

Eötvös Loránd Tudományegyetem
Természettudományi Kar
Meteorológiai Tanszék

AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS HATÁSA

A HAZAI TURISZTIKAI KÍNÁLATRA



Készítette:

SZABÓ DOROTTYA

(V. éves meteorológus hallgató)

Témavezető:

NÉMETH ÁKOS

(Országos Meteorológiai Szolgálat)

Tanszéki konzulens:

DR. PONGRÁCZ RITA

(ELTE Meteorológiai Tanszék)

Budapest, 2010.

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS	3
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	5
2.1. TURISZTIKAI ALAPFOGALMAK.....	5
2.2. A KLIMATOLÓGIA SZEREPE A TURIZMUSBAN – A TURISZTIKAI KLIMATOLÓGIA	7
3. A VIZSGÁLATI MÓDSZEREK ÉS ADATOK ISMERTETÉSE, A MODELLEK VALIDÁCIÓJA	11
3.1. A FELHASZNÁLT ADATSOROK BEMUTATÁSA.....	11
3.1.1. <i>A kiválasztott modellek ismertetése</i>	12
3.1.2. <i>Az IPCC által használt szcenáriók</i>	15
3.2. A FELHASZNÁLT HŐMÉRSÉKLETI ÉS CSAPADÉK INDEXEK.....	18
3.3. A KIVÁLASZTOTT MODELLEK VALIDÁCIÓJA	21
3.3.1. <i>A modellek hőmérsékleti indexekre vonatkozó validációja</i>	21
3.3.2. <i>A modellek csapadékindeksre vonatkozó validációja</i>	35
3.4 A KÖZVÉLEMÉNY-KUTATÁS MÓDSZEREI	41
4. A VIZSGÁLATI EREDMÉNYEK ISMERTETÉSE	43
4.1. VÁRHATÓ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS A MÁTRÁBAN, KÉKESTETŐN	44
4.1.1. <i>A modelleredmények által becsült klímaváltozás kékestetői adatok alapján</i> ..	45
4.1.2. <i>A várható változás turisztikai hatása a Mátrára</i>	52
4.2. VÁRHATÓ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS BUDAPESTEN	55
4.2.1. <i>A modelleredmények által becsült klímaváltozás budapesti adatok alapján</i> ..	55
4.2.2. <i>A várható változás turisztikai hatása Budapestre</i>	66
4.2.3. <i>A budapesti közvélemény-kutatás eredményei</i>	69
4.3. VÁRHATÓ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS A BALATONON.....	71
4.3.1. <i>A modelleredmények által becsült klímaváltozás siófoki adatok alapján</i>	73
4.3.2. <i>A várható változás turisztikai hatása a Balatonra</i>	86
4.3.3. <i>A balatoni közvélemény-kutatás eredményei</i>	90
5. ÖSSZEFOGLALÁS	96
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	99
IRODALOMJEGYZÉK	100
ÁBRAJEGYZÉK	107
1. MELLÉKLET: A BALATONI KÖZVÉLEMÉNY-KUTATÁSHOZ ÖSSZEÁLLÍTOTT KÉRDŐÍV	110
2. MELLÉKLET: A BUDAPESTI KÖZVÉLEMÉNY-KUTATÁSHOZ ÖSSZEÁLLÍTOTT KÉRDŐÍV	112

1. Bevezetés

Az éghajlat változik. A XXI. századra egyértelműen kimutathatóak a változások (IPCC, 2007), amelyek széles körben érzékeltetik hatásukat. Bizonyos területeken szembetűnőbbben – ilyen a turizmus, amely az időjárás egyik legnagyobb alárendeltje – míg máshol észrevétlenebbül. A globális klímaváltozás közismert, az időjárás átalakulását az átlagemberek is nyomon követhetik, hatását pedig mindenki érzékelheti, de legfőképpen a turisták.

Az idegenforgalom fokozatosan fejlődik. A kedvező politikai légkör, a gazdasági-társadalmi viszonyok, a lakosság szabad felhasználású jövedelmének növekedése, az urbanizáció fejlődése és a műveltségi színvonal emelkedése az utazási igények fokozatos növekedéséhez vezettek. Az infrastruktúra fejlődése pedig megteremtette az idegenforgalom mozgékonyabbá, rugalmasabbá válásának feltételét (Perczel, 2003).

A nemzetközi idegenforgalom az ezredfordulóra a világ egyik vezető gazdasági ágazatává vált. Az utóbbi negyven év alatt mintegy megtízszereződött a turisták száma, míg a bevételek több, mint hatvanszor lettek nagyobbak (Michalkó, 2007). A világ vezető szerepét még mindig Európa birtokolja, bár az utóbbi években némi visszaesés tapasztalható.

Magyarország számára is fontos bevételi forrást jelent a turizmus. Már az 1960-as évektől kezdve minden évben pozitív egyenleggel zárt, amely az ezredforduló óta egyre fokozódik (Puczkó és Rácz, 2001).

Hazánk alacsony fekvése miatt kevésbé alkalmas téli sportolásra, így vonzerejét inkább a kiránduló, természetjáró, illetve az üdülő körzetek jelentik, de egyes esetekben éghajlati gyógyhelyek is számításba jöhetnek. Ezért az időjárás kiemelt fontosságú az egyes évek turisztikai forgalmának alakulásában.

A diplomamunka keretében Magyarország három kiemelt üdülőkörzetét vizsgáltuk meg a turisztika és a klimatológia kölcsönhatásának szempontjából. A vizsgált területek eltérő turisztikai adottságokkal rendelkeznek. A körzetek

kiválasztásában szerepe volt annak, hogy legyen a közelben meteorológiai állomás. A különböző turisztikai termékeket természetesen eltérő módon befolyásolja az éghajlat és az éghajlat módosulása, ezért a szakdolgozat célja, hogy megfigyeljük, hogy a különböző szabadidős tevékenységeket (pl. strandolás, természetjárás, síelés) a klímaváltozás hogyan érinti; milyen előnyökkel, illetve milyen hátrányokkal járhat a klímamodellek által prognosztizált változás. Továbbá megvizsgáljuk az éghajlatváltozás különböző funkciójú üdülő területekre gyakorolt hatását, s ennek várható pozitív, illetve negatív következményeit elemezzük.

A klímamodellek előrejelzése alapján becslést kapunk a várható változás mértékére, s ez alapján a turisztikai termékek népszerűségének változására következtethetünk. A klímamodellek eredményei mellett azonban nagy szerepe van az emberek, turisták véleményének is, hiszen ők a turizmus fő meghatározói, ezért közvélemény-kutatást készítettünk. A Balaton környékén arról kérdeztük a tó partján nyaralókat, hogy mit gondolnak a Balaton időjárásáról, milyen változásoktól tartanak, illetve az esetleges változások milyen hatással lennének a nyaralási szokásaikra. Budapesten pedig a turisztikai szolgáltatók személyzetének véleményére voltunk kíváncsiak, vajon mit gondolnak a lehetséges változásokról, figyelembe veszik-e, alkalmazkodnak-e hozzá.

2. Irodalmi áttekintés

2.1. *Turisztikai alapfogalmak*

A turizmus ma elfogadott definícióját a Turizmus Világszervezet¹ fogalmazta meg a Hágai Nyilatkozatban, amelyet 1989. április 10-14. között, az Interparlamentáris Unió (IPU) és a Turizmus Világszervezet első alkalommal megrendezett közös konferenciáján adtak ki. Eszerint „a turizmus magában foglalja a személyek lakó- és munkahelyen kívüli minden szabad helyváltoztatását, valamint az azokból eredő szükségletek kielégítésére létrehozott szolgáltatásokat” (WTO, 1989). A turizmus tehát sem időtartam, sem távolság, sem pedig motiváció alapján nincs korlátozva. (Puczkó - Rácz, 2001)

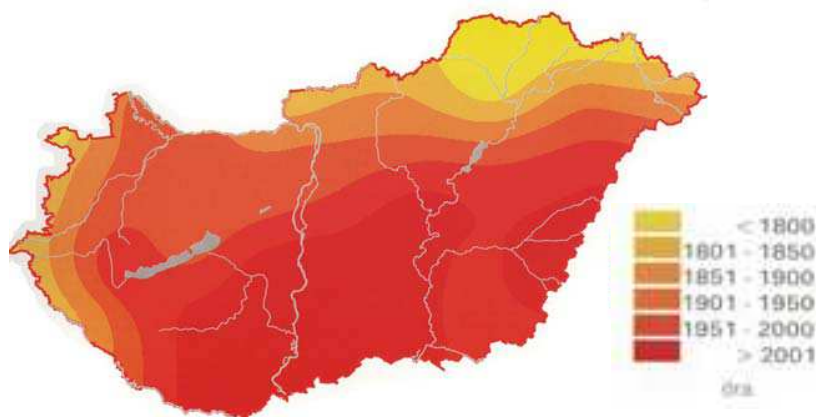
A meghatározásból levezethető a turizmust meghatározó két alrendszer is: Az alanyi alrendszer, amely az idegenforgalomban részt vevő személyeket, turistákat, de a szolgáltató személyzetet is magába foglalja, illetve a tárgyi alrendszer, amely a szolgáltatási intézmények, kínálatot tevők összességét jelenti (Michalkó, 2007).

A turisztikai kínálat a természeti adottságokat kihasználva, a társadalmi-kulturális viszonyok figyelembevételével dolgozik. Üzleti és információs szervezetek és ezek által nyújtott szolgáltatások összessége, amelybe a szolgáltatások ára, az eladási formák és módszerek is beletartoznak.(Tasnádi, 2002)

Az idegenforgalom fajtái nagyon sokszínűek. Motivációs és környezeti tényezők alapján üdülő, kulturális, társadalmi, hivatás- és gazdasági, politikai, természeti, illetve sportturisztikai ágra lehet bontani, melyek mindegyike kivétel nélkül hazánkban is jelen van. A szabadidős tevékenységek mellett nagy szerepe van a munkával kapcsolatos turisztikai ágaknak, amelyekből a légi utasok közel 85%-a kerül ki, emellett pedig sok szálloda és az autókölcsönzők leg többjének célcsoportja is innen származik. (Michalkó, 2007)

Magyarország bár nélkülözi a legfőbb vonzerőtényezőket (tenger, magas hegyek stb.), azonban számos olyan faktorral rendelkezik, amelyre építve fejleszhető a hazai turizmus. Legnagyobb vonzereje a Balaton, emellett azonban egyéb vízparti üdülések, a termál- és gyógyturisztikai ajánlatok iránt is nagy az érdeklődés. Az ország belföldi turizmusa a természetföldrajzi viszonyok következtében így főként a nyári időszakra koncentrálódik.

Az ország földrajzi fekvését figyelembe véve sok turisztikai hatás vezethető le. Június második felében lehet a leghosszabb nappalokra számítani, korábban, illetve később a nappalok rövidülnek. Ennek az üdülőturizmusban van kiemelkedő jelentősége, mivel sok szabadidős program csak nappali fénynél végezhető. Fürdőzni, vitorlázni, kerékpározni, kirándulni csak világosban lehet biztonságosan, emellett pedig sok szabadtéri kulturális létesítmény is a napkeltehez és napnyugtához igazítja nyitva tartását. Az esti, éjszakai élet, tűzijáték, színházi előadások a sötétséget kívánják meg, így a napnyugta időpontjának ismerete szükséges ezen programok megtervezéséhez.



