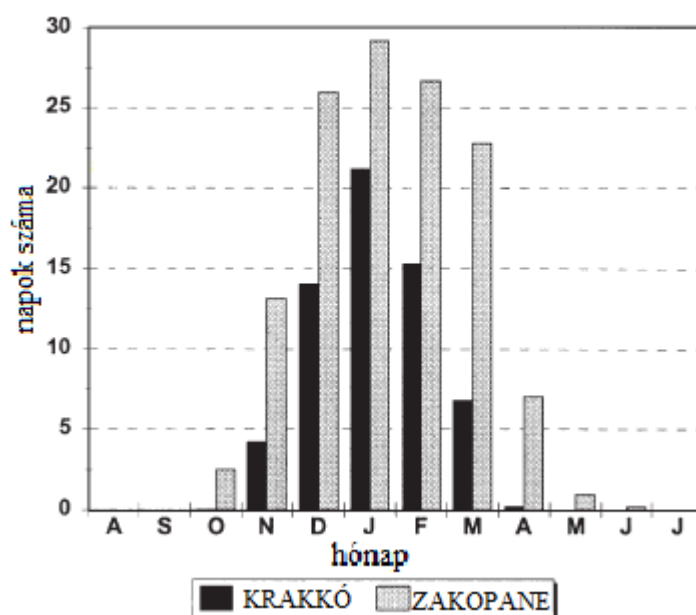
2.1. Nemzetközi kutatások a hóborítottságról

Az óceánhoz közel, Skóciában 100 m és 400 m tengerszint feletti magasság között fekvő, összesen 36 állomás adata alapján *Harrison et al.* (2001) megállapította, hogy a középhőmérséklet 1 °C-os emelkedésének hatására a hótakarós napok száma (azaz amikor 09 UTC-kor hó borítja az állomás környezetének legalább 50%-át) 9-cel csökkent. A legnagyobb csökkenés 400 m-es magasságban mutatkozik meg, a legkisebb pedig a Skót-felföldön.

Kelet felé haladva, a kontinens belső területén *Bednorz* (2006) a Német-Lengyel-alföldön, a Weser és a Visztula folyók közötti térségben található rácspontok adatai alapján végzett kutatást. Havas napnak tekintette azt, amikor a hó vastagsága eléri az 1 cm-t. A vizsgálat során arra keresett választ, hogy hogyan befolyásolják a nagytérségű cirkulációs viszonyok a hóvastagság alakulását. Az eredmények azt mutatják, hogy három féle nagytérségű cirkulációs helyzet okozhat a térségben havazást karácsonykor. (1) Az első esetben egy, majdnem egész Európára kiterjedő alacsony nyomás jön létre, melynek központja Skandinávia felett található. Izlandnál és a kontinens déli területein magas nyomás uralkodik; a 850 hPa-os geopotenciális szint magassága pedig délről észak felé csökken – itt egy teknő alakul ki. A közép-európai területre hideg, száraz levegő érkezik, ez az északias áramlás megfigyelhető az alacsonyabb és magasabb nyomási szinteken egyaránt. Havazás ennek köszönhetően leginkább a Német-Lengyel-alföld keleti részén alakul ki. (2) A második helyzetben Európa felett az átlagosnál magasabb légnyomás jellemző. A központ a Brit-szigetek és Skandinávia térségébe helyeződik, a kontinens keleti részén – ezzel együtt a német-lengyel területen is – gyenge alacsony nyomás figyelhető meg. Az 500 hPa-os geopotenciális szint magassági értékeit vizsgálva egy teknő rajzolódik ki az utóbb említett térség fölött. Északi, északkeleti áramlás indul meg, szintén hideg, viszonylag száraz légtömeget szállítva a Német-Lengyel-alföld irányába. Ebben az esetben leggyakrabban a Balti-tengernél alakul ki kisebb havazás, és a létrejövő hóréteg akár több napig is megmaradhat. (3) A harmadik helyzetben nyugat felől erős alacsony nyomásközpont halad kelet felé, meleg, nedves levegőt szállítva magával, melynek következtében Lengyelországban és Németországban kiadós havazás

alakul ki, amennyiben az eredetileg ott található légtömeg elég hideg. A létrejövő hótakaró azonban egy-két napnál tovább nem marad meg.

Lengyelország két, egymástól kb. 100 km-es távolságban fekvő városában (Krakkó, Zakopane) a hótakarós napok – amikor a hóvastagság eléri az 1 cm-t – számát tekintve nagy eltérés tapasztalható (2. ábra): Krakkóban évente átlagosan 62 napon, míg Zakopanében 128 napon borította hó a felszínt az 1961–1990 közötti időintervallumot tekintve. A hóvastagság mindkét városban februárban érte el a maximumát (65, illetve 105 cm). A jelentős különbség visszavezethető az eltérő földrajzi helyzetre és tengerszint feletti magasságra (Falarz, 2002). Látható az is, hogy a magasabban fekvő Zakopanében az év folyamán korábban kezdődik a havas szezon, és a hótakaró tovább marad meg.

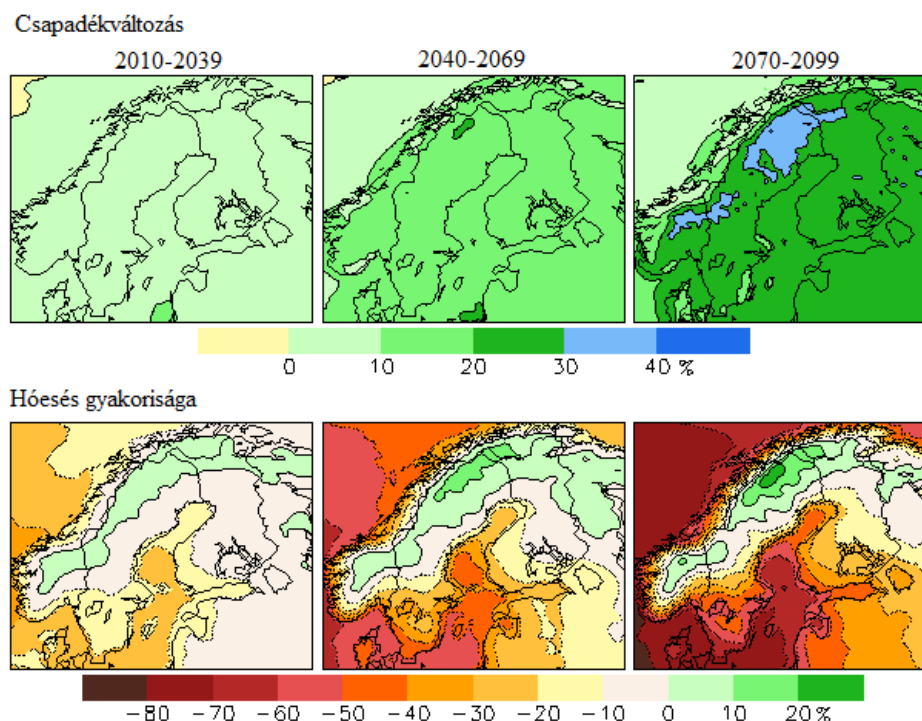


2. ábra: A hótakarós napok átlagos száma az egyes hónapokban Krakkóban, illetve Zakopanében (Forrás: Falarz, 2002).

Beniston (1997) és Clark et al. (1999) vizsgálatainak eredménye erős korrelációt jelez a lehulló hó mennyisége és a NAO³-index között: a közép-európai térségben nagyobb hóvastagság értékeket mértek, amikor a NAO-index pozitív fázisra utalt. Az Alpok régiójában ezzel szemben alacsony NAO-index érték (azaz negatív NAO fázis) esetén hullott több hó.

³ North Atlantic Oscillation: Észak-atlanti Oszcilláció

Észak-Európában a teljes csapadékösszeg növekedése várható (*Christensen és Christensen, 2007*), ennek ellenére a novembertől márciusig terjedő időszakban a hóesés gyakoriságában csökkenés fog bekövetkezni: a több modellel végzett párhuzamos szimulációk szerint a század végére 50%-kal kevesebb hó fog hullani Dániában, a Balti-tenger partján fekvő országokban, Svédország déli részén és Norvégiában. A csökkenés kisebb mértékű a szárazföld belsejében. Az Északi-sarkkörön túl és a Skandináv-hegységben az éghajlati modellszimulációk szerint több hóesés várható, a legnagyobb mértékű (mintegy 20%-os) emelkedés Svédország északkeleti csücskében valószínűsíthető. Ezeket szemlélteti a 3. ábra. A tél során Finnország déli területein válik a legnagyobb arányban folyékony halmazállapotúvá a csapadék (*Räisänen és Eklund, 2012*). A század végére mintegy 10–20 nappal később fog megjelenni az összefüggő hótakaró, és az olvadás is ugyanennyivel korábban fog bekövetkezni (*Rasmus et al., 2004*). Az enyhülés és a ritkábbá váló fagyok következtében azon napok számában is csökkenés várható, amikor hó borítja a felszínt. A modellszimulációk szerint a jövőben több, mint 60-nal kevesebb hótakarós nap fog előfordulni évente a Balti-tenger északi régiójában, és mivel gyakrabban lesz folyékony halmazállapotú a csapadék, ezért – ha a meglévő hórétgre hullik rá – elolvaszthatja, elvékonyíthatja azt (*Jylhä et al., 2008*).

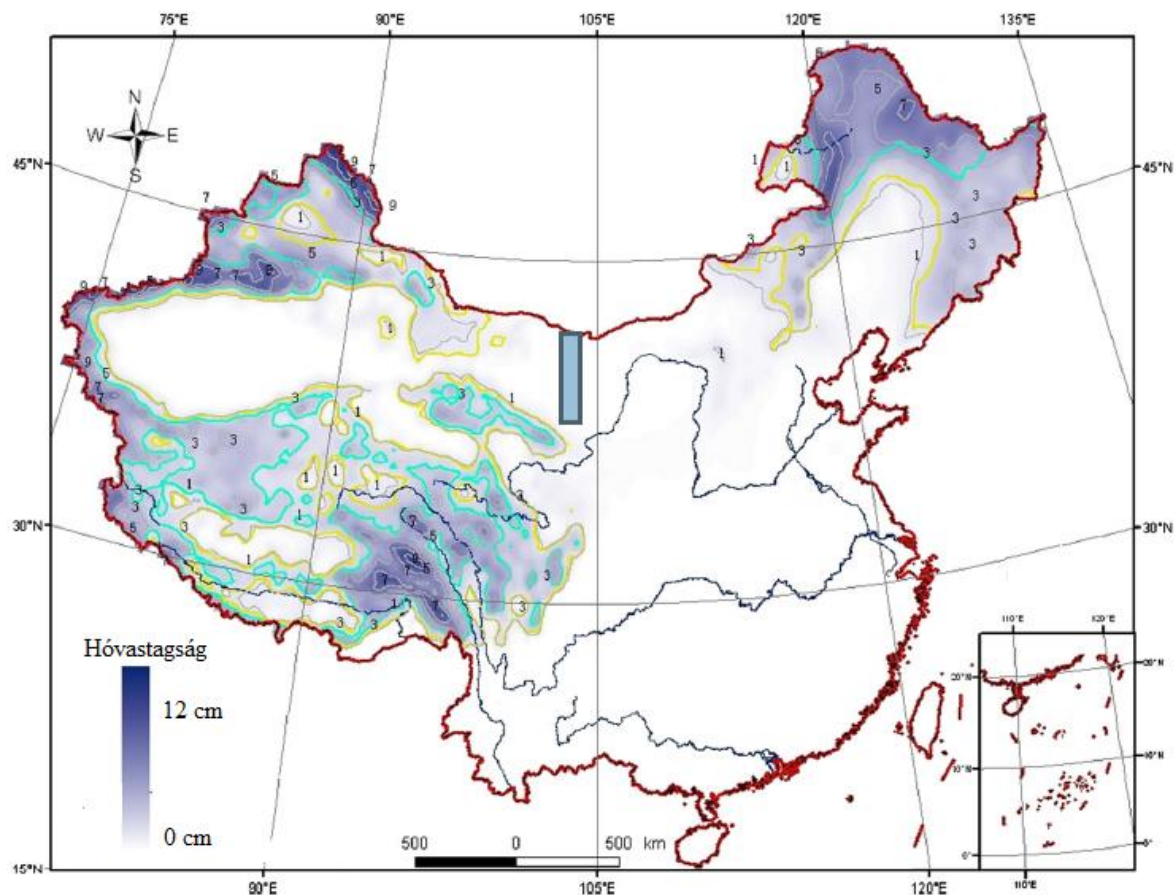


3. ábra: Észak-Európában a modellek által becsült változás a csapadékösszeg értékében (felső sor) és a hóesés gyakoriságában (alsó sor) november és március között a 21. század végéig, 2010–2039 (első oszlop), 2040–2069 (második oszlop), valamint 2070–2099 (harmadik oszlop) közötti időintervallumokban. Referencia időszak: 1971–2000 (Forrás: Räisänen és Eklund, 2012).

Észak-Eurázsia területén délről észak felé haladva 70 és 225 nap közé tehető annak az időszaknak a hossza, amíg összefüggő hótakaró fedi a talajt (*Ye és Ellison*, 2003).

Oroszországban *Bulygina et al.* (2009) az 1966–2007 között mért adatok alapján arra a következtetésre jutott, hogy az Európához tartozó térségben, annak is az északi részén csökkenő tendencia figyelhető meg egyrészt azoknak a napoknak a számában, amikor a hó vastagsága elérte az 1 cm-t, másrészt, amikor a felszínnek legalább a felét hó borította. A Felső-Volga völgyében és az Urál vidékén viszont az előbb említett értékekre növekedés volt jellemző a tavaszi időszakban (ősszel itt is csökkenést detektáltak). A téli maximális hóvastagság esetében pozitív trend volt megfigyelhető Nyugat-Szibériában és a Távol-Keleten, de Oroszország európai területének déli régióiban és Dél-Szibériában erős csökkenés ment végbe. Ha annak az időszaknak a hosszát tekintjük, amíg hó borítja a felszínt, elmondható, hogy az egyre rövidebb; az év folyamán későbbre tolódik az első hóesés bekövetkezése, és korábban indul olvadásnak a hótakaró. Növekszik azonban a télen lehulló szilárd halmazállapotú csapadék mennyisége – ez főleg az ország nyugati részére igaz. *Kitaev et al.* (2002) összefüggést állapított meg a hóvastagság, a téli csapadékmennyiség és a hőmérséklet között. A vizsgált észak-eurázsiai régióban nagy területen teljesült, hogy a legalacsonyabb hóvastagság-értékekhez magasabb hőmérséklet és kevés csapadék társul. E három éghajlati paraméter közötti kapcsolat leginkább a Távol-Keleten és Észak-Szibériában mutatkozott. A NAO-index hatása itt is érvényesül: a Kelet-európai-síkságon és a Nyugat-szibériai-alföldön pozitív, a délebbi területeken viszont negatív korrelációja van a hórétteg vastagságával. A Jenyiszej folyótól keletre a NAO-index hatása már nem érzékelhető.