1. ábra. Az átlagos évi napfénytartam (óra) összegei Magyarországon
(forrás: OMSZ)

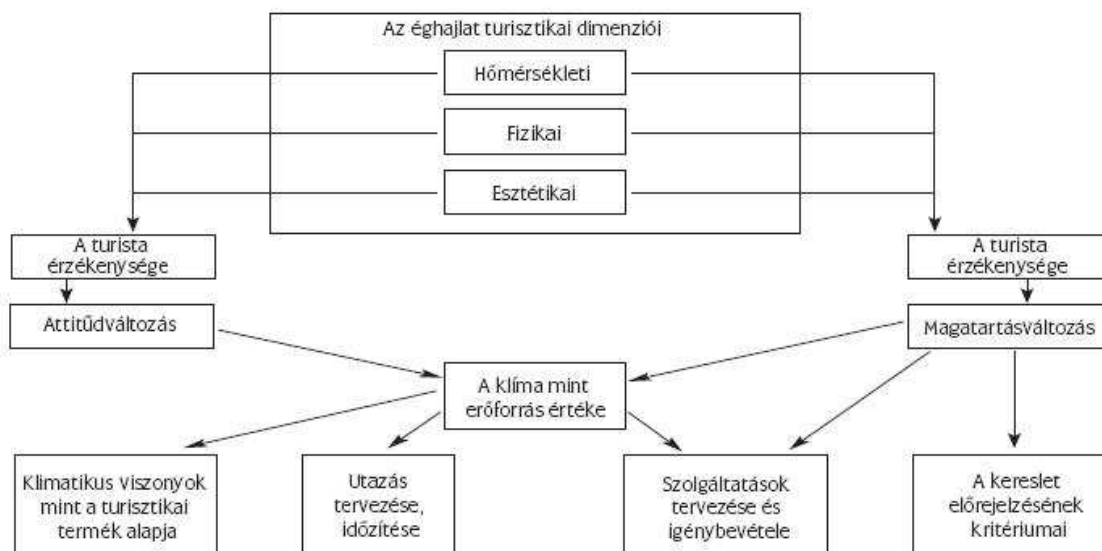
A másik fontos hatás hazánk geoturisztikai elhelyezkedése. Európa közepén fekszik, centrális helyen, amely kedvező lehet, ha az utazás célpontját a távolság határozza meg. Mindemellett közel helyezkedik el Nyugat-Európa kedvelt turisztikai célpontjaihoz, így nyaranta mintegy 15-20 millió külföldi áthaladását biztosítja. S bár az áthaladók nagy része 24 óránál kevesebbet tölt az országban, a kereskedelmi és vendéglátó ipari hatás kimutatható (Michalkó, 2007).

2.2. A klimatológia szerepe a turizmusban – a turisztikai klimatológia

A turisztika a világ legjobban fejlődő ágazata. 1970 és 1990 között mintegy 260%-kal nőtt az ebből származó bevételek mennyisége. Egy desztináció turisztikai keresettségét alapvetően befolyásolják az adott helyre jellemző éghajlati sajátosságok, a politikai viszonyok, a társadalmi-kulturális fejlettség, illetve a gazdasági helyzet (Puczkó – Rácz, 2001).

Jelen esetben a klíma, ezen belül pedig a klímaváltozás és a turizmus kölcsönhatásával foglalkozunk részletesebben. Az éghajlat megváltozása alapjaiban írhatja át egy terület turisztikai kínálatát, de a látogatottságát is. A legtöbb turisztikai terméket erősen befolyásolja az időjárás, így ennek módosulásával csökkenhet, illetve növekedhet egyes termékek népszerűsége.

A 2. ábrán látható az éghajlat és turizmus kapcsolata. Az éghajlat hőmérsékleti, fizikai és esztétikai dimenziói meghatározzák a turista magatartását, és a kínálatra illetve a desztinációra vonatkozó attitűdjét is. Észrevehető, hogy az éghajlat központi szerepet tölt be a célterület kiválasztásában, így tehát egy körzet kihasználtságában is.

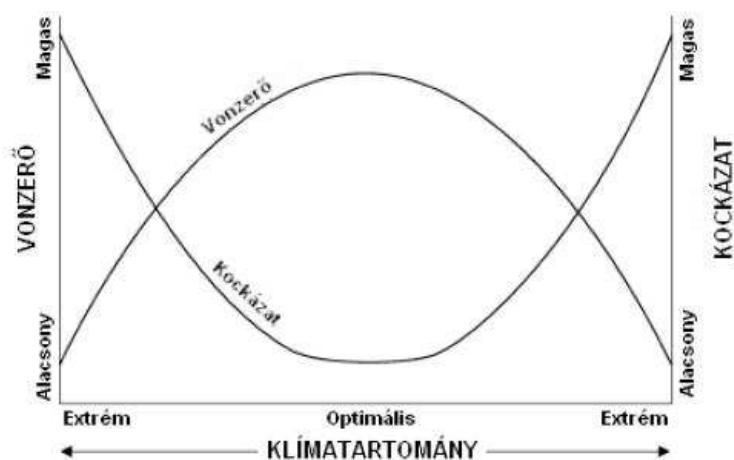


2. ábra: A turizmus és az éghajlat kapcsolata (de Freitas et al., 2004)

A klímát és a turizmust a lehető legszélesebb értelemben vizsgálják. Az éghajlat magában foglalja a napi és szezonális időjárási események hosszú sorát

egy adott helyen, míg a turizmus és rekreáció a kikapcsolódást, a pihenést jelenti. A rekreáció definíció szerint olyan tevékenység, amelyen az egyén saját akaratából, saját személyes megelégedettségére, örömeire vesz részt. Így egyrészt az időjárás illetve éghajlat, másrészt a turizmus illetve rekreáció között teremt kapcsolatot a tudomány turisztikai klimatológia ágazata (de Freitas, 2003).

Egy település erőforrásainak bázisát a földrajzi elhelyezkedés, a növény- és állatvilága, a topográfiája, illetve az időjárása, éghajlata adja. Hibbs (1966) ezt felhasználva a turisztikai klimatológia fogalmát úgy határozta meg, mint egy olyan erőforrást, amely az időjárással együtt valamilyen rekreációs „csomagot” alkot, amely a helytől és az időtől függően lehet kedvező vagy kedvezőtlen (de Freitas, 2003). Így az éghajlatot gazdasági eszközként lehet kezelni az idegenforgalom területén, tehát meghatározható a keresettség, s a gazdasági nyereség egy adott térségben az időjárás események függvényében. Ez azonban problémákat is felvet, ugyanis az ideális időjárás feltételek nem adhatóak meg egyértelműen. A cél annak a meghatározása, hogy mikor a legoptimálisabb egy adott desztináció felkeresése. Ezekre a kérdésekre ad választ az úgynevezett turisztikai potenciál, amely a turisztikai lehetőségek kihasználtsága és az elégedettség között teremt kapcsolatot. A turisztikai potenciál egy térség fogadóképességének és fogadókészségének ki nem használt, illetve nem megfelelően hasznosított eredményeként értelmezhető. Csak ott lehet erről beszélni, ahol a meglévő vonzerő feltárása, az azt hasznosító idegenforgalmi infrastruktúra kiépítettsége részben, vagy egészben kezdetleges, jelentős fejlesztésre szorul (Michalkó, 2007).



3. ábra. A turisztikai potenciál és a klíma kapcsolata Perry (1997) szerint

Például ahol az idegenforgalom igényei nincsenek teljes mértékben kielégítve, ott az elégedettség és a komfortérzet csökkenhet, tehát ebben az esetben a turisztikai potenciál alacsonyabb. Ez látható grafikusán a 3. ábrán.

Anderssen és Colberg (1973) tanulmánya szerint a turisztikai célpont kiválasztásában a legnagyobb szerepet az éghajlat és a táj játszza, vagyis az időjárás ingadozása a forgalom visszaeséséhez vezethet. Emellett az idegenforgalmi iparág különösen veszélyeztetett a természeti katasztrófákra nézve, ugyanis a helyismerettel nem rendelkező üdülőközönség fokozott veszélynek van kitéve ezen események alkalmával. Az éghajlati információk széleskörű bemutatása ezért is nagyon fontos, amelyek az autós idegenforgalom, a turisztikai szolgáltatók és az egyéni turisták részére történhet. Az ismertető összeállítása során figyelembe veszik, hogy az információk könnyen érthető formában legyenek tálalva, illetve törekednek a „valós” események bemutatására az átlagok leírása helyett. Ez azért szükséges, mert az egyének eltérő módon reagálnak a különböző időjárási eseményekre.

Általánosságban azonban megadhatóak olyan fizikai, termális és esztétikai tényezők, amelyek mindenkire hasonló kényelmi vagy kényelmetlenségi befolyással vannak. Ilyen fizikai paraméter többek között az eső, a viharos szél, a hó, a jég, a levegőminőség, melyek közvetlenül vagy közvetetten fejtik ki hatásukat. Az esztétikai szempontok is az éghajlati erőforrások részei, amelyeket Crowe et al. (1973) „az esztétikai természetes miliőnek” nevezett. Ebbe a kategóriába tartoznak az olyan időjárási tényezők, mint a láthatóság, vagy a napsütéses, illetve felhős szinoptikus helyzetek.

Az 1. táblázatból kitűnik, hogy az éghajlat és az időjárás minden területen lényegesen befolyásolja az egyén fizikai állapotát, s így kihat az elégedettségre is. Az éghajlatváltozás pedig átalakítja az adott turisztikai célpont addigi jellemzőit. A jövő célkitűzései között szerepel az egyes desztinációk pontos turisztikai klimatológiai összefüggésének meghatározása és a változások nyomon követése.

Európában a klímaváltozás leginkább a tengerparti, illetve a hegyvidéki területeket érinti, ezért ezekben a térségekben lényegesen módosulhat az üdülési szezon, másrészt pedig átalakulhatnak a turisztikai célú utazások. Nyáron a fokozódó meleg miatt a jelenleg kedvelt mediterrán tengerparti üdülőterületeken már-már elviselhetetlenné válhat a hőség, s így sokan északabbi desztinációt kereshetnek.

Időjárási tényezők	Jelentőség	Hatás
Esztétikai		
Napsütés/felhőzet	Tapasztalat minősége	Élvezet, a terület vonzereje
Láthatóság	Tapasztalat minősége	Élvezet, a terület vonzereje
Nap hosszúsága	Kényelem	Világosság időtartama
Fizikai		
Szél	Bosszúság	Elfújta holmik, homok, por...
Eső	Bosszúság és báj	Nedvesség, csökkenti a láthatóságot és élvezeti értéket
Hó	Téli sportok/aktivitás	Részvétel a sportban/aktivitás
Jég	Veszély	Sérülés, anyagi kár
Rossz idő	Bosszúság, veszély	A fent említettek összessége
Levegőminőség	Bosszúság, veszély	Egészség, fizikai jólét, allergia
UV sugárzás	Veszély, vonzerő	Egészség, barnaság, leégés
Termális		
A léghőmérséklet, a szél, a napsugárzás, a nedvesség, a hosszúhullámú sugárzás, és az anyagcsere együttes hatása	Termális komfort	Környezeti stressz, hipotermia, hipertermia
	Terápiás, erősítő	Lábadozás lehetősége

1. Táblázat. A különböző időjárási tényezők jelentősége és hatása (de Freitas, 2003)

A hegyekben a melegedés miatt feljebb húzódik a hóhatár, ennél fogva kevesebb téli sportokra alkalmas hegy lesz. Emellett pedig csökken a szezon hossza is, ami egy idő után a kereslet visszaeséséhez is vezethet.