Li et al. (2008) Kínára vonatkozó kutatásai arra mutatnak rá, hogy a hó vízegyenértéke három helyen a legnagyobb: Xinjiang és Belső-Mongólia nyugati területén, a Tibeti-fennsíkon, valamint Kína északkeleti részén. A hóval borított felszín a maximális kiterjedését az előbb említett térségekben január közepe és március között éri el. A 4. ábra szemlélteti az országban jellemző átlagos hóvastagságot és az összefüggő hótakaró kiterjedését. Ugyanakkor *Qin et al.* (2006) Kína nyugati vidékén nem mutatott ki semmilyen tendenciát a hóvastagságra vonatkozóan. *Chen és Wu* (2000) szerint a Tibeti-fennsíkon az 1970-es években jelentős mértékű változás ment végbe: míg kezdetben kevesebb hó volt jellemző a térségben, addig az évtized végére növekedett a hóval borított felszín nagysága, és a pozitív tendencia a jövőben is folytatódhat. Ezzel szemben Belső-Mongóliában és Kína északkeleti részén a hőmennyiség csökkenése várható (*Li et al.*, 2008).



4. ábra: A Kínában jellemző átlagos hóvastagság és a hótakaró kiterjedése. Világoskék szín mutatja annak a területnek a körvonalát, ahol legalább 120 napig, sárga pedig azt, ahol legalább 60 napig borítja hó a felszínt. A sötétkek különböző árnyalatai jelzik a kialakult hórétteg vastagságát (Forrás: Li et al., 2008).

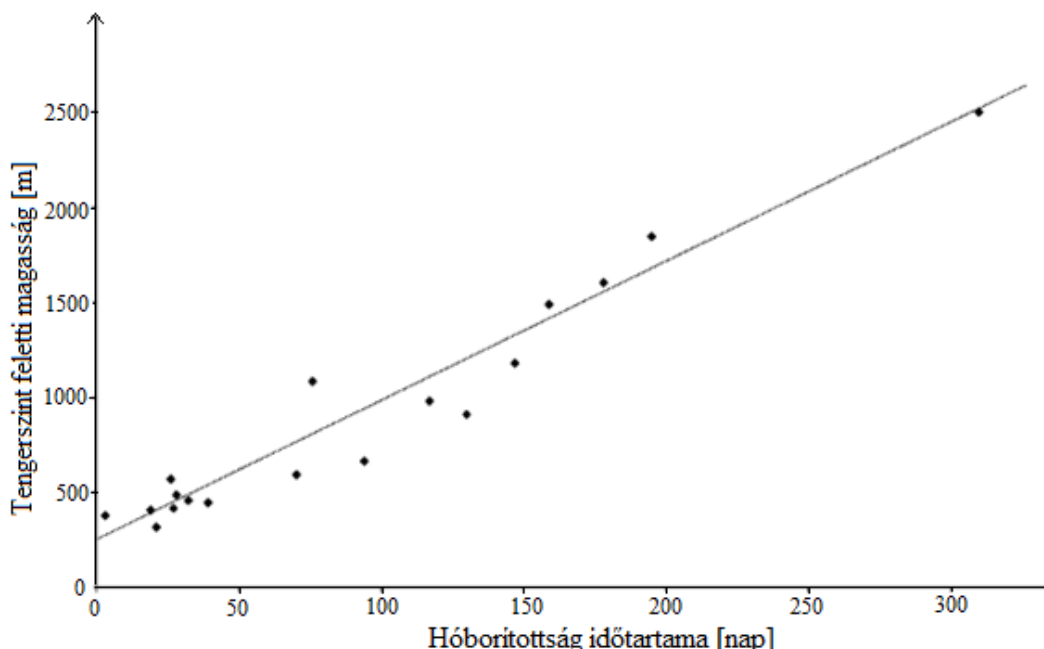
2.1.1. Hegyvidéki területekre fókuszáló kutatások

Tapasztalhatjuk, hogy a hóval borított területek nagysága, illetve a havas időszak hossza a tengerszint feletti magassággal növekszik. A hegyvidéki területeken alapvetően alacsonyabb a hőmérséklet, a magasabb hegycsúcsokon gyakran fagypont alatti a troposzférában jellemző vertikális hőmérsékleti profil miatt (Kapnick és Delworth, 2013). Ezeknek a régióknak az időjárására is nagy hatással van a klímaváltozás, melynek jól látható következményei például az olvadó gleccserek, a hóhatár feljebb tolódása, a hóval borított felszín csökkenése. Több szempontból nézve is fontos szerepe van a lehulló és felhalmozódó hónak: egyrészt gazdasági szempontból, mivel a síturizmusnak köszönhetően jelentős bevételt jelent egy-egy országnak; másrészt viszont, ha a nagy mennyiségű hó hirtelen olvadni kezd, komoly áradásokat és földcsuszamlást okozhat (Bürki et al., 2003).

Spanyolországban, a Pireneusok középső részén egy 14 éves adatsor (1985–1999) elemzése alapján *López-Moreno* (2005) a mért hóvastagság szignifikáns csökkenését állapította meg. Ez a jelenség összefüggésben van azzal, hogy a januártól márciusig terjedő időszakban kevesebb csapadék hullott az évek során. A felszínt borító hóréteg vastagsága legtöbbször 20–80 cm között alakult a 20. század második felében, de gyakran fordult elő 100, illetve 200 cm mély hó is. 400 cm-es hóvastagságot egy-egy intenzív havazás után mértek. A hegyvidék alacsonyabban fekvő részein (2200 m alatt) kb. 17 cm-rel csökkent az egyes években a tél végére felhalmozódó hóréteg vastagsága a 14 vizsgált év alatt, míg a nagyobb magasságokban annak növekedése figyelhető meg. *López-Moreno* (2005) további megfigyelése, hogy 1600 m fölött a csapadék túlnyomó részben hó formájában hullik a decembertől márciusig terjedő időszakban. A téli csapadékösszeg és a NAO-index között ebben a térségben is számottevő kapcsolatot fedeztek fel: a tél abban az esetben volt enyhébb és szárazabb, amikor a NAO-index értéke pozitív (*Tomasino és Dalla Valle*, 2000). Regionális modellszimulációk azt mutatják, hogy a Pireneusokban a jövőben a csapadékhullás ritkábbá fog válni, de az intenzitása sokkal erősebb lesz a mostaninál. A svájci Alpokkal ellentétben itt számítani lehet az intenzív havazás ritkább bekövetkeztére 1000–1500 m-es magasságban, 2000 m fölött azonban nem várható változás a jelenség előfordulási gyakoriságában. A téli időszakon belüli eloszlását tekintve decemberben növekedhet leginkább az intenzív havazások száma, míg áprilisban válhat a legritkábbá (*López-Moreno et al.*, 2011).

A svájci Alpokban a klímaváltozással kapcsolatban végzett kutatások azt mutatják, hogy 2050-re az átlaghőmérséklet akár 3 °C-kal is megemelkedhet, ami azt a következményt vonná maga után, hogy a hóhatár minimum 400 méterrel feljebb csúszna, és az átlagosan hóval borított területek nagysága mintegy 25%-kal csökkenne (*Beniston et al.*, 2003). Az alacsonyabban fekvő térségekben a hótakaró vékonyabbá válik és rövidebb ideig marad fenn a tél folyamán, valamint később fog megjelenni és korábban olvad majd el. *Beniston et al.* (2003) kutatásában azt vizsgálta, hogyan változott a hómennyiség az utóbbi évtizedekben Svájcban. Az eredmények alapján a legtöbb állomáson az 1970-es évek elejétől kezdve a hószezon hossza csökkenést mutat. A legalább 10 cm vastag összefüggő hótakaró élettartama évenként széles skálán mozog, például Château d'Oex esetében 1961–1962 telén csak 10 nap, míg egy évvel később 110 nap volt ez az érték. Találunk azonban ellenpéldát is: Säntis térségében az 1960-as évek óta növekvő a tendencia. A rácspontok tengerszint feletti magassága egyértelműen

lineáris kapcsolatban van azzal az időtartammal, amíg a hó megmarad – ezt szemlélteti az 5. ábra.

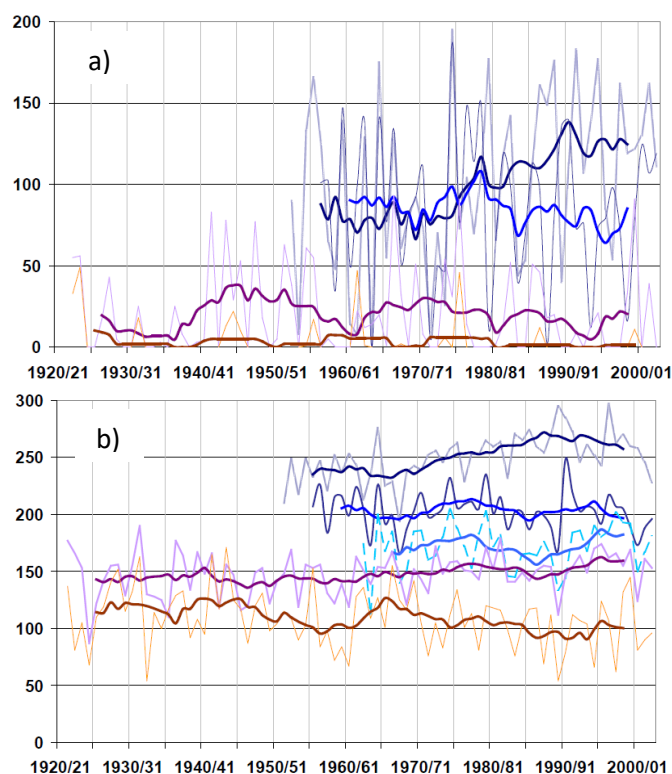


5. ábra: A svájci Alpokban végzett kutatás szerint lineáris kapcsolat figyelhető meg az egyes rácspontok tengerszint feletti magassága és a hóborítottság időtartama között (Forrás: Beniston et al., 2003).

További eredmény, hogy a téli évszak során a teljes lehullott hó mennyisége az alacsonyabban fekvő területeken a vizsgált időintervallum végére 45%-kal csökkent; valamint a hószезон a tél folyamán később kezdődik. Ennek oka, hogy az évszak elején a korábbihoz képest magasabb hőmérséklet jellemző, aminek következtében a hó nem tud felhalmozódni, másrészt a csapadék gyakrabban hullik eső formájában. *Latarnser és Schneebeli* (2003) ezzel szemben nem mutatott ki az intenzív havazás előfordulásának gyakoriságára vonatkozóan egyértelműen csökkenő trendet: 1300 m-es magasság fölött gyenge növekvő tendencia figyelhető meg az 1960-as évektől kezdődően, 650 m alatt viszont csökkenés jellemző, ami összefüggésben áll az előbb említett emelkedő hőmérséklettel, és a gyakoribb folyékony halmazállapotú csapadékkal.

Egy korábbi kutatás (*Beniston, 1997*) szerint a svájci Alpokban 1700 m-től kezdődően a téli évszak folyamán végig hófödte táj jellemző – függetlenül attól, hogy melegebb vagy hidegebb a tél. Az elemzés további konklúziója, hogy a vizsgált célterületen a hóvastagságnak és a hóborítottság időtartamának a hőmérséklet a befolyásoló tényezője.

Az osztrák Alpokra vonatkozó elemzés (*Hantel et al.*, 2000) alapján, ha az európai átlaghőmérséklet 1 °C-kal emelkedne, 4 héttel rövidülne az az időszak, amíg hó borítja a felszínt a tél folyamán, míg tavasszal ez a csökkenés 6 hét lenne. Ebben a kutatásban akkor tekintettek havasnak egy napot, ha a hóvastagság elérte az 5 cm-t.



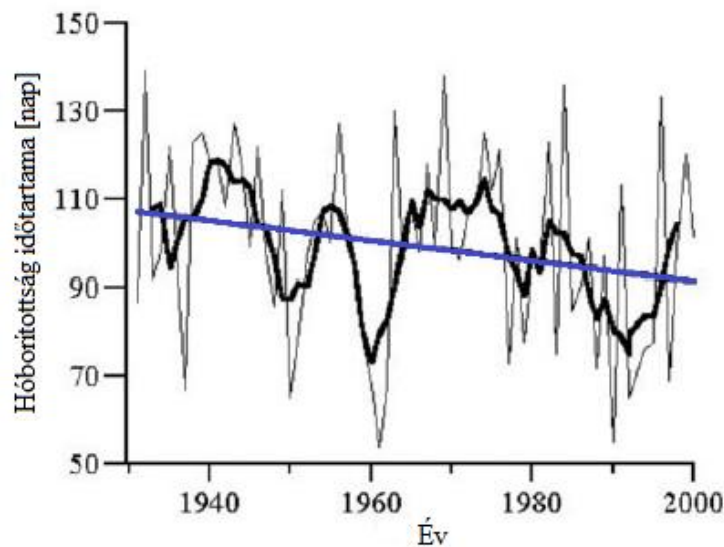
6. ábra: Azoknak a napoknak a száma (y-tengely) az egyes évek téli időszakában (x-tengely), amikor a mért hóvastagság eléri az a) 1 cm-es b) 100 cm-es értéket. Az állomások (különböző színekkel jelölve) fentről lefelé haladva: Lomnici-csúcs (2635 m), Chopok (2006 m), Kőpataki-tó (1783 m), Javorina (1030 m), Teplicska (900 m). A világosabb színnel jelzett idősorok 9 évre vonatkozó mozgó átlagait sötétebb vonalak jelölik (Forrás: *Vojtek et al.*, 2003).

Szlovákiában az SHMÚ⁴ adatbázisa alapján *Vojtek et al.* (2003) végzett kutatást 35 állomásra vonatkozóan (a vizsgált helyszínek mindegyike több, mint 700 m tengerszint feletti magasságban található). Egyértelműen csökkenő tendenciát mutat azon napok évi száma, amikor legalább 1 cm-es hóvastagságot mértek (6/a. ábra) – mindez az alacsonyabban fekvő állomások esetében jellemző; a negatív trend nagyjából 1000 m magasságban eltűnik. A 6/b. ábrán látható, hogy a nyitott medencében található Kőpataki-tó esetében a 100 cm-es hóvastagság értéket tekintve gyorsabb a hótakaró csökkenése, míg Javorina térségében kisebb emelkedés mutatkozik meg. Ennek oka, hogy utóbbi, bár alacsonyabb tengerszint feletti magasságon található, de északi oldalon

⁴ Slovak Hydrometeorological Institute: Szlovák Hidrometeorológiai Intézet

fekszik, így a Kőpataki-tóhoz viszonyítva kevésbé érvényesül a felmelegedés. A legtöbb vizsgált helyen csökken az éves csapadékösszeg, ez alól csak Szlovákia északi területei jelentenek kivételt. A hegyvidékeken a téli, a tavaszi és az őszi csapadékmennyiség egyaránt növekszik. A lehulló csapadék fajtáját tekintve a közepes tengerszint feletti magasságokon (1000–1500 m között) a vegyes és folyékony halmazállapot jellemző; 1000 m alatt az eső válik meghatározóvá, különösen tél elején és végén. A hegység északi lejtőinek esetében 1800 m, a déli lejtőkön 2300 m fölött a havazás dominál, és a hóvastagságra, valamint a hóborítottság időtartamára vonatkozó trend egyaránt pozitív (Vojtek *et al.*, 2003). Az eredmények korrelálnak az Alpokban végzett hasonló kutatás során kapott eredményekkel.

Bulgária hegyvidéki (legalább 800 m tengerszint feletti magasságban található) területein az 1931-től 2000-ig terjedő időintervallum adatai alapján az előzőekhez hasonló vizsgálatot végzett Petkova *et al.* (2004). Ebben a térségben az összefüggő hótakaró több mint 6 hónapig is megmaradhat, szemben az ország alacsonyabban fekvő területeivel, ahol csak átmenetileg borítja hó a felszínt. A maximális hóvastagság értéke a vizsgálatban szereplő 16 állomás közül csupán kettő esetében mutatott szignifikáns csökkenést. A rendelkezésre álló adatok szerint a tél folyamán lehulló csapadék mennyisége mindenhol kevesebb lett a 20. század végére; ez alól Petrohan jelent kivételt, ahol 1924 és 1996 között a csapadékmennyiség növekedése volt megfigyelhető. A hóborítottság időtartama a hóvastagsághoz hasonlóan változott: néhány állomáson csökkenés jellemző, de előfordul növekvő tendencia is. Undola példáját mutatja a 7. ábra, amin látható, hogy az 1940-es és az 1970-es években az átlagosnál hosszabb ideig maradt meg a hótakaró, a minimumot pedig az 1960-as években érte el.



7. ábra: A hóborítottság időtartama 1931 és 2000 között Undola (1380 m) térségében. Kék színnel jelölve látható az adatsorra illesztett lineáris trend, az 5 éves mozgó átlagot pedig a vastag fekete vonal mutatja (Forrás: Petkova et al., 2004).

Észak-Amerika nyugati, hegyvidéki területein Knowles et al. (2006) szerint a téli és a tavaszi időszakban a csapadék egyre nagyobb arányban hullik eső formájában, és a hótakaró korábban indul olvadásnak az év folyamán az 1949–2004 időszakot vizsgálva. Emellett egy általános melegedés is megfigyelhető a térségben; a csapadékos napok esetében ez valamivel erősebb, mint a száraz napokon. Fontos megjegyezni, hogy azokban a régiókban, ahol a hőmérséklet emelkedése a legnagyobb mértékű, a melegedés nincs hatással a csapadék halmazállapotára, mivel még így is fagypont alatti értékek jellemzők. Az enyhülés tendenciája várhatóan a jövőben is folytatódni fog, aminek következtében a hóesés gyakorisága tovább csökken, ez főleg a csapadékos gazdag hónapok (január, március) esetében lesz jelentős. Az Amerikai Egyesült Államok nyugati részén Hamlet et al. (2005) vizsgálatának eredménye azt jelzi, hogy az emelkedő átlaghőmérséklet hatására a hó vízegyenértékében negatív trend alakult ki (1916–2003 adatai alapján). A legnagyobb relatív csökkenés Nyugat-Washingtonban, Nyugat-Oregonban és Észak-Kaliforniában figyelhető meg (Mote et al., 2005). Vannak olyan térségek is, ahol a vízegyenérték tendenciája pozitív, ami összefüggésben áll a csapadék ugyanilyen irányú változásával – ez túlnyomó többségében a nagyobb tengerszint feletti magasságon jellemző. Arizona és Új-Mexikó államok határán pozitív és negatív tendencia egyaránt előfordul (Mote et al., 2005). Meg kell jegyezni, hogy a hegyvidékeken (például a Sziklás-hegységben, Sierra Nevada déli

részén) a hőmérséklet változása nem befolyásolja a hó vízegyenértékének növekedését. A partvidéken a téli és a tavaszi időszakban elég enyhe a hőmérséklet ahhoz, hogy az emelkedő csapadékmennyiség hatását semlegesítse (Hamlet et al., 2005).

Brown és Braaten (1998) szerint Kanadában a rendelkezésre álló adatok kezdete óta (1946) a hóvastagság értékére és a hóval borított felszín nagyságára egyaránt csökkenés jellemző, a legnagyobb mértékű februárban és márciusban érzékelhető. Pozitív trend csupán a keleti parton alakult ki a vizsgált időintervallumban.

A fejezet zárásaként az 1. táblázatban összegyűjtöttem néhány hóval kapcsolatos rekordértéket a világból; ezek is jól reprezentálják ennek az éghajlati elemnek a nagy változékonyságát.

1. táblázat: A hóval kapcsolatos néhány világrekord érték
(Forrás: [1 – met.hu], [2 – edition.cnn.com]).

Megnevezés	Érték	Helyszín	Időpont
A legtöbb hó egy szezonban	2896 cm	Mt. Baker (USA, Washington)	1998. július – 1999. július
A legtöbb hó egy hóviharból	480 cm	Mt. Shasta (USA, Kalifornia)	1959. február 13-19.
A legtöbb hó egy nap alatt	256 cm	Capracotta (Olaszország)	2015. március 10.
A legnagyobb hópelyhek átmérője	38 cm	Fort Keough (USA, Montana)	1887. január 28.

2.2. A hóval kapcsolatos hazai kutatások

A klímaváltozás következtében a Kárpát-medencében is a téli átlaghőmérséklet emelkedése várható, melynek értéke 2050-re elérheti az 1–2,5 °C-ot (Mika, 1988; Pieczka et al., 2018). Hazánkban még nem végeztek kimondottan a fehér karácsonyokra vonatkozó vizsgálatokat, a hóval kapcsolatban azonban több tanulmány is született, ezek közül az általam legfontosabbnak ítélteteket tekintem át és összegzem ebben az alfejezetben.

Az október 1-től március 31-ig terjedő téli időszakban Magyarországon viszonylag gyakran fordul elő, hogy ún. tapadó hó esik. Gulyás et al. (2012) szerint egy szezonban akár 35 ilyen nap is előfordulhat, és az esetek többségében ezek mediterrán ciklonokhoz köthetők. Nedves tapadó hóról akkor beszélünk, amikor a hópelyhek részlegesen megolvadnak, ezáltal könnyen megtapadnak a tereptárgyakon. A folyékony víztartalom

azért fontos, mert biztosítja az erőt, amivel a hópehely a vezetékhez tapad, ezt adhéziós erőnek nevezzük (Somfalvi-Tóth et al., 2016). Mérések szerint a 12–15% közötti folyékony víztartalom az ideális; magasabb értékek esetén a hó lefolyik a felületről. A tapadó hó megjelenésének feltétele, hogy a 0 °C-os izoterma megfelelő magasságban legyen, valamint ez alatt a szint alatt egy kb. 400 m vastag, fagypont feletti hőmérsékleti tartományú réteg helyezkedjen el – ebben tudnak megolvadni a hópelyhek az esésük során. A hőmérséklet vertikális rétegződését tekintve a tapadó hó kialakulásakor a leggyakoribb helyzet, amikor a pozitív réteg alul helyezkedik el, és a felette található réteg fagypont alatti hőmérsékletű. Két további fontos tényező a levegő relatív nedvességtartalma és hőmérséklete a talaj közelében: ideális esetben előbbi 90–95% között, utóbbi értéke –0,5 °C és 1 °C között alakul. A szélirányt tekintve legtöbbször az ÉNY-i szél fordult elő a vizsgált állomásokon (Somfalvi-Tóth et al., 2018). Ez a jeges lerakódás komoly károkat tud előidézni: az elektromos vezetékek szakadását okozhatja a nagy súlytöbblet miatt, és az erdőkben is egyre több kár keletkezik. Az erdészeti adatok alapján a déli, délnyugati országrész (pl. a Zalai-dombság, Somogyi-dombság) a leginkább érintett (Gulyás et al., 2012).

Szintén mediterrán ciklonokhoz köthető hazánkban a hófűvás jelensége. Kialakulásában a hóesés, a felszíni hőmérséklet, a szél, a hóvastagság és a hó fajsúlya együttesen játszik szerepet (Somfalvi-Tóth et al., 2015). Tordai (2012) mérésekkel támasztotta alá, hogy a hó sűrűsége és a hófűvás kialakulása között szoros kapcsolat áll fenn: kb. 100 kg/m³ sűrűségű friss hóval számolva, már 5 m/s-os szélsébség esetén is be tud következni a jelenség. Előrejelzéséhez használják az ún. hófűvás-indexet, és amennyiben ennek értéke meghaladja a 3,5-öt, az OMSZ⁵ elsőfokú figyelmeztetést ad ki az érintett térségre. A negatív hófűvás-index azt jelenti, hogy olyan körülmények várhatók, melyek kifejezetten akadályozzák a jelenség létrejöttét. 2013. január 18-án következett be az utóbbi évek legkomolyabb hófűvásos helyzete, mely országszerte gondokat okozott (Somfalvi-Tóth et al., 2015). A legerősebb hófűvásokat Bács-Kiskun megyében, az Északi-középhegység keleti vidékén és a Tiszántúlon észlelték (Tordai, 2012).

Egy másik meteorológiai jelenség a zúzmara, mely a faágakra, kerítésekre, vezetékekre rakódva nemcsak szép, de veszélyes is lehet a kialakuló plusz teher miatt (Hajósy, 1965). A 8. ábrán látható egy, a Pilisben létrejött vastag zúzmara-lerakódás. A zúzmaraképződésben a hőmérséklet, szélirány, szélsébség és a kisugárzás erőssége

⁵ Országos Meteorológiai Szolgálat

játssza a döntő szerepet. A kialakulásához szükséges feltételek továbbá a hideg légtömegek, a nagy mértékben lehűlt tereptárgyak (az erős lehűlés az anticiklonális helyzet következménye), a vízgőzben gazdag és enyhe légtömegek érkezése (abban az esetben erős a zúzmara képződése, ha a beáramló légtömeg 0 °C-os hőmérsékletű), advekción köd kialakulása, valamint a gyenge szél jelenléte (Otta, 1953). Lambert (1983) vizsgálata szerint hazánkban leggyakrabban olyan makroszinoptikus helyzetekben alakul ki, amikor a Kárpát-medencétől keletre anticiklon helyezkedik el. Az országon belül a keleti tájakon, illetve a hegyvidékeken fordul elő több alkalommal, mivel az előbb említett állapotban itt kedvezőbbek a zúzmaraképződés feltételei. Az 1970–1980 közötti adatok alapján a zúzmarás napok (azaz amikor az állomások legalább 50%-án észleltek lerakódást) száma januárban a legmagasabb.



8. ábra: Zúzmara-lerakódás a Pilisben 2014. november 29-én
(Forrás: [3 – meteolarm.hu]).

Szentes (2015) a Kelet-Mecsek térségére, az 1951–2013 közötti időszakra vonatkozó kutatásában a havas, hótakarós, illetve az ún. abszolút hótakarós napokat, mint éghajlati indexeket vette számításba. Hótakarós napról akkor beszélünk, ha adott napon a felszín legalább 1 cm vastag, összefüggő hó borítja. A vizsgált időszakban a legtöbb hótakarós nap 1941–1942 telén fordult elő (87 nap), míg 1989–1990 telén mindössze 1 napon alakult ki 1 cm vastagságú összefüggő hótakaró. A Kelet-Mecsekben egy szezonban az átlagos hótakarós napok száma 35 körüli (Szentes, 2015). Egy másik számításhoz figyelembe vette azokat az eseteket is, amikor nem feltétlenül összefüggően, de legalább foltokban hó borította a felszín – ezt a meghatározást abszolút hótakarós napoknak nevezte. Ezen napok száma a térségben átlagosan 50 körül mozog. A trendet

vizsgálva januárban negatív, decemberben pedig pozitív változást figyelt meg. Havas napnak tekintjük azokat a napokat, amikor a lehulló csapadéknak legalább egy része hó; az OMSZ által használt kódolás alapján ide tartozik a 4-es (hó, havas eső), 5-ös (hózápor, darazápor) és a 8-as (hózivatar) csapadékkód [4 – met.hu]. A vizsgált 62 éves időintervallum alatt a legkevesebb havas nap 2006–2007 telén, a legtöbb pedig 1955–1956 telén fordult elő: előbbi esetben 6, utóbbi esetben 49 napon észlelték szilárd halmazállapotú csapadék hullását. A havas napok számában Szentes (2015) csökkenő tendenciát állapított meg.

2.3. A fehér karácsony definíciója különböző országokban

Annak a valószínűsége, hogy esik-e hó az év végi ünnepek alatt, egyértelműen függ a földrajzi helyzettől; emiatt az egyes országok vagy régiók esetében eltérő lehet, hogy hogyan definiálják a fehér karácsony fogalmát – az ehhez tartozó feltételeket tartalmazza a 2. táblázat.

2. táblázat: A fehér karácsony definíciójához tartozó feltételek különböző országokban.