Az említett változások Magyarországot is érinthetik, ami megfelelő felkészüléssel pozitív hatású lehet. A csapadék eloszlásának átrendeződésével és az átlaghőmérséklet növekedésével a Balaton átveheti a mediterrán területek turistaforgalmának egy részét. Az időjárás változás miatt kevesebb csapadékos és borús nap várható, több lesz a napsütéses órák száma. Így a szezon meghosszabbodása valószínűsíthető, s az enyhülő tavaszi, illetve őszi hetekben is nőhet a vendéglátóhelyek kihasználtsága.

3. A vizsgálati módszerek és adatok ismertetése, a modellek validációja

A vizsgálat első felében az európai ENSEMBLES projekt keretében rendelkezésre bocsátott öt regionális klímamodell alapján készítettünk becslést a vizsgált térségek éghajlatára. A szimulációkból kapott eredmények verifikálásához a reprezentatív állomásokon mért adatsorokat vesszük figyelembe az 1961-2009 időszakra. A jövőre (2021-2050 és 2071-2100) vonatkozó szimulációk felhasználásával a hazai turisztikai termékek lehetséges várható változását mutatjuk be.

Ugyanakkor fontosnak tartottuk a turisták véleményét is figyelembe venni, így a különböző térségekben célirányosan összeállított kérdőíveket használva próbáltuk megtudni az emberek álláspontját.

3.1 A felhasznált adatsorok bemutatása

A vizsgálatokhoz felhasznált mérési adatsor az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) adatbázisából származik és az 1961. január 1-től 2009. december 31-ig terjedő időszakot öleli fel. Az adatok Siófok, Budapest, illetve Kékestető meteorológiai állomásokra vonatkoznak. Átlaghőmérséklet, maximum és minimum hőmérséklet, illetve napi csapadékösszeg szerepel a mért értékek között.

A szimulált idősorok az ENSEMBLES projekt (ensemblesrt3.dmi.dk) keretén belül végzett regionális klímamodellzés eredményeiből származnak. A rendelkezésre álló modellek közül ötöt vizsgálunk meg, melyek különböző globális klímamodellekből származó kezdeti és peremfeltételeket használnak (2. táblázat). Mivel az ENSEMBLES projekt egységesen az A1B scenáriót vizsgálta, így

az általunk felhasznált modellek is erre a forgatókönyvre vonatkoznak, 25 km-es felbontásúak, illetve az idősoruk 2100-ig rendelkezésre állt.

Intézet	Globális modell	Regionális modell
Francia Meteorológiai Szolgálat (CNRM)	ARPEGE	ALADIN
Királyi Holland Meteorológiai Intézet (KMNI)	ECHAM	RACMO
Svéd Meteorológiai és Hidrológiai Intézet (SMHI)	BCM	RCA
Dán Meteorológiai Intézet (DMI)	ARPEGE	HIRHAM
Az Elméleti Fizika Nemzetközi Központja, Olaszország (ICTP)	ECHAM	RegCM

2. Táblázat. A felhasznált regionális modellek, a határfeltételeket biztosító globális modellek, s az őket futtató intézetek

3.1.1. A kiválasztott modellek ismertetése

Az ARPEGE éghajlati modellt az ECMWF¹ és a Francia Meteorológiai Szolgálat egyaránt használja, de eltérő parametrizációval. Jelenleg a modell harmadik verziója van alkalmazásban, amelynek felbontása horizontálisan 50-450 km között változik, így a Földközi-tenger térségében 50 km-es felbontással fut, míg a Csendes-óceán területén 450 km-essel. Hibrid koordináta rendszert használ, 31 vertikális szinten. A modell egy korábbi változatának parametrizációját Déqué et al. (1998) írta le. Az ARPEGE regionális verziója az ALADIN, amelynek fontos része a sugárzási séma (Morcrette, 1990), a felhő-csapadék-turbulencia séma (Ricard és Royer, 1993), és a konvekciós séma, ami a tömeg-fluxus rendszer nedvesség konvergenciáját írja le (Bougeault, 1985).

A HIRHAM regionális modell alapja a hidrosztatikus rendszerű HIRLAM, amelyet Machenhauer (1988) és Källén (1996) jegyez. Ez alapján prognosztikai egyenletek írják le a vízszintes szélmezőt, a hőmérsékletet, a páratartalmat, a folyékony vízmennyiséget és a felszíni nyomást. A modell másik alapköve

¹ European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (Európai Középtávú Időjárás Előrejelző Központ)

a Roeckner et al. (1996) által kifejlesztett ECHAM4. Innen származik a HIRHAM sugárzási, felszíni, tenger felszíni és tengeri jéggel kapcsolatos folyamatainak, a planetáris határrétegnek, a gravitációs hullámnak, a gomoly és sztratiform felhőzet képződésének parametrizációja.

Felszíni parametrizációja öt prognosztikai hőmérséklet és egy nedvesség réteget különböztet meg, a lefolyást pedig az Arno rendszerrel számítja (Dümenil és Todini, 1992). A modell felbontása horizontálisan $0,44^\circ$, ami kb. 50 km-nek felel meg, vertikálisan pedig 19 szintet állapítottak meg, ábrázolása hibrid szigma-p koordinátarendszerben történik. A vizsgálat során felhasznált modell ennek a 25 km-es felbontású változata.

A RegCM klímamodellt eredetileg az olasz Giorgi et al. (1993a, b) fejlesztette ki, majd Giorgi et al. (1999) és Pal et al. (2000) is kiegészítette. Dinamikai alapja lényegében megegyezik az NCAR² mezoskálájú modelljével, az MM5-tel. A felszíni folyamatokat a bioszféra- légkör transzfer séma (BATS), míg a határréteg fizikáját a nem-lokális vertikális diffúzió sémája (Giorgi et al., 1993b) írja le. A nagyskálájú csapadék rendszerének lejegyzése Pal et al. (2000) nevéhez fűződik, amely magában foglalja a felhő víztartalmára vonatkozó prognosztikai egyenleteket is, és lehetővé teszi az összegyűlő és visszapárolgó hulló csapadék meghatározását. A konvektív csapadékok megadásánál a tömegáram rendszer (Giorgi et al., 1993b), míg a sugárzási viszonyok esetében az NCAR fejlesztette CCM3³ nyújt segítséget. Utóbbi írja le a különböző üvegházgázok, az aeroszolok és a felhők víz illetve jég tartalmát.

A RACMO az ECMWF 23r4-es fizikai ciklusán alapul, amelyet az ERA-40 reanalízis adatbázis előállításának keretein belül is használnak. Ez a fizikai együttes egy tömegáram sémát (Tiedtke, 1989), egy prognosztikai felhő sémát (Tiedtke, 1993), illetve egy TESSEL-féle talaj sémát tartalmaz, amely négy talajréteget vesz figyelembe. Annak érdekében, hogy csökkentsék a nyári hőmérsékletek hibáit, a vegetációs stressz függvényét módosították, valamint a talajrétegek vastagságát megnövelték, amely így közel 5 méter lett (Lenderink et al, 2003). A RACMO a HIRHAM 5.0.6 típusú modelljének szemi-lagrangei dinamikáján nyugszik.

² National Center for Atmospheric Research (Nemzeti Légtérkutató Központ)

³ Community Climate Model

A modell horizontális felbontása $0,44^\circ$, vertikálisan 31 szintet különböztet meg, hasonlóan az ECMWF-hez, de jelen esetben a 25 km-es verziót alkalmaztuk. A lefedett tartománya földrajzi hosszúság szerint 114 pontot ölel fel, míg szélessége 100 pontot. 8 pontos relaxációs sémát használnak a tartomány határán, viszont a szél esetében ez 16 pontra bővül, hogy jobban közelítsék a pontos légnyomás értékeket (Lenderik et al, 2003). Időlépcsője 12 perces, frissíteni pedig 6 óránként szokták.

Az RCAO az SMHI, azaz a Svéd Meteorológiai és Hidrológiai Intézet Rossby Központja által futtatott regionális légkör-óceán modell (Döscher et al, 2002), amely magában foglalja a légköri RCA (Rummukainen et al., 2001, Jones et al. 2004), az óceáni RCO (Meier et al., 2003) modellt, emellett pedig tartalmaz még egy tavakra vonatkozó (Ljungemyr et al., 1996, Omstedt 1999) és egy folyókra vonatkozó hidrológiai modellt (Bergström et al., 1973, Lindström et al., 1997) is.

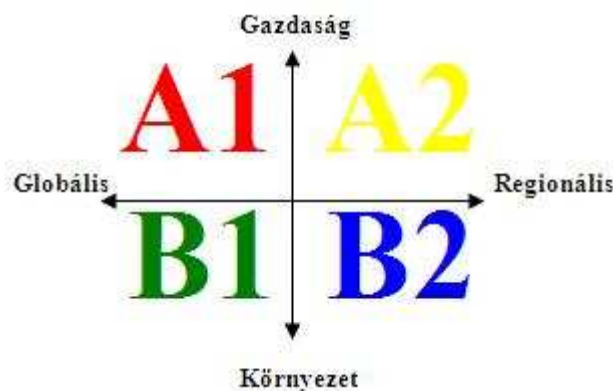
Az RCA a korlátos tartományú HIRLAM modellen alapul (Källén, 1996). Koordináta rendszere horizontálisan elforgatott Arakawa-C típusú rácsot, vertikálisan pedig Simmons és Burridge (1982) által fejlesztett hibrid rácsot használ. A modell 2-es verziójának (RCA2, Jones et al., 2004) 10-70 km-es horizontális és 24-60 km-es vertikális felbontása van. Oldalsó határa egy 8 pontos határvonalban helyezkedik el. Prognosztikai változói a hőmérséklet, a szél horizontális komponense, fajlagos páratartalom, felhő-víz-tartalom, turbulens kinetikus energia, felületi nyomás, a talaj hőmérséklete és a talajnedvesség. Az RCA2 felszíni sémájának leírása Bringfelt et al. (2001) nevéhez fűződik.

A modell szemi-lagrangei és szemi-implicit dinamikát használ, hatod rendű implicit horizontális diffúzióval (McDonald és Haugen, 1992). A konvekciós séma Kain és Fritsch (1990) munkája, amely Sundqvist/Kessler típusú nagytérségű kondenzáció/csapadék rendszert (Rasch és Kristjánsson, 1998) tartalmaz. Nagyobb skálájú felhőzet diagnosztizálásánál a modell a relatív nedvességet használja, míg a konvektív felhők esetében a telítési hiányt, a konvektív feláramlást, a tömeg fluxust és a teljes víztartalmat. Ez az A1.5 prognosztikus turbulens kinetikus energia séma, vertikális diffúzióval (Cuxart et al., 2000). A gyors és egységes sugárzási sémát Savijärvi (1990) és Sass et al. (1992) dolgozta ki.

3.1.2. Az IPCC által használt scenáriók

A jelenleg használatban levő éghajlati forgatókönyvek pontos meghatározását az IPCC⁴ harmadik jelentésének (TAR⁵) különjelentése (SRES⁶) tartalmazza (Nakicenovic és Swart, 2000). A kiválasztott öt modell adatsora egyaránt az A1B éghajlati scenárióra vonatkozik, amely az A1 egy speciális változata.

A globális éghajlatváltozás vizsgálatára négy alapszenáriót állapítottak meg, melyek az A1, A2, B1 és B2 jelzéssel vannak ellátva. A különböző forgatókönyvek eltérő fejlődést jeleznek. Az 4. ábrán látható, hogy a két fő meghatározó a gazdasági növekedés és a globalizáció.



4. ábra. A négy alapszenárió fő szempontjai

A négy irány eltérő demográfiai mutatókat, társadalmi-gazdasági fejlődést és technológiai változást ír le. Mivel az említett tényezők jövőbeli változása bizonytalan, ez tette indokolttá különböző alternatív forgatókönyvek megállapítását, mellyel az eltérő fejlődési irányok eltérő üvegházgáz kibocsátását szemléltetik, mivel az a lehetőség, hogy egyetlen kibocsátási út keletkezik, rendkívül bizonytalan lenne (Nakicenovic és Swart, 2000).

A forgatókönyvek a legnagyobb üvegházhatású gázok, az ózon prekursor gázok (CO, CH₄, NO_x, NMVOC-k), és az aeroszolk kibocsátását, valamint a földhasználati változásokat veszik figyelembe, ugyanis ezek a folyamatok hatnak leginkább az éghajlatváltozásra, és a légköri kémia átalakulására a következő században. A scenáriók bevezetésük óta egyre inkább referenciadokumentummá

⁴ Intergovernmental Panel On Climate Change (Éghajlatváltozási Kormányközi Testület)

⁵ Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change

⁶ Special Report on Emissions Scenarios

válnak a modellezésben, ahol az emberi dimenziót is figyelembe veszik a hatások értékelése során (Gewin, 2002).

Az A1 scenárió a piac alapú, technológia-orientált világot mutatja. A gazdasági fejlődés gyors, a világ GDP⁷-je 2100-ra 550 milliárd dollár körül alakulhat (Gaffin et al., 2004). A népesség gyarapodása csekély (~6,5 milliárd 2100-ra), teret hódítanak az új és hatékony technológiák. Erős globalizáció jellemzi, a régiók között a fejlődésbeli különbségek elsimulnak, az egy főre jutó jövedelem kiegyenlítettébb lesz.

Az A2 scenárió ezzel szemben heterogénebb világot feltételez. A gazdaság nem fejlődik olyan ugrásszerűen, mint ahogy az A1 esetében. A GDP a 250 milliárdot közelíti meg a feltételezés szerint (Gaffin et al., 2004). Nagyobb lehet az ellentét a kultúrák között, a népesség folyamatosan növekszik, 2100-ra elérheti a 15 milliárdot. Regionálisan változó az egy főre jutó jövedelem, az új technológiák térhódítása lassúbb, nem egyenletes.

A B1 scenárió az A1-hez hasonló lassú népességnövekedést, majd csökkenést jelez előre. A gazdaság fejlődése ebben az esetben is elég magas, 2100-ra 350 milliárd lehet a GDP (Gaffin et al., 2004). Ebben a világban több hangsúlyt kap az oktatás és a társadalmi jólét. A gazdaság a szolgáltatási és információs ágazatok felé tolódik. Fontos paraméter a környezetvédelem, az új technológiák ehhez alkalmazkodnak. A gazdasági, társadalmi és környezeti problémákra globális megoldást keresnek.

A B2 scenárió a B1 egy kevésbé fejlett verziója. Lassabb gazdasági növekedést jelez, a GDP várhatóan ebben az esetben is 250 milliárd dollár körül alakul (Gaffin et al., 2004), akárcsak az A2 esetében. A globális megoldásokkal ellentétben itt regionális szinten történik a problémák kezelése. A környezetvédelem itt is fontos, az új technológiák ehhez alkalmazkodnak, fejlődési ütemük azonban lassabb, divergensebb a többi forgatókönyvhöz képest. A népességnövekedés közepesnek tekinthető, globális szintű, 2100-ra 10,4 milliárd fővel számolnak.

Mivel a felhasznált modellek egyaránt az A1 scenáriócsaládba tartoznak – ezen belül pedig szintén azonos al típusba – ezért nézzük ezt részletesebben. Ezen verzió választásának oka, hogy a négy al típus közül ez tartalmazza a legélesebb változást, a „legpesszimistább” feltételezést. Az esetleges antropogén hatás itt jelenik

⁷ Gross Domestic Product (bruttó hazai termék)

meg a legintenzívebben. Fő célja, hogy a most fennálló különbségek a „szegény” és „gazdag” országok között elsimuljanak. Legfontosabb jellemzői (Nakicenovic és Swart, 2000):

- Erős elkötelezettség a piac alapú megoldások iránt
- Megtakarítások növelése az oktatás és a háztartások szintjén
- Nagy beruházások és innováció az oktatásban, a technológiában és az intézményi rendszerben nemzeti és nemzetközi szinten egyaránt
- Nemzetközi mobilitás növelése, a technológia és a nemzeti fejlesztések megosztása

Ez a forgatókönyv jellemzi várhatóan leginkább az amerikai és európai vállalkozásokat, ahol hangsúlyozzák a piacorientáltságot, s kiemelkedően a kommunikációs területek térhódítását. Így több szervezet is alkotott ehhez hasonló scenáriókat. Ilyen például a „Global Shift”, amelyet a CPB⁸ (1992), illetve de Jong és Zalm (1991) dolgozott ki, vagy a Shell (1993) „New Frontiers” elnevezésű scenáriója.

Az A1 demográfiai mutatói szorosan összefüggnek a gazdasági trendekkel. A jólét hosszú életet, azonban kis családot feltételez, azaz mind a halandóság, mind a termékenység alacsony marad, ezért a kezdeti növekedés után népességcsökkenéssel számolnak. A gyarapodás miatt a hús és tejtermékek fogyasztása több lesz, viszont később az elöregedő társadalom miatt fokozatosan az egészség, s így az egészséges táplálkozás kerül középpontba. A magas jövedelem továbbá több és nagyobb teljesítményű autók birtoklását, a külváros burjánzását, sűrű közlekedési hálózatot feltételez nemzeti és nemzetközi szinten egyaránt (Nakicenovic és Swart, 2000).

Mivel a fejlődés mértéke és formája még ebben a már leszűkített körben is bizonytalansággal jár, ezért a scenáriócsaládon belül további altípusokat különböztetnek meg. Négy ilyen eset van, az első az A1C, amelyben a szén-dioxid intenzív változását detektálják, amely összhangban van a rendelkezésre álló bőséges szénforrással. Az A1G az olaj és földgáz felhasználásának fokozódásából adódó eseteket vizsgálja. Ezt a kettőt az azonos energiafelhasználása miatt, miszerint a fosszilis energiahordozók válnak uralkodóvá, összevonták, s az A1FI jelzettel látták el. A harmadik, az A1T a megújuló energiaforrások és a nukleáris energia

⁸ Central Planning Bureau (Holland Központi Tervezési Iroda)

dominanciájával számol. Végül a negyedik csoport, az A1B nem feltételezi, hogy bármely energiaforrás túlzottan dominánsá válna, hanem a különböző technológiai lehetőségek kiegyensúlyozott felhasználását prognosztizálja.

Az A1B forgatókönyv az üvegházhatású gázok koncentrációjában jelentős növekedésre számít 2100-ra. A legfontosabb gázok változásának mértékét a 3. táblázat mutatja.

	2005	2100
CO ₂	379 ± 0,65 ppm	717 ppm
CH ₄	1774 ± 1,8 ppb	1974 ppb
N ₂ O	319 ± 0,12 ppb	372 ppb

3. Táblázat. Az üvegházgázok várható koncentráció változása 2100-ra az A1B scenárióban (Nakicenovic és Swart, 2000)

3.2. A felhasznált hőmérsékleti és csapadék indexek

A vizsgálat során az öt modell néhány hőmérsékleti és csapadék indexét vizsgáltuk, azaz megnéztük, hogy egy-egy hónapban az adott indexhez tartozó esemény a hónap hány napján fordult elő a múltban, és valószínűsíthetően hányszor fog előfordulni a jövőben. A kontroll időszak az 1961-1990-es harmincéves periódus volt, míg a jövőben a 2021-2050-es, illetve a 2071-2100-es időszakra végeztük el a számításokat.

Az indexek definícióját – többek között – az ECA&D⁹ projekt során egységesítették. Összesen több, mint 50 darab indexet határoztak meg (Klein Tank és Können, 2003), amelyek mindegyike felhasználható az éghajlatváltozás jellemzésére. Az indexek meghatározásában aktív szerepet vállalt a WMO-CCI¹⁰/CLIVAR¹¹ munkacsoport (Peterson et al., 2001).

Ezek közül választottunk ki 12 mutatót, hetet a hőmérsékletre és ötöt a csapadéokra vonatkozóan. A kiválasztás során azt vettük figyelembe, hogy melyik lehet fontos a különböző tájak turisztikai változásainak meghatározásánál. A használt hőmérsékleti indexeket a 4. táblázat foglalja össze.

⁹ European Climate Assessment & Dataset

¹⁰ World Meteorological Organization – Commission for Climatology

¹¹ Climate Variability and Predictability

Jelölés (ECAD)	Megnevezés	Definíció
Tx0LT	Téli napok száma	$T_{\max} < 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$
FD	Fagyos napok száma	$T_{\min} < 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Tn-10LT	Zord napok száma	$T_{\min} < -10 \text{ }^{\circ}\text{C}$
SU	Nyári napok száma	$T_{\max} > 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Tx30GE	Hőségnapok száma	$T_{\max} > 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Tx35GE	Forró napok száma	$T_{\max} > 35 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Tn20GT	Túl meleg éjszakák száma	$T_{\min} > 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$

4. Táblázat. A használt hőmérsékleti indexek, jelölésük és definíciójuk

Három paraméter (a fagyos, a téli, s a zord napok száma) inkább a téli félévre jellemző, négy paraméter pedig inkább a nyári félévre (a nyári, a hőség és a forró napok, valamint a túl meleg éjszakák száma). A paramétereket kiszámoltuk mind a három kijelölt időszakra, s a jövőbeli értékeket a kontroll időszakokkal összevetve kaptuk a várható változás mértékét. A bemutatandó diagramokon ezeket ábrázoltuk.

Fagyos napról akkor beszélünk, ha a napi abszolút minimum hőmérséklet fagypont, azaz $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ alatt marad. Ez hatással van a mezőgazdaságra, a kertészetre és a rekreációra, különösen a trópusi régióban (Frich et al., 2002). Mennyisége feltételezhetően csökken a lokális és globális hőmérsékletemelkedéssel (IPCC, 2007).

Téli nap alatt azt értjük, amikor a napi abszolút maximum hőmérséklet $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ alá csökken, azaz egész nap fagypont alatt marad a hőmérséklet. Hazánk területén jellemzően novembertől márciusig detektálható, de esetenként áprilisban vagy októberben is előfordul.