Ország vagy tájegység	Szükséges hóvastagság	Egyéb feltétel
Svédország (Rydén, 2015)	≥ 1 cm	-
Német-Lengyel-alföld (Bednorz, 2006)	≥ 1 cm	-
Egyesült Királyság [5 – metoffice.gov.uk]	-	hóesés észlelése
Amerikai Egyesült Államok (Durre és Squires, 2015)	≥ 1 inch (2,54 cm)	-

Az Egyesült Királyságban akkor számít fehérnek a karácsony, ha bárhol az ország területén hóesést vagy havas esőt észlelnek december 25-én [5 – metoffice.gov.uk]. Az utolsó 54 év karácsonyának több mint a fele, 38 volt fehér; a legutóbbi 2010-ben következett be, amikor a megfigyelőállomások 83%-án hó borította a felszínt – ami egyébként elég ritkán fordul elő –, és a rácspontok 19%-ának területén észleltek hóesést. A definíció szerint azonban a 2015-ös év is fehér karácsonynak számított, mert attól függetlenül, hogy egyik állomáson sem volt havas a felszín, mégis akadt olyan, ahol hóesést regisztráltak. A rendelkezésre álló adatok alapján az ország északi felén leggyakoribb a fehér karácsony. A legvastagabb hótakarót, 47 cm-t 1981-ben, Perthshire területén mérték. Az Egyesült Királyság esetén fontos megjegyezni, hogy az ország

nagyrészen a téli évszak későbbi szakaszában, januárban és februárban jellemzőbb a havazás: míg decemberben átlagosan csupán 3,9 napon regisztrálnak hóesést vagy havas tájat, addig ez az érték január hónapban 5,3 nap, februárban pedig 5,6 nap [5 – metoffice.gov.uk].

Az 1550–1850 közötti időszakban a jelenleginél hidegebb éghajlat volt jellemző az országban, ezt nevezik „kis jégkorszaknak”, ami miatt a 18. és 19. században gyakrabban fordult elő fehér karácsony, mint napjainkban. A klímaváltozás hatására azonban az Egyesült Királyság területén is emelkedik az átlaghőmérséklet, ami csökkenti a fehér karácsonyok előfordulásának valószínűségét [6 – metoffice.gov.uk].

Rydén (2015) az SMHI⁶ adatbázisa alapján vizsgálta, hogy Svédországban az 1904–2012 közötti időszakban valóban ritkábbá vált-e a fehér karácsony. A definíció szerint akkor tekintik fehérnek a karácsonyt, ha december 25-e reggelén legalább 1 cm vastag hó borítja a felszínt az észlelés helyén. Az eredmények szerint az ország déli részén pár cm körül alakult a hóvastagság, de ez az érték észak felé haladva növekszik (aminek egyértelmű oka Svédország nagy észak-déli kiterjedése). Ez a kutatás nem vont le arra vonatkozó következtetést, hogy a hószezon kezdete, vége, annak hossza változott, vagy a fehér karácsonyok száma ritkábbá vált volna.

Finnországot tekintve az ország területén délről észak felé haladva egyre nagyobb a valószínűsége a fehér karácsonynak – ennek oka szintén a pólushoz való közeledés. A déli, délnyugati részeken csupán minden második évben fordul elő: itt az átlagos minimumhőmérséklet $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ és $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ között, a hó vastagsága pedig 5 cm körül alakul karácsony napján (1981–2010-es adatok alapján). A középső tájakon tízből 8–9 alkalommal, azaz majdnem minden évben kifehéredik a táj, ezzel együtt $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatti minimumhőmérséklet jellemző és 10–20 cm vastag hótakaró alakul ki. A legészakabbra fekvő területen, Lappföldön minden évben garantált a fehér karácsony, 30–60 cm vastag hótakaróval, $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$ és $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ körüli, vagy ennél is alacsonyabb minimumhőmérséklettel, és a maximumhőmérséklet sem emelkedik $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ fölé [7 – en.ilmatieteenlaitos.fi].

Az Amerikai Egyesült Államok nagy földrajzi kiterjedéséből és változatos felszínéből következik, hogy területén többféle éghajlat is előfordul, és sok helyen ritkaságnak számít a fehér karácsony. Durre és Squires (2015) a NOAA⁷ 1981–2010-es időintervallumból vett adatait dolgozta fel számos állomásra vonatkozóan. A mérhető

⁶ Swedish Meteorological and Hydrological Institute: Svéd Meteorológiai és Hidrológiai Intézet

⁷ National Oceanic and Atmospheric Administration: Amerikai Oceanológiai és Légköri Hivatal

hó mennyiség alsó határát 1 inchben (=2,54 cm) határozták meg. A Sierras hegyvidék, a Kaszkádok, New England északi része és a Nagy-tavak lee oldala tartozik azok közé a helyek közé, ahol a fehér táj és a hóesés egyaránt a legnagyobb valószínűséggel fordul elő karácsony napján. A Sziklás-hegység magasabb régióiban, illetve a hegység északi része és New England közötti térségben még 50%-nál nagyobb eséllyel borítja hó a felszínt, de a hóesés valószínűsége már kisebb, 25% alatti. A délebben fekvő területeken, például Floridában és Dél-Kaliforniában ritkaságnak számít, ha fehér a karácsony. [8 – weather.gov] alapján Tennessee állam keleti régiójában található három városban (Tri-Cities⁸, Knoxville, Chattanooga) 2015-ig bezárólag 2010 volt az utolsó olyan év, amikor karácsony napján hóesést észleltek. A fehér karácsony ebben az államban sem túl gyakori: Chattanoogaon például 1879–2015 között mindössze 6 alkalommal fordult elő.

⁸ Kingsport, Johnson City, Bristol

3. Adatok és módszertan

A vizsgálathoz az OMSZ honlapján elérhető, 1901-től 2010-ig terjedő időintervallumban mért napi állomási adatokat használtuk fel öt városra (Budapest, Debrecen, Pécs, Szeged és Szombathely), melyeket éghajlati szempontból röviden jellemzünk a 3.1. alfejezetben *Ambrózy et al.* (2003) Magyarország éghajlati atlasza és [9 – met.hu] alapján. A vizsgált paraméterek a napi középhőmérséklet, az adott nap minimum- illetve maximumhőmérséklete, a csapadékösszeg és a lehullott csapadék fajtája. A középhőmérsékletet az adott napon 01, 07, 13 és 19 órakor mért adatok átlagaként állították elő. A maximumhőmérséklet definíció szerint az előző nap este 7 órától adott napon este 7 óráig tartó időintervallumban mért legmagasabb érték; a minimumhőmérséklet pedig az ugyanebben a periódusban előforduló legalacsonyabb hőmérséklet. A napi csapadékösszeg az adott nap reggel 7 órától másnap reggel 7 óráig terjedő időintervallumra vonatkozik. A lehullott csapadék fajtáját kódokkal adják meg, melyek értéke 0-tól 9-ig terjedhet; a 3. táblázatban láthatjuk összefoglalva, melyik kód milyen csapadékfajtát jelöl [9 – met.hu].

3. táblázat: A csapadékfajta meghatározásához használt kódok (Forrás: [9 – met.hu]).

Csapadékfajta	Kód
Ködszitalás, szitalás	0
Eső	1
Ónos eső, ónos szitalás	2
Záporoső	3
Hó, havaseső	4
Hózápor, darazápor	5
Jégeső, jégdara	6
Zivatar	7
Hózivatar	8
Zivatar jégesővel	9

Az adatok rendszerezéséhez, elemzéséhez, az eredmények megjelenítéséhez a Microsoft Excel szoftvert és a Fortran 77 programozási nyelvet használtam.

Első lépésként átnéztem az adatsorokat, és a hiányzó értékek helyét hibás adatkóddal (–999) töltöttem fel, melyeket a későbbi számítások során egyszerűen ki tudtam szűrni. Városonként mintegy 200 000 darab adat állt rendelkezésünkre, ezek feldolgozása nagy odafigyelést és koncentrációt igényelt. Egy rövidebb vizsgálat céljából a 2010 utáni 8 év december 23–26. közötti időintervallumára az [10 – ogimet.com]

oldalon elérhető SYNOP kódokból, illetve az OMSZ honlapján megtalálható Napijelentésekből [11 – met.hu] nyertünk információt a hőmérsékletekre, a hóvastagságra és a lehullott csapadék fajtájára vonatkozóan. Mivel a részletesen feldolgozásra kerülő 110 éves adatsor nem tartalmazott hóvastagság értékeket, ezért azzal az általánosan alkalmazott közelítéssel számítottunk, hogy átlagosan 10 mm vastagságú hó vízgyenértéke 1 mm (Bartholy et al, 2013). A karácsony napjára (december 25.) végzett vizsgálathoz a megelőző két nap, december 23. és 24. maximumhőmérsékletére, a csapadék mennyiségére és annak fajtájára feltételeket szabtuk meg, melyek a 4. táblázatban láthatók összefoglalva. Ehhez hozzávettük azt, amikor 25-én esett a hó, és az nem olvadt el – amit az alapján feltételeztünk, hogy a napi maximumhőmérséklet fagypont alatt maradt. A felsorolt feltételek együttes teljesülése alapján kaptunk egy megközelítő eredményt arra vonatkozóan, hogy hányszor borította hó a felszínt a december 25-ei napok közül. Azokat az eseteket, amikor előfordult ugyan csapadék, és az hó formájában hullott (4-es, 5-ös vagy 8-as csapadékkód), de mennyisége nem érte el a 0,1 mm-t, nem vettük számításba, csak a saját definíció meghatározásához.

Külön kigyűjtöttük, hogy Szenteste napján – december 24-én – hány alkalommal hullott csapadék a 110 év alatt. Az előforduló csapadékfajták százalékos megoszlását kördiagramon ábrázoltuk minden állomásra, mindkét napra.

4. táblázat: Feltételek december 23-24-25-ei napokra, melyek alapján december 25-én havas volt a táj.

Paraméter	Paraméterre vonatkozó feltétel
Maximumhőmérséklet	$< 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ december 23-án, 24-én (és 25-én)
Csapadékösszeg	$\geq 0,1\text{ mm}$ december 23-án vagy 24-én (vagy 25-én)
Csapadék fajtája	hó, havaseső vagy hózápor, darazápor vagy hózivatar (4, 5, 8 csapadékkód)

A definíciónk megalkotásához kapcsolódóan készítettünk egy online kérdőívet is, melyben elsősorban arra voltunk kíváncsiak, hogy az emberek mikor neveznék fehérnek a karácsonyt. Demográfiai, lakóhely típusára vonatkozó adatot is kértünk a kitöltőktől, ami alapján a válaszolók nem tekinthetők reprezentatív mintának a teljes országot nézve, hiszen például nem egyenlő arányban oszlik meg a különböző régiókban élők száma.

3.1. A vizsgált állomások rövid éghajlati jellemzése

Az általunk vizsgált városokra jellemző különböző éghajlati paramétereket (évi középhőmérséklet, éves csapadékösszeg, jellemző szélirány) és az 1901–2010 közötti időszakra vonatkozó rekordértékeket tartalmazza az 5. táblázat.

Az öt állomás közül Budapest rendelkezik a legmagasabb évi középhőmérséklettel; ez az érték egyedül az Alpokalján fekvő Szombathely esetében marad 10 °C alatt. Mivel az ország észak-déli kiterjedése kicsinek mondható, ezért jelentős különbségek nem figyelhetők meg. A napsütéses órák évi összege Debrecenben és Pécsen a legmagasabb a vizsgált állomások közül: rendre 2054, illetve 2080 óra.

A csapadékösszeget tekintve északról délre, illetve nyugatról kelet felé haladva már jobban érzékelhető a csökkenés – utóbbi az erősödő kontinentális hatás következménye. Pécs esetében a mediterrán hatás miatt magasabb az éves csapadékösszeg, ami a legszárazabb január-márciusi időszakot kivéve egyenletesen oszlik el az év során. A Dél-Alföldön fekvő Szeged a legszárazabb, és a csapadék eloszlása egyenlőtlenebb: júniusban majdnem háromszor több hull, mint az év első három hónapjában.

Az országban a szélviszonyokat a nagytérségű folyamatok és a helyi hatások befolyásolják. Szegeden és Budapesten az ÉNY-i szél dominál, ami a hazánk területére érkező ciklonok meghatározó szerepét jelzi. Szombathelyen az Alpok árnyékoló hatásának következtében az É-i és a D-i szél a leggyakoribb, míg a kelet-nyugati irányú völgyben fekvő Pécsen ennek megfelelően a nyugatias és keleties szélirány jellemző (északon a Mecsek, délen a Villányi-hegység határolja). Debrecenben a D-i és az ÉK-i irány a domináns, ami a tőlünk keletre kialakuló anticiklonok hatása (Ambrózy *et al.*, 2003; [9 – met.hu]).

5. táblázat: A vizsgált városokra jellemző átlagos évi középhőmérséklet, éves csapadékösszeg és a leggyakoribb szélirány; valamint a 110 év során mért rekordértékek.

Paraméter	Budapest	Szombathely	Debrecen	Szeged	Pécs
Évi középhőmérséklet [°C]	11,3	9,7	10	10,6	10,7
Éves csapadékösszeg [mm]	532	590	540	489	624
Uralkodó szélirány	ÉNY	É, D	D, ÉK	ÉNY	NY, K
Napsütéses órák éves összege [óra]	2010	1896	2054	2049	2080
Abszolút minimumhőmérséklet [°C]	-23,4	-29,3	-30,2	-29,1	-27
Abszolút maximumhőmérséklet [°C]	40,1	39,4	39,2	39,8	41,2
Legmagasabb napi középhőmérséklet [°C]	33,1	29,7	30,7	31,8	32,8
Legalacsonyabb napi középhőmérséklet [°C]	-20,6	-20,9	-23,9	-21,9	-21,8
Legnagyobb napi csapadékösszeg [mm]	93,9	74,2	80,3	92,3	97,4

4. Eredmények

Ebben a fejezetben az elvégzett kutatás eredményeit fejtjük ki. Elsőként a témával kapcsolatos közvéleménykutatásunk bemutatása következik. Ezt követi a fehér karácsonyok elemzése a vizsgálatban szereplő öt városra vonatkozóan: először az Egyesült Királyságban használt definíció szerint, majd a *Rydén* (2015) által meghatározott, hóborítottsági kritériumon alapuló megközelítés szerint. Külön alfejezetben elemezzük a 2010-es évtized karácsonyi időszakának adatait, a jellemző időjárási helyzeteket; majd a saját definíciónk megfogalmazása következik arra vonatkozóan, hogy Magyarországon mikor nevezhetjük fehérnek a karácsonyt.