Zord napok esetében a napi abszolút minimum hőmérséklet kevesebb, mint $-10 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Magyarországon évente átlagosan csupán néhány ilyen nap van, a legtöbb januárban és februárban következik be, azonban novembertől márciusig bármikor előfordulhat.

Nyári napnak nevezzük azokat a napokat, amikor a hőmérséklet maximuma meghaladja a 25 °C-ot. A Kárpát-medencében áprilistól októberig lehet számítani a bekövetkezésére, a legtöbb július és augusztus hónapban várható.

Hőségnapok esetében a maximumhőmérséklet a 30 °C-ot is meghaladja. Előfordulásának időintervalluma kisebb, mint a nyári napoknak, leginkább májustól szeptemberig lehet rá számítani.

A forró napok akkor következnek be, ha a napi maximumhőmérséklet 35 °C-nál magasabb. Megjelenése elsősorban a nyári hónapokra korlátozódik, kivételes esetekben a kora őszi hetekben is előfordulhat. Erősen befolyásolhatja a természetet, a növényekre és az állatokra egyaránt hatással van.

Fontos hőmérsékleti index még a túl meleg éjszék száma is, mely szintén a nyári félévre tehető. Túl melegnek akkor tekintünk egy éjszakát, ha a napi minimumhőmérséklet meghaladja a 20 °C-ot. Erről azért fontos beszélni, mert a pihentető alváshoz a 20 °C az ideális, az ennél melegebb hőmérséklet a pihenés határfokát csökkenti, s befolyással van az emberek komfortérzetére.

A csapadékindexek a napi mennyiség alapján különülnek el. A nyomnyi megjelenéstől a már extrémnek számító mennyiségig vizsgáltuk a csapadék gyakoriságot. A kiválasztott csapadékindexeket az 5. táblázat mutatja be.

Jelölés (ECAD)	Megnevezés	Definíció
RR0.1	Adott csapadékú napok száma (0,1 mm)	$P > 0,1 \text{ mm}$
RR1	Adott csapadékú napok száma (1 mm)	$P > 1 \text{ mm}$
RR5	Adott csapadékú napok száma (5 mm)	$P > 5 \text{ mm}$
RR10	Nagy csapadékú napok száma	$P > 10 \text{ mm}$
RR20	Extrém csapadékú napok száma	$P > 20 \text{ mm}$

5. Táblázat. A használt csapadék indexek, jelölésük és definíciójuk

A 0,1 mm mennyiségű csapadékot nyomnak nevezzük. Az ennél kevesebb mennyiségűt nem vesszük figyelembe, ugyanis megfelelő pontossággal csak ennyit, vagy ennél többet tudnak a mérőműszerek detektálni. A 0,1 mm-t meghaladó csapadékú napok száma megmutatja, hogy az adott hónapban hány olyan nap fordult

elő, amikor legalább nyomnyi csapadék hullott. Egyúttal megmutatja a csapadékmentes napok számát is. Ehhez hasonlóan az RR1 és RR5 index a napi 1 mm-t, illetve az 5 mm-t meghaladó csapadékmennyiségű napok számát jelenti. Az 1 mm-t meghaladó csapadékú napok a nedves napok. Éves menetéből a csapadék éves menetére lehet következtetni.

Ezen kívül beszélhetünk még nagy csapadékú napokról, amikor a napi mennyiség meghaladja a 10 mm-t. Mérések alapján a múltban leggyakrabban nyáron fordult elő, amely azonban a klímaváltozással jelentősen átrendeződhet. Végül pedig a globális klímaváltozással egyre gyakoribbá váló extrém csapadékú napok számát mutatjuk be, amikor a napi csapadékösszeg több, mint 20 mm is lehet. Ez jelenleg szintén főként a nyári időszakban figyelhető meg.

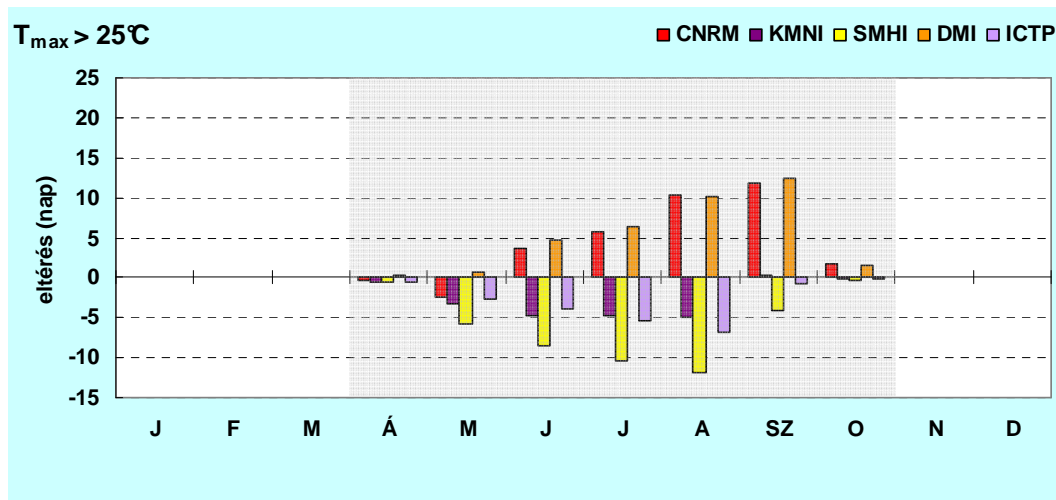
3.3. A kiválasztott modellek validációja

Legelőször össze kell hasonlítanunk a modellek eredményeit a már meglévő mért adatsorral. Ezzel megkapjuk a modellek pontosságát. Mivel a mérésekből származó adatok 2009. december 31-ig már megvoltak, ezért a validáció során az 1961-től 2009-ig tartó periódust (49 év) vettük figyelembe a szokásos 30 év helyett.

3.3.1. A modellek hőmérsékleti indexekre vonatkozó validációja

Az ábrákon a szürke négyzet jelöli ki azt az intervallumot, ahol az index értéke nem nulla. Ez azért fontos, mert természetesen a nyári félévre jellemző meleg indexek télen nem fordulnak elő, a téli félévre jellemző hidegek pedig nyáron nem. Az azonos globális meghajtó modell felhasználásával futtatott regionális modellek hasonló színezést kaptak. Emiatt az ARPEGE által meghajtott két modell, a CNRM és a DMI modellje pirosas – piros illetve narancssárga –, a KMNI és az ICTP által futtatott modellek, melyek meghajtó feltételeit a hamburgi ECHAM globális modell biztosította, lilás – sötét- illetve halványlila –, míg a BCM által meghajtott SMHI-modell sárga színt kapott. Ezt a jelölési konvenciót alkalmazzuk végig az egész dolgozatban.

A mérések alapján nyári napok, azaz 25 °C-nál magasabb napi maximumhőmérsékletek áprilistól októberig fordultak elő mind Siófokon, mind Budapesten; a legtöbb július és augusztus hónapban volt. Nyáron ez az érték átlagosan 15-20 nap havonta.

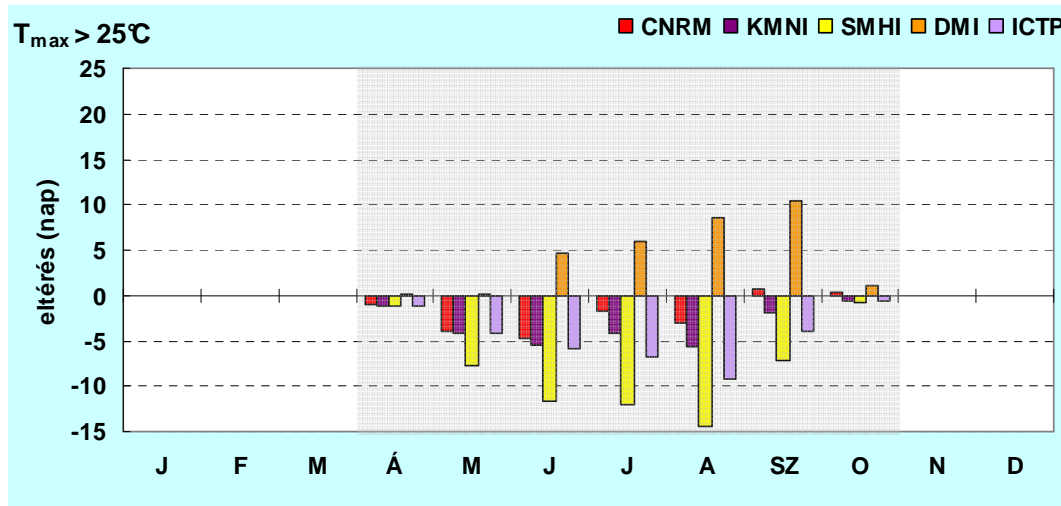


5. ábra. A mérésekből és a szimulált idősorokból meghatározott nyári napok számának összehasonlítása, 1961-2009, Siófok

Az 5. ábrán a különböző modellek és a mért adatsor értékeinek eltérése látható a meleg napok számát tekintve, Siófok esetében. A pozitív értékek a modell felülbecslését, míg a negatívak az alulbecslést jelentik. Jól látható, hogy a mért adatsorhoz képest a modellek 10-12 nappal fölé-, illetve alá is becsülik a valóságot. Ez százalékos arányban 50% körüli relatív eltérést jelent mindkét irányban. A CNRM és a DMI modelljei, amelyek meghajtója egyaránt az ARPEGE globális modell, felülbecslik a mérések alapján kiszámított értékeket, szeptemberben kétszeres, októberben viszont majdnem hatszoros a hiba. Míg a HIRHAM hajtotta KMNI és ICTP egyaránt kisebb értéket ad a valóságnál, akárcsak a BCM által hajtott SMHI. Az öt vizsgált modell közül ebben az esetben a lilás árnyalatú HIRHAM-hoz tartozó modellek adják a legpontosabb becslést, közel 25%-os relatív hibát eredményeznek.

A 6. ábra Budapest esetében szemlélteti ugyanazon hőmérsékleti indexet. Ebben az esetben is alulbecslés figyelhető meg a KMNI, az SMHI és az ICTP esetében is, azonban az előzőektől eltérően itt az ARPEGE alapú két modell eltérő eredményt ad. Míg a francia kis mértékben alul, addig a dán felülbecsli az értékeket. A modellezés felfelé 10, míg negatív irányban majdnem 15 napot téved. Habár

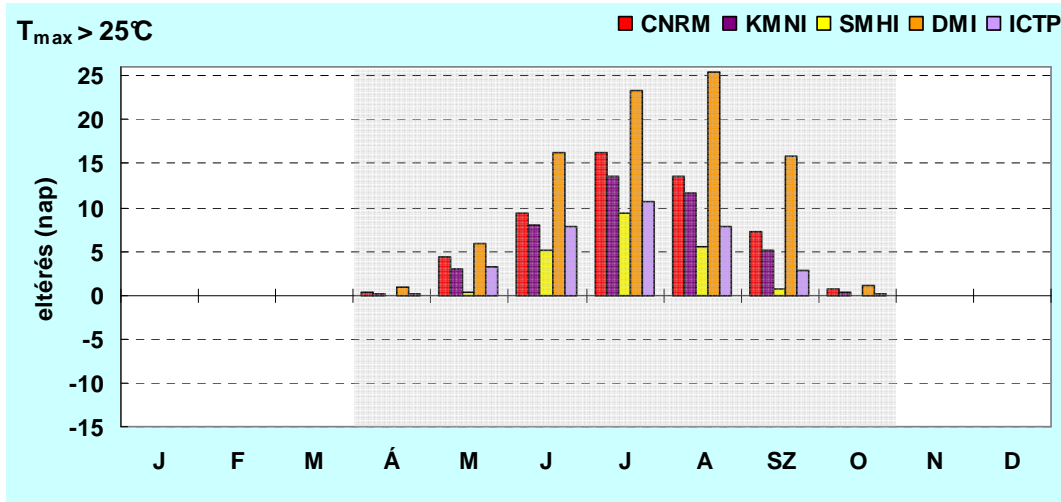
az elő- és utószezonban egy-két napos eltérések tapasztalhatóak, ekkor azonban jóval kevesebb az index értéke is, így relatíve nagy hibát kaptunk. Ezzel szemben a legnagyobb különbségek a nyári hónapokban vannak, ezek azonban csupán 25% körüli relatív hibának tekinthetők. Összességében véve a legkisebb hibával a CNRM modellje rekonstruálta a nyári napok jelenlegi számát, júliusban például a relatív eltérés kevesebb, mint 10% volt.