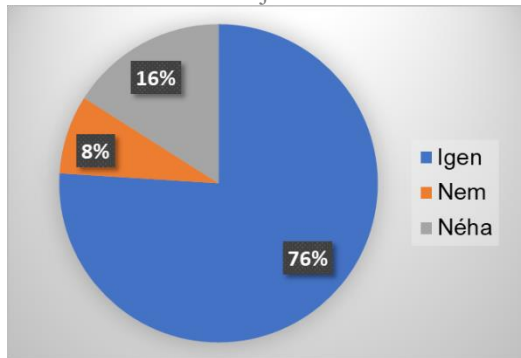
4.1. Kérdőív

Kutatásommal kapcsolatosan előljáróban készítettem egy rövid, 11 kérdésből álló online kérdőívet (*1. melléklet*), melyben azt vizsgáltam, hogy hogyan befolyásolja az emberek hangulatát, ha esik a hó karácsonykor, kinek mi jut eszébe, ha azt a kifejezést hallja: fehér karácsony, illetve hogyan definiálnák annak fogalmát. Rákérdeztem többek között arra is, hogy visszaemlékezve az utóbbi évekre, szerintük milyen arányban volt jellemző a havas karácsony a lakóhelyükön.

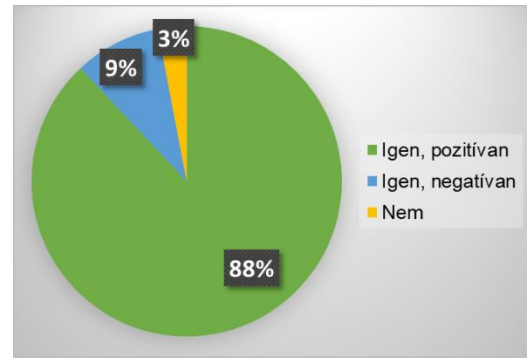
A közvéleménykutatásban 250 fő vett részt, 166 nő és 84 férfi. Az első négy a demográfiai kérdések csoportját alkotta, melyből kiderül, hogy legnagyobb arányban (62%) a 18–30 éves korosztály válaszolt, őket követik a 30–50 év közöttiek (21%) majd az 50 év felettiek (13%). Lakóhely alapján nagyjából azonos százalékban oszlik meg a falun, városban, megyeszékhelyen és a fővárosban élők aránya. Végzettséget tekintve a legmagasabb számban a felsőfokú végzettséggel, illetve az érettségivel rendelkezők válaszoltak, előbbi 122 főt, utóbbi 93 főt jelent.

Arra a kérdésre, hogy szokták-e követni az időjárás-előrejelzést, a túlnyomó többség igennel válaszolt, és hangulatukat pozitívan befolyásolja, ha esik a hó az ünnepek alatt. Csupán hét személyre gyakorol negatív hatást a havazás jelensége, ők jobbra nem is szokták figyelemmel kísérni az előrejelzést. E két kérdésre adott válaszok százalékos megoszlása látható a *9. ábrán*.

Figyelemmel szokta-e kísérni az időjárás-jelentést, hogy milyen idő várható az ünnepek idején?



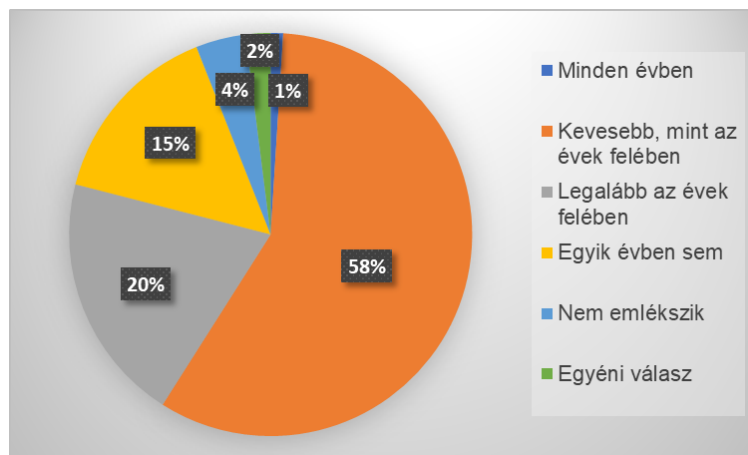
Befolyásolja-e az ünnepi hangulatát, ha esik a hó karácsonykor?



9. ábra: A válaszok megoszlása az időjárás-előrejelzés követésével és a havazás ünnepi hangulatra gyakorolt hatásával kapcsolatban feltett kérdésekre.

A megkérdezettek 98%-a otthon szokta tölteni a karácsonyt. A válaszadók negyede űz téli sportokat, közülük kétszer annyian mennek külföldre e célból, mint belföldre, 15% pedig aszerint dönt, hogy milyen az itthoni sípályák minősége.

Az, hogy az utóbbi években milyen arányban volt jellemző a fehér karácsony, viszonylag megosztó kérdésnek bizonyult. A válaszadók 58%-a úgy emlékszik, hogy kevesebb, mint az évek felében esett hó karácsonykor, közülük a többség a fővárost jelölte meg lakóhelyének. 20% szerint legalább az évek felében havazott, és 15% úgy emlékszik, egyik évben sem fehéredett ki a táj az ünnepekre (10. ábra). Csupán két személy válaszolta azt, hogy minden évben esett hó a lakóhelyén, ők mindketten városban élnek.



10. ábra: Válaszok megoszlása arra a kérdésre, hogyan emlékeznek vissza, milyen arányban volt jellemző a fehér karácsony az utóbbi években a lakóhelyükön.

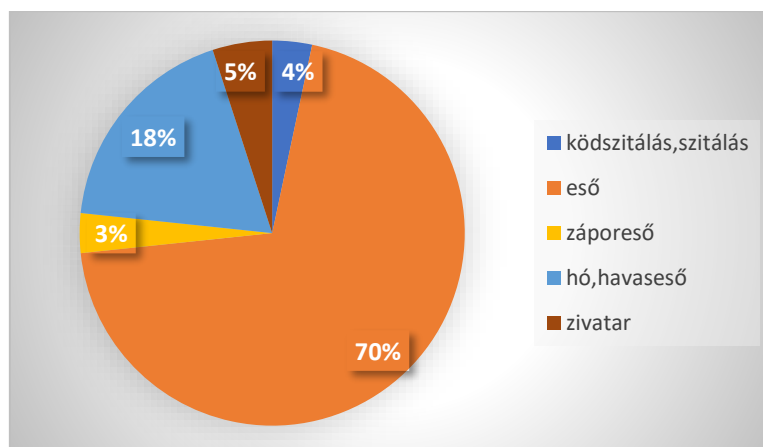
Az egyetlen kérdés, amire önállóan megfogalmazott választ kértem a kitöltőktől, az volt, hogy hogyan definiálnák a fehér karácsony fogalmát. Alapvetően kétféle

megközelítést tapasztaltam: a válaszadók egy része inkább érzelmi, lelki szempontból közelítette meg a fogalmat, és a béke, meghittség, nyugalom jutott eszükbe róla. Sokak szerint a karácsony igazi hangulatát a hóesés adja meg. A másik csoport egyértelműen a hóra asszociált, és legtöbbször akkor nevezik fehérnek a karácsonyt, ha a tájat hó borítja december 24–26 között; a második leggyakoribb definíció pedig, ha karácsony napjain – de Szenteste mindenképp – esik a hó, és meg is marad. Az erre a kérdésre adott válaszokat figyelembe véve fogom megalkotni a fehér karácsony saját definícióját Magyarországra vonatkozóan.

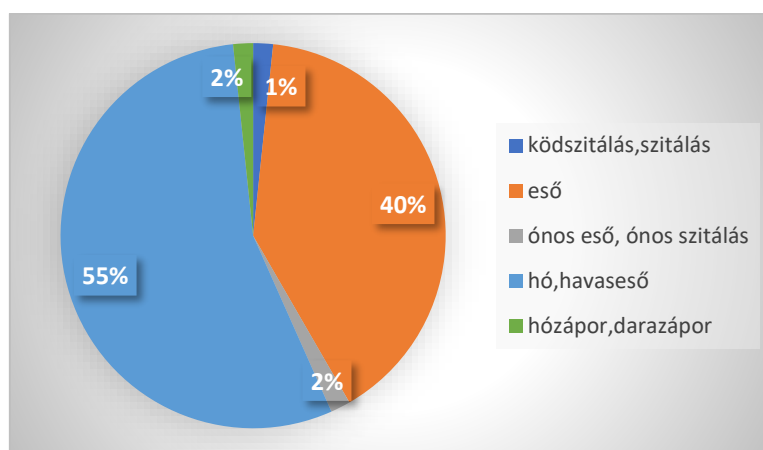
4.2. A fehér karácsonyok száma Magyarországon az angol definíció alapján

Az Egyesült Királyságban akkor nevezik fehérnek a karácsonyt, ha bárhol az ország területén hóesést észlelnek december 25-én [5 – metoffice.gov.uk]. E definíció szerint hazánkban az 1901–2010 közötti időszakot tekintve Debrecenben volt legtöbbször (34 évben) fehér a karácsony, ezt követi Budapest és Pécs 30–30 alkalommal, majd Szombathely következik, végül Szeged, ahol a 110 évből csupán 11-szer teljesült az, hogy karácsony első napján hó esett.

Magyarországon az általunk vizsgált öt városban 55 és 70 között mozog azon napok száma, amikor esett valamilyen csapadék december 25-én, a legkevesebb alkalommal Szombathelyen: itt 55-ből 29 évben fordult elő hóesés, a második leggyakoribb az eső, 33%-os aránnyal. A városok közül Szegeden fordult elő legkisebb arányban a hóesés: a 60 csapadékos december 25-e közül csupán 11-szer hullott hó, 70%-ban esőt észleltek (11. ábra). Legmagasabb százalékban Debrecenben és Pécsen volt fehér a karácsony, előbbi helyen 55%-ban (12. ábra), utóbbi esetében 53%-ban.



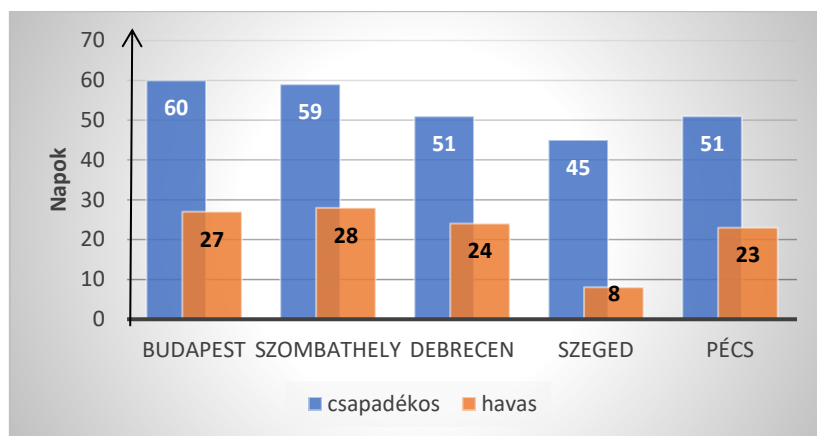
11. ábra: A december 25-én Szegeden előforduló csapadékfajták százalékos megoszlása 1901 és 2010 között.



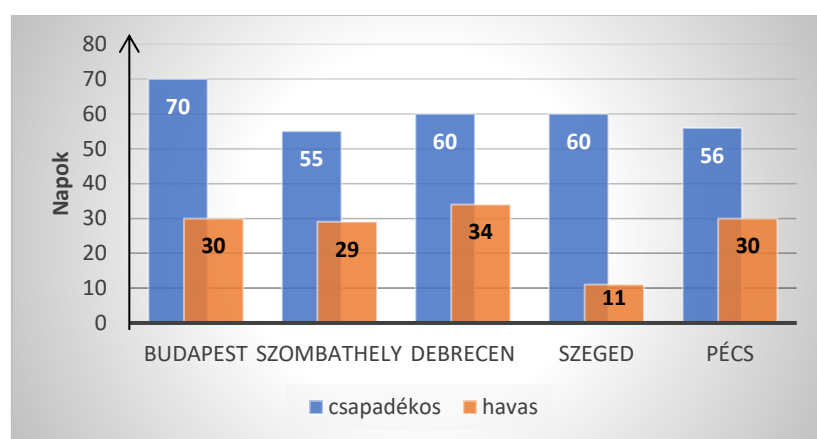
12. ábra: A december 25-én Debrecenben előforduló csapadékfajták százalékos megoszlása 1901 és 2010 között.

Összehasonlításképpen, a definíciót Szenteste napjára alkalmazva azt láthatjuk, hogy nagyjából hasonló gyakorisággal esett csapadék, mint 25-én, legtöbbször Budapesten és Szombathelyen, legkevesebb alkalommal pedig ez esetben is Szegeden. A csapadékfajták megoszlásának tekintetében itt is Debrecenben a legnagyobb a havazás aránya, míg a legalacsonyabb Szeged térségében (mindössze 8 évben esett hó).

A 13. ábra és a 14. ábra összegzi bármilyen csapadékjelenség, illetve kifejezetten a havazás gyakoriságát az egyes városokban, az 1901–2010 közötti időszakban december 24-én és december 25-én.



13. ábra: Csapadékos, illetve havas december 24-ei napok száma 1901 és 2010 között.



14. ábra: Csapadékos, illetve havas december 25-ei napok száma 1901 és 2010 között.

Budapestről és Szombathelyről az is elmondható, hogy ezekben a városokban a legváltozatosabb az előforduló csapadék fajtája mindkét vizsgált napra vonatkozóan, és mindkét esetben ugyanazon kódú csapadékok jelentek meg. Ezt szemlélteti a 6. táblázat december 25-e példáján.

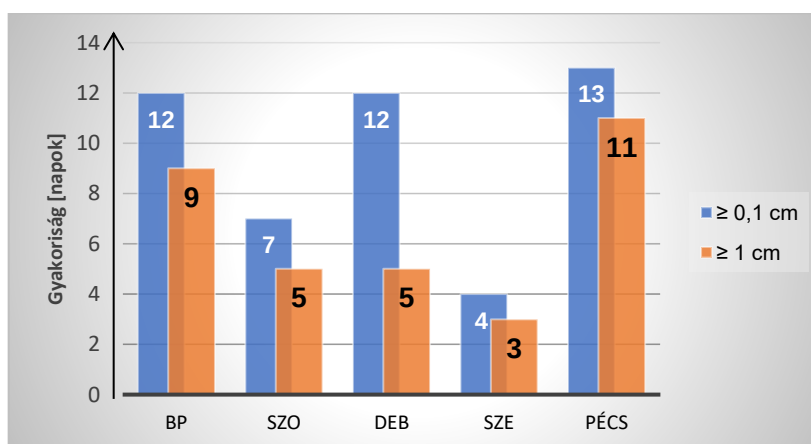
6. táblázat: A december 25-én Budapesten, illetve Szombathelyen előforduló csapadékfajták, és ezek gyakorisága az 1901–2010 közötti időszakban.