6. ábra. A mérésekből és a szimulált idősorokból meghatározott nyári napok számának összehasonlítása, 1961-2009, Budapest

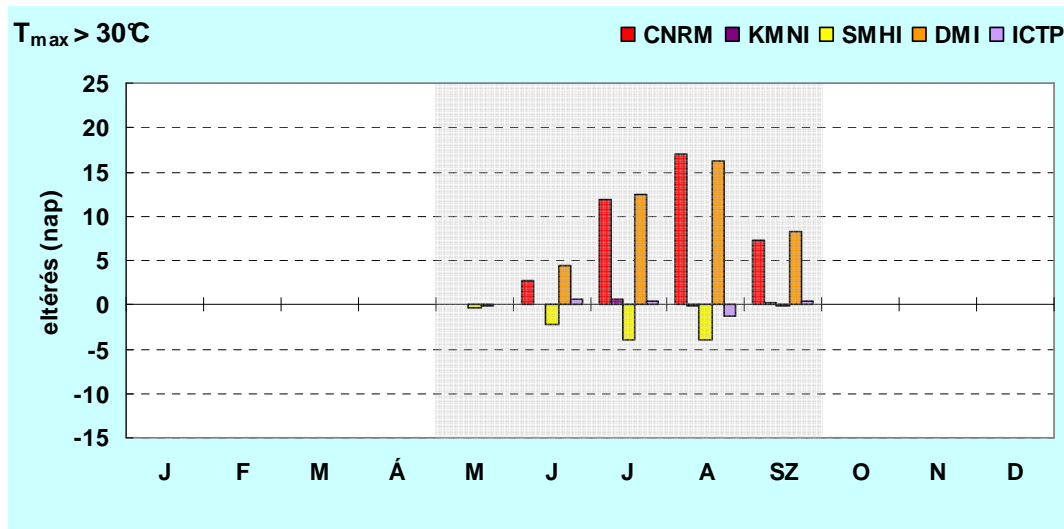
A 7. ábra a Kékestető közelében lévő rácspontra vonatkozik, s némiképp eltér az előző kettő állomástól. A modellek 25 km-es felbontása miatt a domborzat nem a valós magasságával szerepel, így a mérésekhez viszonyítva nagyobb számú napot kaptunk a szimulált idősor alapján. Ezért ebben az esetben minden modell felülbecsül. Ugyanakkor a szimulációk felhasználásával számított index értékekben megjelenik a domborzati különbség: a korábbi két állomáshoz képest kevesebb a nyári napok száma.

Kékestetőre a legkisebb hibákat az SMHI modellje adja, az elő- és utószezonban szinte teljesen pontos, viszont a nyári hónapokban 5-10 napos különbséggel számol. A hőmérsékleti mérések szerint a kékestetői állomáson 1961-2009 időszakban átlagosan csak két-három nyári nap fordult elő évente, amely a hegyvidéki éghajlatnak köszönhető.



7. ábra. A mérésekből és a szimulált idősorokból meghatározott nyári napok számának összehasonlítása, 1961-2009, Kékestető

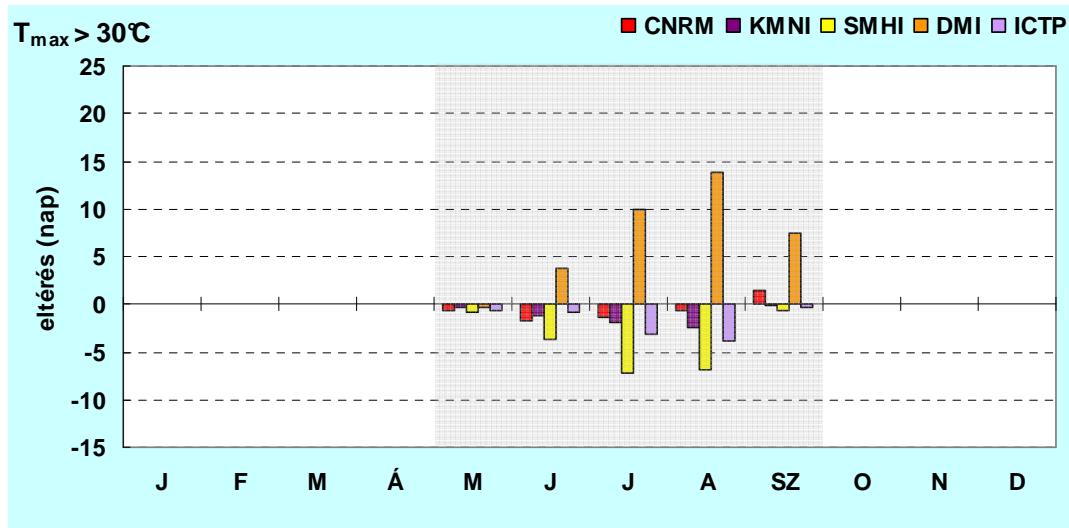
A következő vizsgált hőmérsékleti index a hőségnapok száma, azaz azon napok havi száma, amelyeken a napi maximumhőmérséklet meghaladta a $30^{\circ}C$ -ot. Természetesen ebből kevesebb van, mint az előzőekben elemzett nyári napból, ezért az előfordulásának intervalluma rövidebb, jellemzően májustól szeptemberig tart. Az elmúlt 49 évben évente átlagosan 10-12 ilyen nap fordult elő.



8. ábra. A mérésekből és szimulált idősorokból meghatározott hőségnapok számának összehasonlítása, 1961-2009, Siófok

A 8. ábra Siófok állomásra nézve mutatja a mért és modellezett értékek közötti eltérést. Látható, hogy az ARPEGE hajtotta modellek közel azonos mértékben becslik felül a mért értékeket, míg az SMHI modellje alulbecsül. A két HIRHAM által meghajtott modell, melyet a KMNI és az ICTP futtatott, minimális

hibát eredményezett, az eltérés mindössze néhány százalék. Nyárra összesítve például az ICTP modellje a mérésekhez képest csupán 1%-os különbséget mutat. A mérések alapján májusban és szeptemberben csak nagyon ritkán, néhány évente volt egy-egy hőségnap, amelyet a holland és olasz modell pontosan vissza is tudott adni.



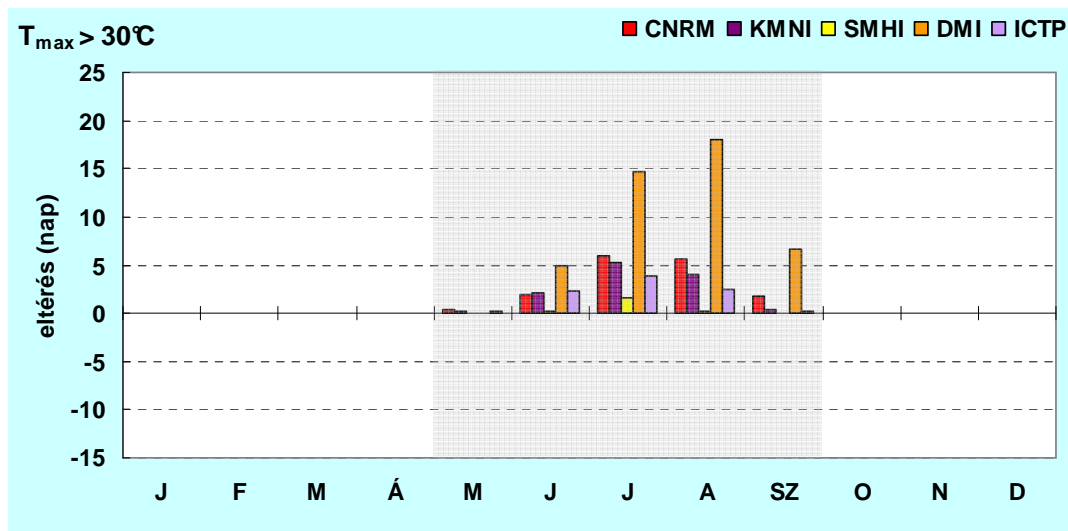
9. ábra. A mérésekből és szimulált idősorokból meghatározott hőségnapok számának összehasonlítása, 1961-2009, Budapest

Budapest esetében ugyanezen index a 9. ábrán látható. Ebben az esetben csak a DMI modellje becsül felül, mely a legnagyobb hibának tekinthető, a többi modell kisebb eltéréseket mutat. Viszonylag nagyobb alulbecslést a svéd futtatás eredményezett. A siófoki esettel ellentétben itt a francia modell pontosabb becslést ad, csakúgy, mint a holland és az olasz. Hibájuk átlagosan egy nap körüli, azonban az időszakban az egyenetlen eloszlás miatt százalékosan ez 10-30% hibát jelent.

A legjobban a CNRM közelíti meg a mért értékeket augusztusban, ekkor 10% eltérés tapasztalható. Átlagosan évente 18 hőségnapot mértek, azonban az utóbbi néhány évben gyakoribb lett, az 1961-1990-es 30 éves periódusban még mindössze 14 nap volt az éves átlag.

Kékestetőn az előző indexhez hasonlóan a domborzatból adódó hiba itt is fennáll, ezért minden modell esetében felülbecslés látható (10. ábra). A korábbi mérési eredményekben a hőségnapok jelenléte nem volt tapasztalható, azonban az utóbbi néhány évben a hegyi állomáson is detektáltak 30 °C feletti napi maximum-hőmérsékletet. Előfordulása a nyári hónapokra, azon belül is júliusra, illetve augusztusra koncentrálódik. A modellek ezáltal jócskán túlbecsülik az index értékét,

az átlagos eltérés 4 nap körüli, de kiemelkedik a dán modell, amely az ábrán látható módon akár több, mint 15 nappal is eltér a valós értéktől.