	BUDAPEST	SZOMBATHELY
Csapadék fajtája	Előfordulás gyakorisága	Előfordulás gyakorisága
Ködszitalás, szitalás	7	1
Eső	27	18
Ónos eső, ónos szitalás	2	4
Záporosó	3	2
Hó, havas eső	29	28
Hózápor, darazápor	1	1
Zivatar	1	1

4.3. A fehér karácsonyok száma Magyarországon hóborítottság alapján

A Német-Lengyel-alföldön és Svédországban abban az esetben tekintik fehérnek a karácsonyt, ha legalább 1 cm vastag hó borítja a felszínt december 25-én (Bednorz, 2006; Rydén, 2015). Ezt a definíciót alapul véve azt az eredményt kaptuk, hogy Pécsen 11-szer, a többi általunk vizsgált városban pedig ennél még ritkábban beszélhetnénk fehér karácsonyról. Mivel Magyarország a két említett térséghez viszonyítva eltérő földrajzi szélességen található, és alapvetően kisebb mennyiségű hó hullik, a hóvastagság is ritkábban éri el a megadott alsó határértéket. Ezért a továbbiakban azt az esetet elemezzük, amelyben a vizsgálat során nem vettük figyelembe az eredeti meghatározásban szereplő 1 cm-es kritériumot. A 15. ábra összegzi a fehér karácsonyok számát abban az esetben, ha a hóvastagságra vonatkozó küszöbértéket figyelembe vesszük, illetve amikor attól eltekintünk.

Eredményeink azt mutatják, hogy így is Pécsen fordult elő legtöbbször (13 évben) havas táj az ünnepek alatt, ezt követi Budapest és Debrecen. Legritkábban az eddigiekhez hasonlóan Szegeden beszélhetünk fehér karácsonyról – itt utoljára 1940-ben; amikor december 25-ére kb. 13 cm vastag hótakaró alakult ki. 1906 volt az egyetlen olyan év, amikor mind az öt vizsgált állomáson hó borította a felszínt. Három városban a 2007-es nevezhető az utolsó fehér karácsonynak az 1901–2010-es időszakot tekintve.



15. ábra: A fehér karácsonyok száma öt magyar városban a hóborítottság alapján 1901–2010 között. A kék oszlop azt az esetet mutatja, amikor a hóvastagságra az 1 cm-es küszöbértéket nem vesszük figyelembe, a narancssárga oszlop az eredeti definíció szerinti gyakoriságot jelöli.

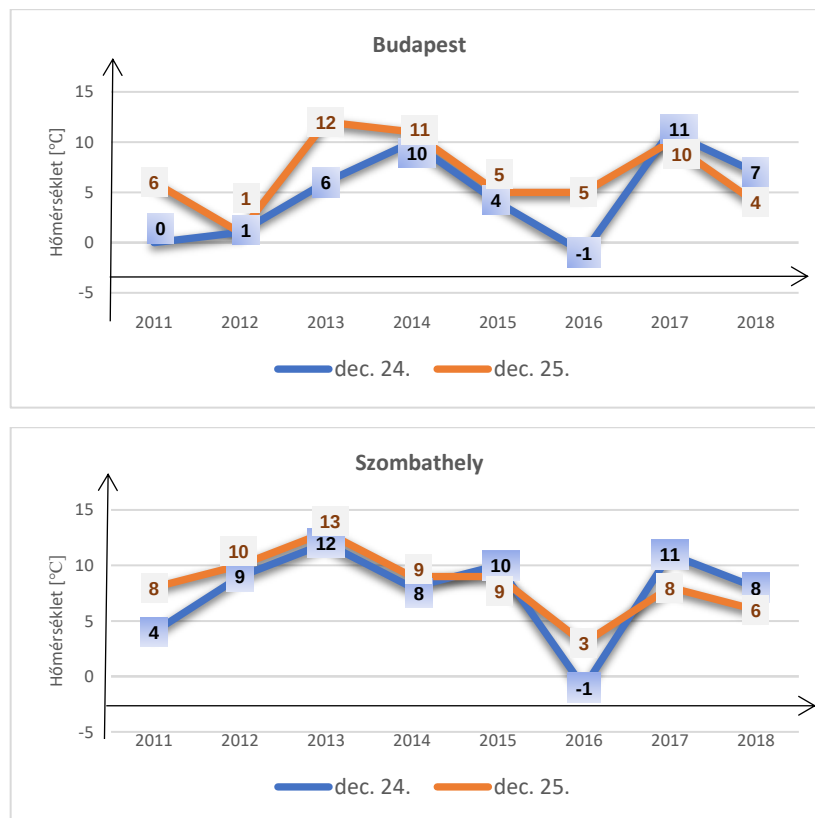
4.4. A 2010-es évtized adatainak vizsgálata

A 2011–2018 közötti időszakot tekintve elmondhatjuk, hogy az ünnepek alatt enyhe időjárás volt jellemző, a maximumhőmérsékletek mind az öt városban fagypont felettiék, ez alól csupán 2016 kivétel, amikor $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ és $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ közötti értékek fordultak elő december 25-én. Pécsen és Szombathelyen négy, Budapesten, Debrecenben és Szegeden három évben is $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ körüli maximumot mértek.

Az angol definíció szerint csupán két évben tekinthettük fehérnek a karácsonyt, azt is Szenteste napjára nézve. Három városban esett hó 2011. december 24-én: Budapesten 2 mm, Szegeden 1 mm, Debrecenben csapadéknym mennyiségű. December 25-én ugyanebben az évben csak Debrecenben hullott hó, de másnapra el is olvadt. 2016-ban két városban (Budapesten és Debrecenben) detektáltak 0,1 mm hó mennyiséget. 2018-ban az öt város közül Pécsen volt fehér a karácsony, ahol december 25-én 1 mm hó esett.

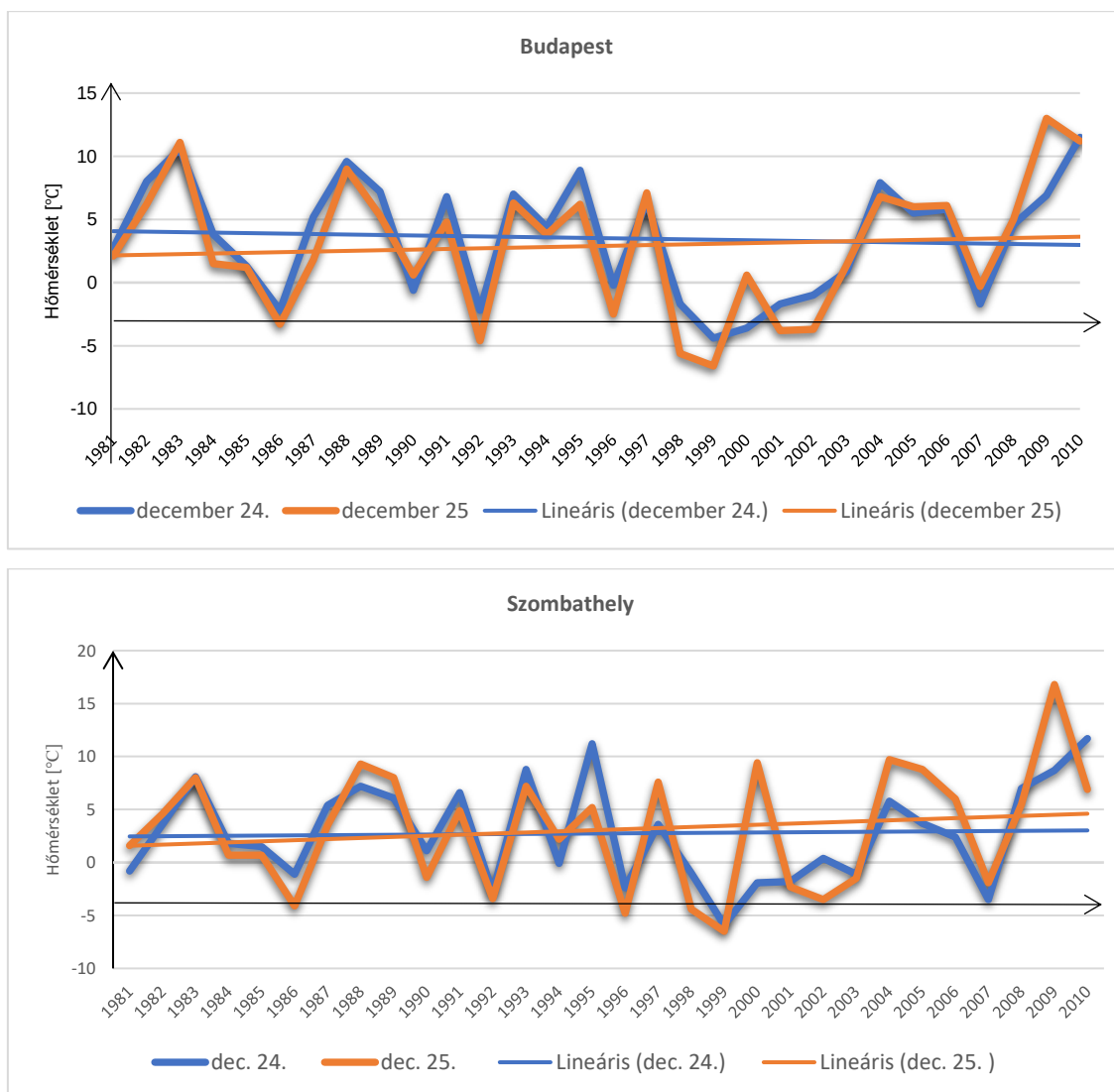
A másik definíciót alapul véve 2011 és 2016 karácsonya szintén fehérnek számít; 2011-ben a legvastagabb hótakaró Pécsen alakult ki az ünnepekre: 24-én 5 cm-t mértek, ami 25-ére 2 cm vastagságúra csökkent. Budapesten a 2012-es év is ide sorolható, 2 cm vastag hó fedte a tájat Szenteste (másnapra ez az érték már csak 1 cm volt). Szombathelyen egyik évben sem borította hó a felszínt, tehát ha a fogalmat ebből a megközelítésből vizsgáljuk, itt az utóbbi nyolc évben nem fordult elő fehér karácsony.

Megfigyelhető, hogy sok évben a december 25-én mért maximumhőmérséklet magasabb, mint december 24-én. Ez Budapest, valamint Szombathely esetében látszik a legjobban, ezért a 16. ábrán külön szemléltetjük is.



16. ábra: A Budapesten és Szombathelyen mért napi maximumhőmérsékleti értékek december 24-én (kék színnel) és december 25-én (narancssárga színnel), a 2011 és 2018 közötti időszakban.

A jelenséget megvizsgáltuk egy hosszabb, 30 éves időintervallumon (1981–2010) az eredetileg használt adatsort felhasználva. A kapott eredmény alapján elmondhatjuk, hogy Budapesten kb. az ezredfordulótól figyelhető meg, hogy december 25-én magasabbra emelkedik a hőmérséklet, mint Szenteste napján; míg Szombathelyen egy évtizeddel korábban, az 1990-es évek elejétől látható ugyanez (17. ábra). Mindkét város esetében teljesül, hogy a jelenlegi tendencia kialakulása előtt december 24-én volt jellemző a magasabb maximumhőmérséklet.



17. ábra: A Budapesten és Szombathelyen mért maximumhőmérsékleti adatok az 1981 és 2010 közötti időszakban, december 24-én (kék színnel) és december 25-én (narancssárga színnel); valamint az idősorokra illeszthető lineáris trendvonalak.

4.4.1. A karácsonykor jellemző időjárási helyzetek

Az online elérhető [11 – met.hu] szöveges Napijelentésben olvasható információk alapján kiderül, hogy a 2010 és 2018 közötti években alapvetően kétféle időjárási helyzet fordult elő az ünnepek alatt: hat évben (2011, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018) anticiklon alakította az időjárást, három esetben (2010, 2012, 2013) pedig ciklon befolyásolta a karácsonyi időt. Az utóbbi áramlási rendszerében két alkalommal enyhe légtömegek érkeztek hazánk térségébe, és egy évben áramlott hidegebb levegő a Kárpát-medencébe. 2018-ban először egy hidegfront átvonulása után lehűlt a levegő, majd egy nyugat-európai középpontú anticiklon hatására enyhülés kezdődött. A 7. táblázat összegzi a

2010–2018 közötti időszak maximumhőmérsékletét december 24–25–26.-ára vonatkozóan:

7. táblázat: A karácsonykor mért napi maximumhőmérsékleti értékek 2010-től 2018-ig. Kék színnel láthatók kiemelve azok az évek, amikor (legalább részben) anticiklon alakította az időjárást az ünnepek alatt. Pirossal szerepelnek azok az évek, melyek esetében ciklon hatása érvényesült karácsonykor.

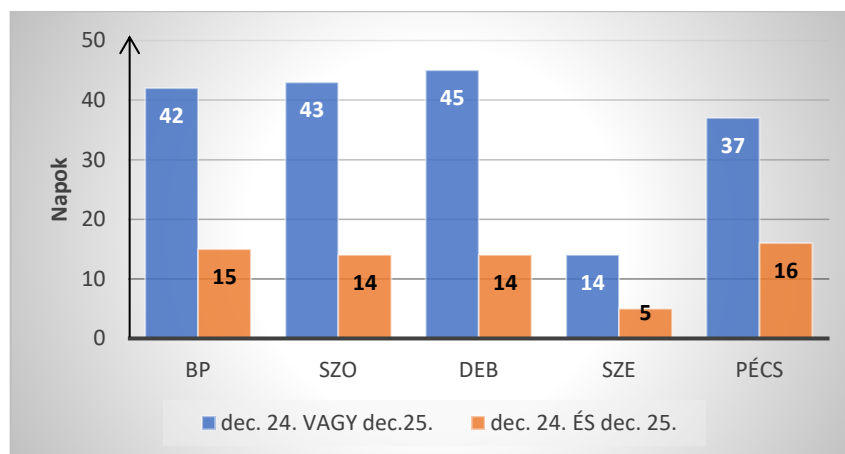
	Maximumhőmérséklet [°C]		
	dec. 24.	dec. 25.	dec. 26.
2010	10,1	4,6	-2,4
2011	-0,2	6,2	1,3
2012	0,5	1,3	4,8
2013	6,4	11,9	8,6
2014	9,7	11,4	4,8
2015	3,7	5,4	2,5
2016	-1,2	5,2	10,9
2017	10,7	10,1	9,6
2018	7,3	3,8	5,6

4.5. Saját definíció a fehér karácsony fogalmára

A fent bemutatott vizsgálatok és eredmények alapján a következőképpen fogalmaztuk meg saját definíciónkat: Hazánkban akkor nevezhetjük fehérnek a karácsonyt, ha december 24-én vagy 25-én hóesést észleltek az adott helyen. Ez hasonlít az Egyesült Királyságban alkalmazott definícióhoz, de annnyival bővebb, hogy két napot vesz figyelembe, és akkor is megfelel a feltételnek, ha csak 24-én vagy csak 25-én esik hó.

E meghatározás szerint az 1901–2010 közötti időszakban legtöbbször (45 évben) Debrecenben beszélhetünk fehér karácsonyról, Szombathelyen 43, Budapesten 42 évben detektáltak havat az ünnepek alatt. Pécsen valamivel kevesebb, 37 ez az érték, a legkevesebbszer – csupán 14 alkalommal – Szegeden volt fehér a karácsony.

Megjegyzésképpen: ha úgy fogalmaznánk meg a definíciót, hogy mindkét napon észleljenek hóesést, akkor egy sokkal szigorúbb feltételnek kellene megfelelni, következésképpen jóval ritkábban nevezhetnénk fehérnek a karácsonyt. Ezt az összehasonlítást illusztrálja a 18. ábra.



18. ábra: Fehér karácsonyok száma 1901–2010 között magyarországi városokban a saját definíciónk alapján: ha december 24-én vagy december 25-én hóesést észleltek (kék oszlopok); összehasonlítva azzal az esettel, ha mindkét napon egyaránt detektáltak havat (narancssárga oszlopok).

4.6. Az eredmények áttekintése

Az eredményeket tekintve megállapíthatjuk, hogy az 1901–2010 közötti időintervallum adatsora és a kiegészítésképpen figyelembe vett 2010-es évtized értékei alapján Magyarországon az általunk vártnál ritkábban fordult elő fehér karácsony. Ha ezt a fogalmat az alapján definiáljuk, hogy december 24-én havazott-e az egyes általunk vizsgált állomásokon (8. táblázat), akkor elmondhatjuk, hogy az 1900-as évtizedben nem fordult elő egy fehér karácsony sem. Az 1930-as és az 1960-as években következett be leggyakrabban a jelenség. A másik megközelítés szerint (ha legalább részben hó borítja a felszínt az ünnepek alatt) az 1960-as, 1990-es és a 2010-es évtizedben fordult elő a legtöbb fehér karácsony. Az erre vonatkozó eredményeket összegzi a 9. táblázat. A lineáris trendet tekintve az első esetben nagyon gyenge negatív, a második definíciót alapul véve viszont pozitív tendencia figyelhető meg a fehér karácsonyok számában. Az általunk megfogalmazott definíció alapján (ha december 24-én vagy december 25-én hóesést észlelnek az adott állomáson) az első esethez hasonlóan szintén az 1930-as és az 1960-as években volt leggyakoribb a fehér karácsony hazánkban, legkisebb számban pedig a 2010-es évtizedben fordult elő (10. táblázat).

8. táblázat: A fehér karácsonyok előfordulásának gyakorisága az egyes városokban évtizedekre bontva (1901 és 2018 között). Itt abban az esetben tekintjük fehérnek a karácsonyt, **ha december 24-én hóesést vagy havas esőt észleltek** az adott állomáson.

Fehér karácsonyok gyakorisága (hóesés)												
Város	Évtized											
	1900-as	1910-es	1920-as	1930-as	1940-es	1950-es	1960-as	1970-es	1980-as	1990-es	2000-es	2010-es
Budapest	0	4	2	4	3	6	1	2	1	2	2	2
Debrecen	0	1	3	3	2	2	4	3	2	2	2	2
Pécs	0	1	1	2	3	2	5	3	1	3	2	0
Szeged	0	1	1	4	2	0	0	0	0	0	0	1
Szombathely	0	3	1	4	3	3	4	2	3	3	2	0

9. táblázat: A fehér karácsonyok gyakorisága az egyes városokban évtizedekre bontva (1901 és 2018 között). Itt abban az esetben számít fehérnek a karácsony, **ha legalább részben (hófoltok, hólepel) hó borítja a felszínt az ünnepek alatt.**

Fehér karácsonyok gyakorisága (hóboritottság)												
Város	Évtized											
	1900-as	1910-es	1920-as	1930-as	1940-es	1950-es	1960-as	1970-es	1980-as	1990-es	2000-es	2010-es
Budapest	2	1	2	1	1	1	0	1	0	2	1	3
Debrecen	1	0	2	2	0	0	3	1	0	2	0	2
Pécs	1	1	0	0	1	1	4	1	1	2	1	2
Szeged	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
Szombathely	1	1	0	0	0	0	1	1	0	2	1	0

10. táblázat: A fehér karácsonyok gyakorisága az egyes városokban évtizedekre bontva (1901 és 2018 között) az általunk alkotott definíció alapján. Itt abban az esetben tekintjük fehérnek a karácsonyt, **ha december 24-én vagy 25-én hóesést észlelnek** az adott állomáson.

Fehér karácsonyok gyakorisága (saját definíció)												
Város	Évtized											
	1900-as	1910-es	1920-as	1930-as	1940-es	1950-es	1960-as	1970-es	1980-as	1990-es	2000-es	2010-es
Budapest	3	6	5	6	3	7	2	3	2	2	2	3
Debrecen	4	1	3	7	5	2	7	5	4	5	2	2
Pécs	3	1	2	2	4	3	8	4	1	6	3	1
Szeged	3	2	1	5	3	0	0	0	0	0	0	1
Szombathely	4	3	2	5	5	3	6	2	3	6	3	1

5. Összefoglalás

A krioszféra egyik eleme, a hó a földi éghajlati rendszer egyik fontos komponense, és mind közül egyben a legváltozékonyabb is. A klímaváltozás következtében módosul a hó kialakulásához és felhalmozódásához szükséges két fő befolyásoló tényező – a hőmérséklet és a csapadék – térbeli és időbeli eloszlása. Globális skálán nézve nem egyforma mértékben változik a hóesés gyakorisága és a hóvastagság; a domborzat, a földrajzi elhelyezkedés és a lokális hatások mind befolyásolják azokat. A legtöbb térségben egyértelműen ritkábbá fog válni a hóesés, és a kialakuló hóréteg vastagsága is csökkenni fog a jövőben. Növekvő tendencia azokban a régiókban várható, ahol a felmelegedés ellenére is fagypont alatt marad az átlaghőmérséklet (*Kapnick és Delworth, 2013*).

Az év vége felé közeledve mindig gyakori téma szokott lenni, vajon fehér lesz-e a karácsony, hiszen ez a jelenség sokunk hangulatát pozitívan befolyásolja, meghittebbé teszi az ünnepet. Az utóbbi pár év alapján úgy emlékszünk, hogy ritka volt a fehér karácsony hazánkban, mert ahogyan a klíma változik, módosítja a hó befolyásoló tényezőinek, a hőmérsékletnek és a csapadéknak az időbeli és térbeli eloszlását, ami hatással van a lehulló hó mennyiségére, a hóborítottság időtartamára.

Különböző országokban eltérő lehet, hogy hogyan határozzák meg a fehér karácsony fogalmát, aminek oka a más-más földrajzi fekvés, s ebből adódóan az éghajlat eltérő általános jellemzői. Ebben a dolgozatban azt vizsgáltuk, hogy kétféle definíció alapján hogyan alakult a fehér karácsonyok száma öt hazai állomásra (Budapest, Debrecen, Pécs, Szeged, Szombathely) vonatkozóan.

Az OMSZ honlapján elérhető, 1901–2010 közötti időszak adatait felhasználva a következő eredményeket kaptuk:

Az Egyesült Királyságban megfogalmazott definíció szerint fehér karácsonyról beszélhetünk, ha december 25-e folyamán **hóhullás** észlelhető [5 – metoffice.gov.uk]. Ezt alapul véve az általunk vizsgált öt városban 45 és 60 között alakult az olyan december 24-ei napok száma, amikor bármilyen fajta csapadék hullott; ezek közül az esetek közül hó leggyakrabban Szombathelyen és Budapesten fordult elő (rendre 28, illetve 27 évben). December 25-e 55–70 évben volt csapadékos, és 11–34 alkalommal havas; legtöbbször Debrecenben. Mindkét nap esetén Szegeden beszélhetünk legkevesebbszer fehér karácsonyról ezt a definíciót figyelembe véve; a csapadék itt hullott legnagyobb arányban eső formájában.

A másik megközelítésben a **hóborítottság** kapja a hangsúlyt, vagyis akkor fehér a karácsony, ha december 25-én legalább 1 cm vastag hótakaró fedi a talajt (*Bednorz, 2006; Rydén, 2015*). E szerint Magyarországon Pécsen fordult elő legtöbbször – 11 évben – havas táj az ünnepek alatt, legritkábban pedig (az előző definícióhoz hasonlóan) szintén Szegeden, mindössze 3 alkalommal. A kialakult hó vastagságára vonatkozó kritérium elhagyásával minimálisan, de magasabb értékeket kapunk. Elmondható, hogy 1906 volt az egyetlen olyan év, amikor mind az öt vizsgált városban hó borította a felszínt december 25-én. A definíciót tekintve három városban (Budapest, Szombathely, Pécs) a 2007-es nevezhető az utolsó fehér karácsonynak az 1901–2010-es időszak alatt. Az adatsort kiegészítve a 2010-es évtizeddel, a Napijelentésekből nyert információk alapján karácsonykor az utóbbi években többségében anticiklonális hatás érvényesült – enyhe időjárás volt jellemző, gyakran 10 °C körüli maximumhőmérsékleti értékekkel. Az évtizedekre bontott gyakoriságot tekintve elmondhatjuk, hogy az első megközelítés alapján nagyon gyenge negatív, a második esetben azonban pozitív trend figyelhető meg hazánkban a fehér karácsonyok előfordulásában 1901–2018 között.

A különböző eredmények figyelembevételével megfogalmaztunk egy saját definíciót, mely szerint hazánkban akkor nevezhetjük fehérnek a karácsonyt, ha december 24-én vagy 25-én hóesést észlelnek egy adott állomáson – így 14 és 45 közötti számú fehér karácsonyról beszélhetünk az általunk vizsgált városokban a 110 év alatt (azaz nagyjából 13-40%-os volt a bekövetkezési gyakoriság).

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom témavezetőimnek, Kis Annának és Dr. Pongrácz Ritának a szakmai tanácsokért, észrevételekért és a konzultációs alkalmakért, melyekkel munkámat segítették e dolgozat megírása során.

Köszönöm az Országos Meteorológiai Szolgálatnak a [met.hu] honlapon elérhető adatsorokat és Napijelentés kiadványokat, melyek a vizsgálat alapját képezték; illetve szeretném megköszönni annak a 250 válaszadónak, akik az online kérdőív kitöltésével járultak hozzá a kutatás sikerességéhez.

Nem utolsó sorban sokat köszönhetek a barátaimnak és a családomnak, akik végig bíztattak és bátorítottak ebben az időszakban.

Irodalomjegyzék

- Aase, J. K., Siddoway, F. H., 1979: Crown-Depth Soil Temperatures and Winter Protection for Winter Wheat Survival. *Soil Science of America Journal Abstract*, 43(6), 1229–1233. DOI: 10.2136/sssaj1979.03615995004300060036x
- Ambrózy, P., Bartholy, J., Bozó, L., Hunkár, M., Konkolyiné Bihari, Z., Kövér, Zs., Mika, J., Németh, P., Putsay, M., Rimócziné Paál, A., Szalai, S., Tóth, Z., Wantuch, F., Zoboki, J., 2003: Magyarország éghajlati atlasza. Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest. 107 p.
- Barcza, Z., Bartholy, J., Bihari, Z., Lakatos, M., Mészáros, R., Pieczka, I., Pongrácz, R., Práger, T., Radics, K., 2013: Az éghajlati rendszer és az üvegházhatás. In: Klímaváltozás (Szerk.: Bartholy, J., Pongrácz, R.). Egyetemi jegyzet. Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest. 186 p. (<http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/Klimavaltozas/index.html>)
- Bartholy, J., Pongrácz, R., 2011: Éghajlattan. EDUTUS Főiskola, Budapest. 82 p.
- Bartholy, J., Dezső, Zs., Gelybó, Gy., Kern, A., Pongrácz, R., Radics, K., 2013: Csapadék. In: Alkalmazott és városklimatológia (Szerk.: Pongrácz, R., Bartholy, J.). Egyetemi jegyzet. Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest. 25–32. (<http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/AlkalmazottEsVarosklimatologia/index.html>)
- Beniston, M., 1997: Variations of snow depth and duration in the Swiss Alps over the last 50 years: links to changes in large-scale climatic forcings. *Climatic Change*, 36, 281–300.
- Beniston, M., Keller, F., Goyette, S., 2003: Snow pack in the Swiss Alps under changing climatic conditions: an empirical approach for climate impacts studies. *Theoretical and Applied Climatology*, 74, 19–31. DOI: 10.1007/s00704-002-0709-1
- Bednorz, E., 2006: A White Christmas or A Christmas Thaw? – Changes in snow cover depth in German-Polish lowlands during the last decade of December against daily circulation patterns. *Meteorologische Zeitschrift*, 15(6), 579–583. DOI: 10.1127/0941-2948/2006/0165
- Brown, R. D., Braaten, R. O., 1998: Spatial and temporal variability of Canadian monthly snow depths, 1946–1995. *Atmosphere-Ocean*, 36(1), 37–54. DOI: 10.1080/07055900.1998.9649605
- Bulygina, O. N., Razuvaev, V. N., Korshunova, N. N., 2009: Changes in snow cover over Northern Eurasia in the last few decades. *Environmental Research Letters*, 4, 045026 (6p.) DOI: 10.1088/1748-9326/4/4/045026
- Bürki, R., Elsässer, B., Abegg, B., 2003: Climate Change: Impacts on the Tourism Industry in Mountain Areas. Proceedings, 1st International Conference on Climate Change and Tourism, Djerba, 9–11. April 2003.
- Chen, L., Wu, R., 2000: Interannual and decadal variations of snow cover over Qinghai-Xizang Plateau and their relationships to summer monsoon rainfall in China. *Advances in Atmospheric Sciences*, 17(1), 18–30.
- Christensen, J. H., Christensen, O. B., 2007: A summary of the PRUDENCE model projections of changes in European climate by the end of this century. *Climatic Change*, 81, 7–30.
- Clark, M.P., Serreze, M. C., Robinson, A. D., 1999: Atmospheric controls on Eurasian snow extent. *Int. J. Climate*, 19, 27–40.
- Cohen, J., Entekhabi, D., 2001: The influence of snow cover on the northern hemisphere climate variability. *Atmosphere-Ocean*, 39(1), 35–53. DOI: 10.1080/07055900.2001.9649665
- Croce, P., Formichi, P., Landi, F., Mercogliano, P., Bucchignani, E., Dosio, A., Dimova, S., 2018: The snow load in Europe and the climate change. *Climate Risk Management*, 20, 138–154.
- Derksen, C., Brown, R., 2012: Spring snow cover extent reductions in the 2008–2012 period exceeding climate model projections. *Geophysical Research Letters*, 39, L19504, DOI: 10.1029/2012GL053387
- Durre, I., Squires, M. F., 2015: White Christmas? An Application of NOAA's 1981–2010 Daily Normals. *American Meteorological Society*, 1853–1858. DOI: 10.1175/BAMS-D-15-00038.1
- Falarz, M., 2002: Long-term variability in reconstructed and observed snow cover over the last 100 winter seasons in Cracow and Zakopane (southern Poland). *Climate Research*, 19, 247–256.