10. ábra. A mérésekből és szimulált idősorokból meghatározott hőségnapok számának összehasonlítása, 1961-2009, Kékestető

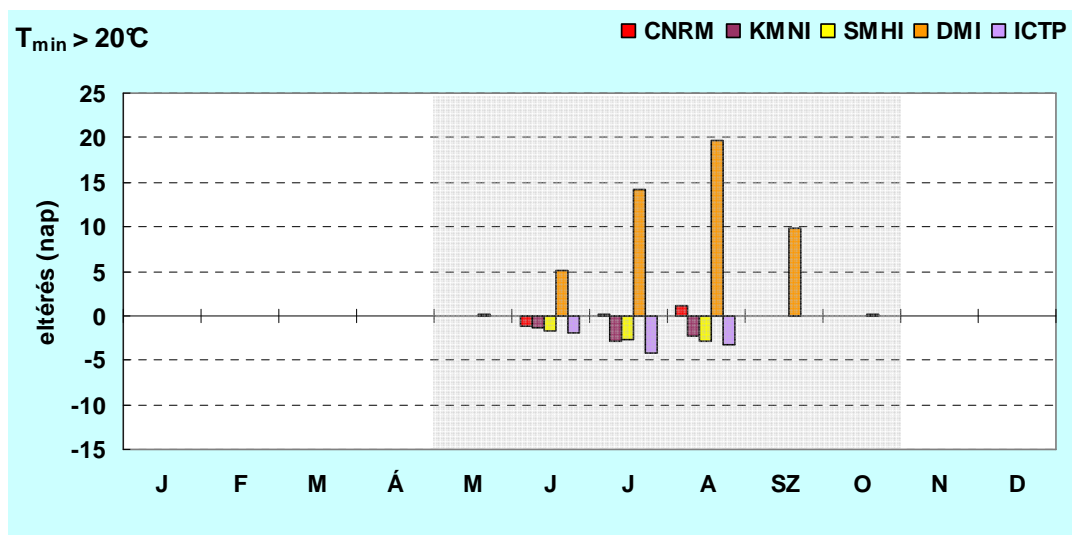
A fenti bemutatott két index mellett vizsgáltuk a forró napok számát is, amely a $35^{\circ}C$ -nál magasabb maximumhőmérsékletű napokat jelenti. Előfordulási aránya kicsi, csupán a nyári hónapokra korlátozódik. Júniusban elvétve, inkább júliusban és augusztusban következhet be. Az 1961-1990 közötti 30 éves periódusban Siófokon összesen 4, Budapesten 9 ilyen nap volt, azonban 1990 óta ugrásszerű növekedés figyelhető meg. Míg a Balaton partján fekvő állomáson 475%-os növekedés tapasztalható, addig a fővárosban ez az arány 678%, ami 19, illetve 61 napot jelent 2009-ig. A kékestetői állomáson ilyen napot egyáltalán nem detektáltak.

A három állomás esetében elmondható, hogy a DMI modellje jelentősen felülbecsül, az eltérés több, mint 5 nap is lehet. Ezen kívül Siófok esetében jelentkezik még a másik ARPEGE által hajtott modell, a francia esetében pozitív hiba, melynek mértéke közel azonos a dán modellével. A többi futtatás eredményei azonban kis eltérésekkel, jól közelítik a valóságot.

Siófok esetében a felülbecslés jellemző, alacsonyabb értéket csak az SMHI augusztusi becslése eredményezett. A legpontosabbak a KMNI, az SMHI és az ICTP modelljei. Mivel itt is, csak úgy, mint eddig, 49 éves átlagok vannak megadva, ezért előfordul, hogy a gyakoriság kevesebb, mint egy nap. Ez azt jelenti, hogy nem következik be minden évben, de bizonyos időközönként előfordul. Így adódik, hogy a fent említett három, kis hibát mutató modell eltérése átlagosan kevesebb, mint fél

nap a mérési eredményekhez képest. Budapest esetében ez az eltérés még ennél is kisebb, tehát jó közelítéssel a modellezett eredmény pontosnak mondható. Az említett dán modellen kívül, a fennmaradó négy közel azonos eredményt mutat, hibájuk minimális. A svéd és olasz futtatás alul-, míg a francia a nyár elején alul-, végén pedig felülbecsül.

Kékestetőn az előző hőmérsékleti indexekhez hasonlóan kizárólag felülbecslés tapasztalható. Ebben az esetben a DMI modellje sem mutat akkora eltéréseket, de így is kiemelkedik a többi közül. Mivel ezen az állomáson 35 °C-nál nagyobb maximumhőmérsékletű napot nem detektáltak, ezért még a minimális számú forró napot eredményező modellek is pontatlanok. Kiemelkedően jó az SMHI futtatta RCA regionális modell eredménye, ugyanis csak júliusban tér el a mért adatoktól. Emellett az olasz modell is maximum negyed napos hibát vét.

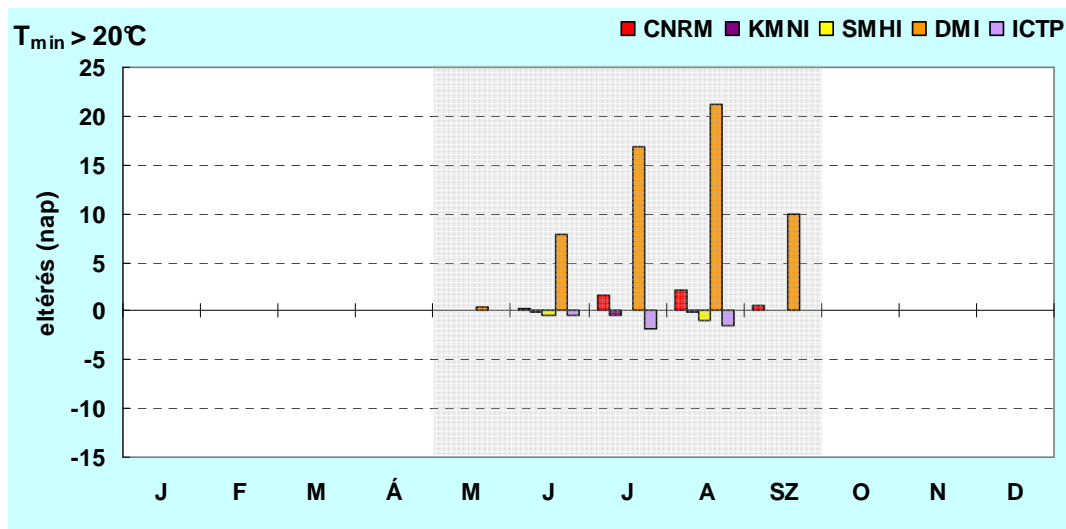


11. ábra. A mérésekből és szimulált idősorokból meghatározott túl meleg éjszák számának összehasonlítása, 1961-2009, Siófok

Az utolsó vizsgált nyári félévre jellemző index a túl meleg éjszák száma, azaz a 20 °C-nál magasabb minimumhőmérséklettel rendelkező napok száma. Előfordulásának időintervalluma májustól szeptemberig húzódik, de esetenként októberben is volt rá példa.

A 11. ábrán Siófok esetében láthatjuk a túl meleg éjszák mért és szimulált idősorokból számított értékei közötti eltérést. A DMI modellje az előző indexekhez hasonlóan jócskán felülbecsül. A szintén ARPEGE meghajtással futó francia modell mutatja a legkisebb eltéréseket, eredményei 5-30% hibával terheltek. Az ECHAM és

a BCM által meghajtott regionális modellek ugyancsak kisebb differenciával dolgoznak, a különbség 2-3 nap.

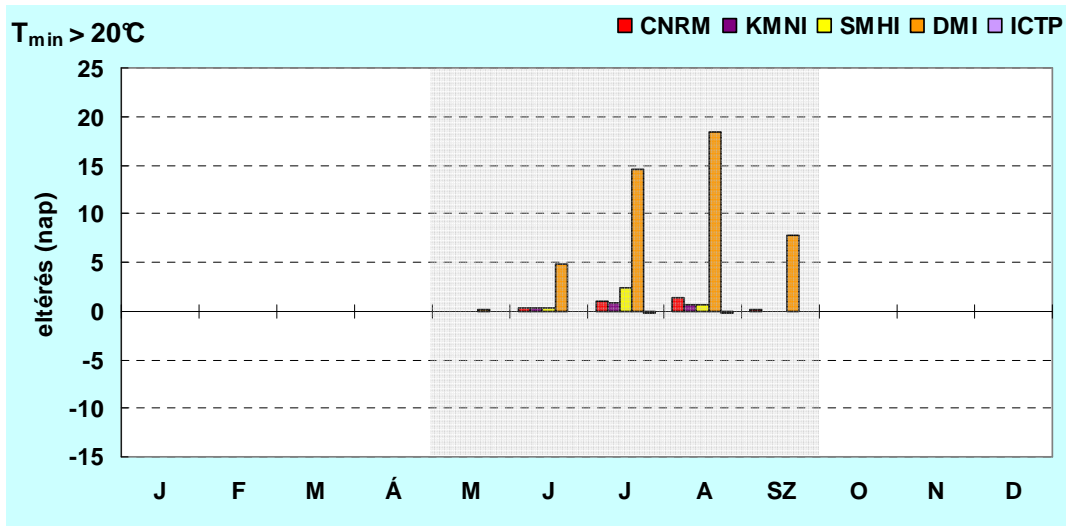


12. ábra. A mérésekből és szimulált idősorokból meghatározott túl meleg éjszék számának összehasonlítása, 1961-2009, Budapest

A 12. ábra a Budapestre vonatkozó mérések, illetve szimulált hőmérsékletek felhasználásával meghatározott túl meleg éjszakák számának különbségeit szemlélteti. A legpontosabb képet a KMNI és az SMHI modellje festi. Míg előbbi 10%, addig utóbbi 40% körüli hibát eredményez. A CNRM és az ICTP futtatása valamivel nagyobb hibát, 1-2 napos különbségeket mutat. A DMI modellje viszont ebben az esetben is a korábbiakhoz hasonlóan jelentősen felülbecsül. A meghajtó modellek alapján jól elkülöníthető az eltérések iránya. Míg az ARPEGE meghajtású modellek outputjai több meleg éjszakát eredményeznek a mérésekhez viszonyítva, addig a BCM és az ECHAM által meghajtott modellek kevesebbet.

Kékestetőn az előző két állomáshoz képest jóval ritkábban detektáltak $20^{\circ}C$ -nál magasabb minimumhőmérsékletű napokat. Az 1961-1990-es időszakhoz képest 2009-ig 560%-os növekedés volt tapasztalható, ami összesen 28 napot jelent a korábbi 5-höz képest. Míg korábban kizárólag júliusban fordult elő, addig az időszak végére mindhárom nyári hónapban már jelen volt.

Az öt vizsgált regionális klímamodell közül a legpontosabb az ICTP által futtatott modell (13. ábra), melynek mérésekhez viszonyított eltérése kevesebb, mint egy nap: júniusban pozitív, júliusban és augusztusban, negatív irányban. A többi modell egyöntetűen felülbecsül, a francia, a holland és a svéd modell 1-2 napos, a DMI modellje azonban itt is jelentős különbséggel számol.