- Gettelman, A., Rood, R. B., 2016: Components of the climate system. In: *Demystifying Climate Models*. Springer, 13–22. DOI: 10.1007/978-3-662-48959-8_2
- Gulyás, K., Somfalvi-Tóth, K., Kolláth, K., 2012: A tapadó hó statisztikus-klimatológiai viszonyai hazánkban. *Léggör*, 57, 49–54.
- Hajósy, F., 1965: A zúzmaráról. *Léggör*, 10 (4), 89–91.
- Hansen, J., Nazarenko, L., 2004: Soot climate forcing via snow and ice albedos. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101 (2), 423–428.
- Hamlet, A. F., Mote, P. W., Clark, M. P., Lettenmaier, D. P., 2005: Effects of Temperature and Precipitation Variability on Snowpack Trends in the Western United States. *American Meteorological Society*, 18, 4545–4561.
- Hantel, M., Ehrendorfer, M., Haslinger, A., 2000: Climate Sensitivity of Snow Cover Duration in Austria. *International Journal of Climatology*, 20, 615–640.
- Harrison, J., Winterbottom, S. W., Johnson, R., 2001: Climate change and changing patterns of snowfall in Scotland. *The Scottish Executive Central Research Unit*, 57 p.
- Hosaka, M., Nohara, D., Kitoh, A., 2005: Changes in Snow Cover and Snow Water Equivalent Due to Global Warming Simulated by a 20km-mesh Global Atmospheric Model. *SOLA*, 1, 93–96. DOI: 10.2151/sola.2005-025
- 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 p.
- Jylhä, K., Fronzek, S., Tuomenvirta, H., Carter, T. R., Ruosteenoja, K., 2008: Changes in frost, snow and Baltic sea ice by the end of the twenty-first century based on climate model projections for Europe. *Climatic Change*, 86, 441–462. DOI: 10.1007/s10584-007-9310-z
- Kapnick, S. B., Delworth, T. L., 2013: Controls of Global Snow under a Changed Climate. *Journal of Climate*, 26, 5537–5562. DOI: 10.1175/JCLI-D-12-00528.1
- Kitaev, L., Kislov, A., Krenke, A., Razuvaev, V., Martuganov, R., Konstantinov, I., 2002: The snow cover characteristics of northern Eurasia and their relationship to climatic parameters. *Boreal Environmental Research*, 7, 437–445.
- Knowles, N., Dettinger, M. D., Cayan, D. R., 2006: Trends in Snowfall versus Rainfall in the Western United States. *Journal of Climate*, 19, 4545–4559.
- Krasting, J. P., Broccoli, A. J., Dixon, K. W., Lanzante, J. R., 2013: Future Changes in Northern Hemisphere Snowfall. *Journal of Climate*, 26, 7813–7828. DOI: 10.1175/JCLI-D-12-00832.1
- Lambert, K., 1983: A zúzmaraképződés szinoptikus klimatológiai feltételei. *Léggör*, 28 (1), 17–19.
- Latenser, M., Schneebeli, M., 2003: Long-term snow climate trends of the Swiss Alps (1931-99). *International Journal of Climatology*, 23, 733–750. DOI: 10.1002/joc.912
- Lemke, P., Ren, J., Alley, R.B., Allison, I., Carrasco, J., Flato, G., Fujii, Y., Kaser, G., Mote, P., Thomas, R. H., Zhang, T., 2007: Observations: Changes in Snow, Ice and Frozen Ground. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Li, X., Cheng, G., Jin, H., Kang, E., Che, T., Jin, R., Wu, L., Nan, Z., Wang, J., Shen, Y., 2008: Cryospheric change in China. *Global and Planetary Change*, 62, 210–218. DOI: 10.1016/j.gloplacha.2008.02.001
- López-Moreno, J. I., 2005: Recent Variations of Snowpack Depth in the Central Spanish Pyrenees. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 37(2), 253–260.
- López-Moreno, J. I., Goyette, S., Vicente-Serrano, S. M., Beniston, M., 2011: Effects of climate change on the intensity and frequency of heavy snowfall events in the Pyrenees. *Climate Change*, 105(3-4), 489–508. DOI: 10.1007/s10584-010-9889-3
- Mika, J., 1988: A globális felmelegedés regionális sajátosságai a Kárpát-medencében. *Időjárás*, 92(2-3), 178–189.
- Mote, P. W., Hamlet, A. F., Clark, M. P., Lettenmaier, D. P., 2005: Declining mountain snowpack in western North America. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 86, 39–49.

- Petkova, N., Koleva, E., Alexandrov, V., 2004: Snow cover variability and change in mountainous regions of Bulgaria, 1931-2000. *Meteorologische Zeitschrift*, 13(1), 19–23. DOI: 10.1127/0941-2948/2004/0013-0019
- Pieczka, I., Pongrácz, R., Bartholy, J., Szabóné, A. K., 2018: Future temperature projections for Hungary based on RegCM4.3 simulations using new Representative Concentration Pathways scenarios. *International Journal of Global Warming*, 15(3), 277–292. DOI: 10.1504/IJGW.2018.093121
- Qin, D., Shiyin, L., Peiji, L., 2006: Snow Cover Distribution, Variability, and Response to Climate Change in Western China. *Journal of Climate*, 19, 1820–1833.
- Otta, E., 1953: A zúzmara előrejelzése. *Időjárás*, 57 (1), 8–19.
- Rasmus, S., Räisänen, J., Lehning, M., 2004: Estimating snow conditions in Finland in the late 21st century using the SNOWPACK model with regional climate scenario data as input. *Annals of Glaciology*, 38, 238–244.
- Räisänen, J., 2008: Warmer climate: less or more snow? *Climate Dynamics*, 30, 307–319. DOI: 10.1007/s00382-007-0289-y
- Räisänen, J., Eklund, J., 2012: 21st Century changes in snow climate in Northern Europe: a high-resolution view from ENSEMBLES regional climate models. *Climate Dynamics*, 38 (11-12), 2575–2591.
- Rydén, J., 2015: Is a White Christmas rarer in southern parts of Sweden? *Theoretical and Applied Climatology*, 121, 53–59. DOI: 10.1007/s00704-014-1220-1
- Siderius, C., Biemans, H., Wiltshire, A., Rao, S., Franssen, W. H. P., Kumar, P., Gosain, A. K., van Vliet, M. T. H., Collins, D. N., 2013: Snowmelt contributions to discharge of the Ganges. *Science of the Total Environment*, 468-469, 93–101. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2013.05.084
- Somfalvi-Tóth, K., Tordai, J., Simon, A., Kolláth, K., Dezső, Zs., 2015: Forecasting of wet- and blowing snow in Hungary. *Időjárás*, 119(2), 277–306.
- Somfalvi-Tóth, K., Simon, A., Kolláth, K., Mészáros, R., 2016: Összefoglaló a tapadó hó előrejelzéséről az Országos Meteorológiai Szolgálatnál. *Egyetemi Meteorológiai Füzetek*, 27, 142–149.
- Somfalvi-Tóth, K., Simon, A., Mészáros, R., 2018: Tapadó hó kialakulásakor jellemző vertikális rétegződés vizsgálata 36 évnyi rádiószondás felszállás mérései alapján. *Egyetemi Meteorológiai Füzetek*, 30, 148–156.
- Strasser, U., 2008: Snow loads in a changing climate: new risks? *Natural Hazards and Earth System Science, Copernicus Publications on behalf of the European Geosciences Union*, 8 (1), 1–8. <hal-00299479>
- Szentes, O., 2015: A Kelet-Mecsek csapadékviszonyai az 1901-2013-as időszakban. Szakdolgozat, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest (Témavezető: Dr. Matyasovszky István). 75 p.
- Tomasino, M., Dalla Valle, F., 2000: Natural climatic changes and solar cycles: an analysis of hydrological time series. *Hydrological Sciences Journal*, 45(3), 477–489. DOI: 10.1080/02626660009492343
- Tordai, J., 2012: A hófűvás előrejelzése Magyarország térségére. Diplomamunka, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest (Témavezetők: Kolláth Kornél, Tóth Tamás, Belső konzulens: Dr. Pongrácz Rita). 53 p.
- Vavrus, S., 2007: The role of terrestrial snow cover in the climate system. *Climate Dynamics*, 29, 73–88. DOI: 10.1007/s00382-007-0226-0
- Vojtek, M., Faško, P., St'astny, P., 2003: Some selected snow climate trends in Slovakia with respect to altitude. *Acta Meteorologica Universitatis Comenianae*, 32, 17–27.
- Ye, H., Ellison, M., 2003: Changes in transitional snowfall season length in northern Eurasia. *Geophysical Research Letters*, 30 (5), 1252. DOI: 10.1029/2003GL016873
- Zakharova, E. A., Kouraev, A. V., Biancamaria, S., Kolmakova, M. V., Mognard, N. M., Zemtsov, V. A., Kirpotin, S. N., Decharme, B., 2011: Snow Cover and Spring Flood Flow in the Northern Part of Western Siberia (the Poluy, Nadym, Pur, and Taz Rivers). *Journal of Hydrometeorology*, 12, 1498–1511. DOI: 10.1175/JHM-D-11-017.1

Internetes források

[1 – met.hu]

http://owwww.met.hu/omsz.php?almenu_id=misc&pid=met_rekordok&pri=1&mpx=1&stt=vilagrekordok

[2 – edition.cnn.com]

<https://edition.cnn.com/2015/03/10/europe/italy-possible-snow-record/index.html>

[3 – meteoalarm.hu]

<https://www.meteoalarm.hu/ismeret->

[tar/meteorologiai_hirek/index.php?id=493&m=2&hir=Zuzmarakepzodes_a_Pilisben](https://www.meteoalarm.hu/ismeret-tar/meteorologiai_hirek/index.php?id=493&m=2&hir=Zuzmarakepzodes_a_Pilisben)

[4 – met.hu]

https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_adatsorok/

Letöltés ideje: 2018. augusztus

[5 – metoffice.gov.uk]

<https://www.metoffice.gov.uk/learning/snow/white-christmas>

[6 – metoffice.gov.uk]

https://beta.metoffice.gov.uk/binaries/content/assets/metofficegovuk/pdf/research/library-and-archive/library/publications/factsheets/factsheet_5-white-christmas.pdf

[7 – en.ilmatieteenlaitos.fi]

<http://en.ilmatieteenlaitos.fi/christmas-weather>

[8 – weather.gov]

<https://www.weather.gov/mrx/christmasfacts>

[9 – met.hu]

https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/varosok_jellemzoi/Budapest/

[10 – ogimet.com]

<https://www.ogimet.com/synops.phtml.en>

[11 – met.hu]

https://www.met.hu/idojaras/aktualis_idojaras/napijelentes/

Függelék

Fehér karácsonyok Magyarországon

1. Neme: *

☐ Nő

☐ Férfi

2. Életkora: *

☐ 18 év alatti

☐ 18-30 év közötti

3. Lakóhelye: *

☐ Falu

☐ Város

☐ Megyeszékhely

☐ Főváros

☐ Egyéb...

4. Végzettsége:

☐ 8 általános

☐ Érettségi

☐ Szakma

☐ Felsőfokú végzettség

☐ Egyéb...

5. Szokta-e követni az időjárás-előrejelzést, hogy milyen idő várható az ünnepek alatt?

☐ Igen

☐ Nem

☐ Néha

6. Befolyásolja-e az ünnepi hangulatát, ha esik a hó karácsonykor? *

☐ Igen, pozitívan

☐ Igen, negatívan

7. Hol szokta tölteni a karácsonyt?

☐ Otthon

☐ Elutazom

8. Szokott-e télisportokat űzni (síelés, snowboard, stb.)?

☐ Igen

☐ Nem

9. Ha előző kérdésére igen a válasz, belföldön vagy külföldön?

☐ Belföldön

☐ Külföldön

☐ Attól függ, milyen az itthoni pályák minősége

☐ Egyéb...

10. Ön hogyan határozná meg a fehér karácsony fogalmát? *

Rövid szöveges válasz

11. Ön hogyan emlékszik, az utóbbi években - amennyire vissza tud emlékezni - milyen arányban volt jellemző a fehér karácsony a lakóhelyén (amikor hó borította a tájat karácsonykor)? *

☐ kevesebb, mint az évek felében volt havas a karácsony

☐ legalább az évek felében havazott karácsonykor

☐ egyik évben sem esett hó az ünnepek alatt

☐ nem emlékszem

☐ Egyéb...

1. melléklet: A kérdőívben feltett kérdések és hozzájuk tartozó válaszlehetőségek.