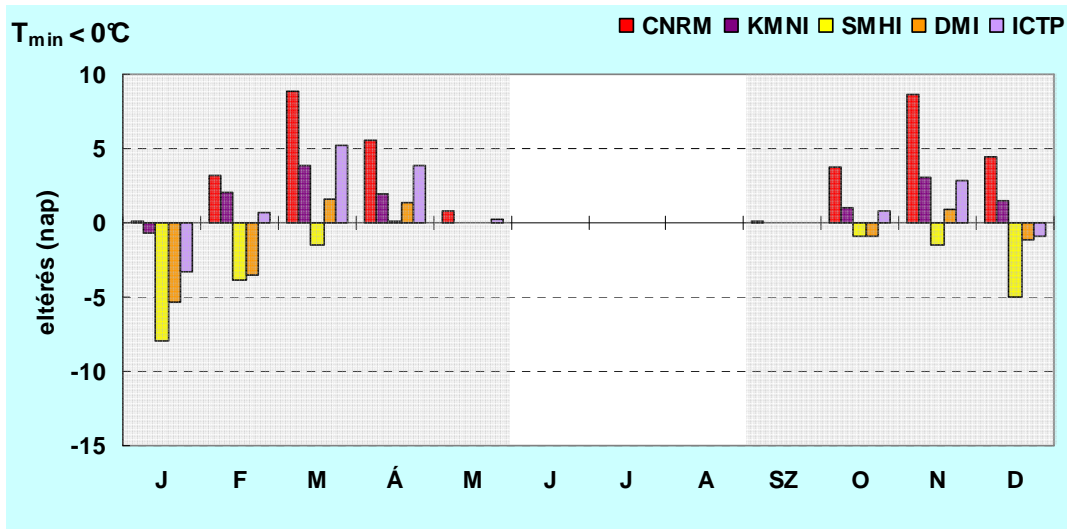


13. ábra. A mérésekből és szimulált idősorokból meghatározott túl meleg éjjelek számának összehasonlítása, 1961-2009, Kékestető

Összességében a nyári időszakra jellemző indexekre nézve kijelenthető, hogy a DMI által futtatott HIRHAM regionális modell melegebb, míg az ECHAM által meghajtott holland RACMO és olasz RegCM, valamint a svéd RCA modell hűvösebb éghajlati viszonyokat eredményezett a mérésekhez képest. A CNRM által fejlesztett ALADIN a különböző indexeket tekintve pozitív és negatív irányban is mutat eltéréseket. Az összes modell közül a HIRHAM volt a leginkább eltérő a mérésektől: minden grafikonon jelentős felülbecslést tapasztaltunk.

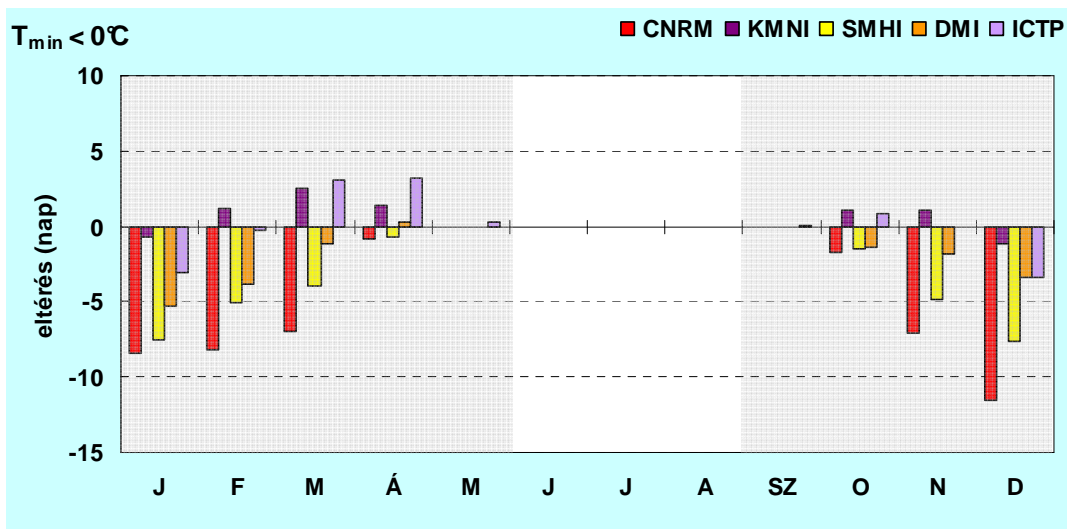
A következő néhány grafikon a téli félévre jellemző indexek, mérések és szimulált idősorok alapján számított értékeinek különbségét mutatja be. Elsőként a leggyakoribb, a fagyos napok számának eltérése látható Siófok esetében a 14. ábrán. A minimumhőmérséklet általában októberben süllyed először $0^\circ C$ alá, de időnként előfordul, hogy már szeptemberben beköszönt a fagy. Az utolsó fagyos nap leggyakrabban áprilisban következik be, ritkán azonban még májusban is megjelenhet.

A nyári félévre jellemző hőmérsékleti indexeknél tapasztalt hibáktól eltérő eredményeket kaptunk. A korábban felülbecslő HIRHAM modell az őszi és téli hónapokban inkább alul-, a tavaszi időszakban pedig felülbecsül. Emellett pedig a legpontosabb képet adja a vizsgált modellek közül, átlagosan 20% körüli hibát vét.



14. ábra. A mérésekből és szimulált idősorokból meghatározott fagyos napok számának összehasonlítása, 1961-2009, Siófok

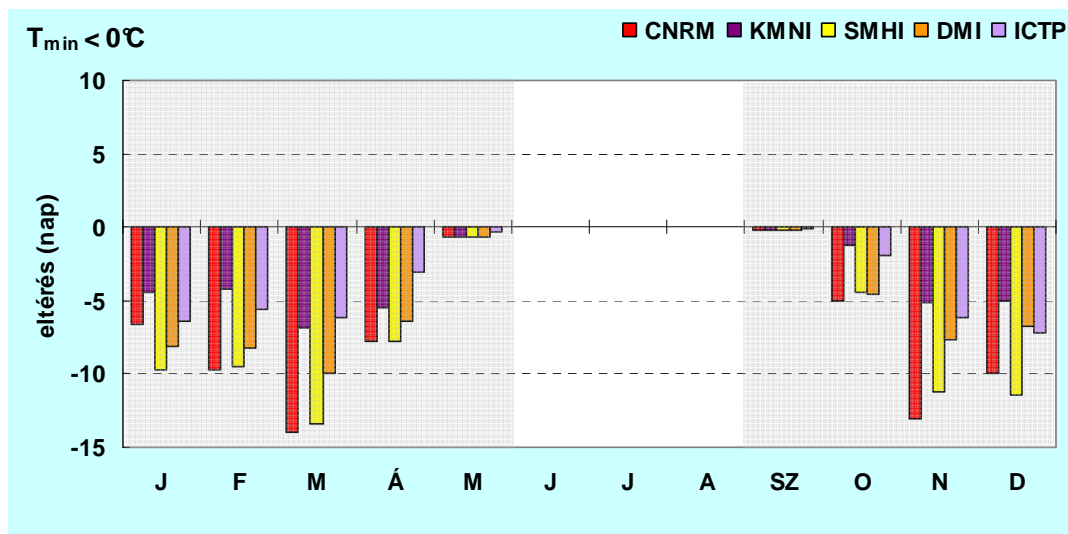
Az előzőekben tárgyalt indexeknél tapasztalt kiugró eredmény itt nem észlelhető, a kapott index értékek szórása egymáshoz képest nem nagy: általában csak 2-5 napos különbségeket kaptunk. A francia ALADIN a tavaszi és őszi időszakban pontatlanabb, a téli hónapokban azonban nagyobb pontossággal bír, ezzel ellentétes a svéd, amely a téli időszakban tér el jobban a mérésektől. A lilás árnyalatú ECHAM által meghajtott regionális klímamodellek egyaránt inkább felülbecsülnek, s a téli hónapokban pontosabbak.



15. ábra. A mérésekből és szimulált idősorokból meghatározott fagyos napok számának összehasonlítása, 1961-2009, Budapest

A budapesti grafikon (15. ábra) a DMI és az SMHI mellett a CNRM modelljeinek alulbecslését rajzolja ki. Az ECHAM által hajtott modellek azonban a valósnál magasabb értékeket adnak.

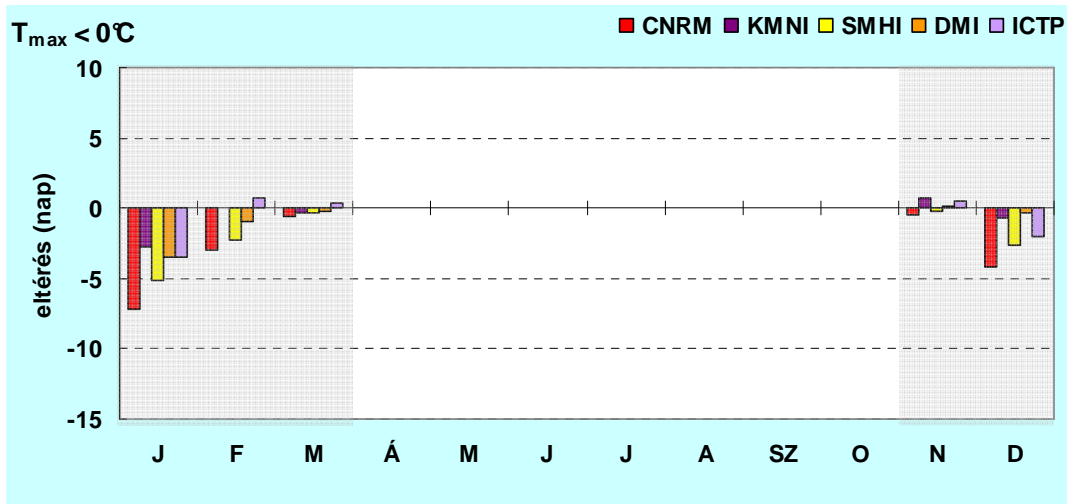
A legkisebb relatív hibával a KMNI RACMO modellje rendelkezik (1-2 napos különbség), ezt követi az azonos globális meghajtású olasz RegCM. A téli időszakban mindössze 3-13%-os eltérést mutatnak. Nem sokkal marad el a HIRHAM és az RCA, 20-30%-os relatív hibával. A legeltérőbb eredmény a francia modellből adódik, azonban a januári-februári értékek alulbecslése ez esetben is csak 40%-os.



16. ábra. A mérésekből és szimulált idősorokból meghatározott fagyos napok számának összehasonlítása, 1961-2009, Kékestető

A 16. ábra a kékestetői eltéréseket szemlélteti. A rácsfelbontás miatt nem pontosan figyelembe vett domborzatból adódó hibák a téli félévre jellemző indexek esetén alulbecslést jelentenek, szemben a nyári félévre jellemző indexek felülbecslésével. Ebből következik, hogy a hegyvidéki jelleg nem jelenik meg intenzíven a modellek szimulált idősora alapján számolt eredményeikben.

A mért idősor alapján, Kékestetőn a nyári hónapok kivételével az év többi részében előfordul a 0 °C alatti minimumhőmérséklet. Télen mindennapos és még március nagy részében is jellemző. A modellek között a legpontosabb képet az ECHAM meghajtással futó, azaz a lila árnyalatú regionális klímamodellek adják, télen 20%, a tavaszi és őszi hónapokban 40% körüli relatív hibával. A legnagyobb különbségeket a CNRM és az SMHI modelljei mutatják. A DMI által futtatott modell esetén a mérésekhez képest a szimulált idősor a fagyos napok havi számában 5-10 nap körüli eltérést eredményezett.



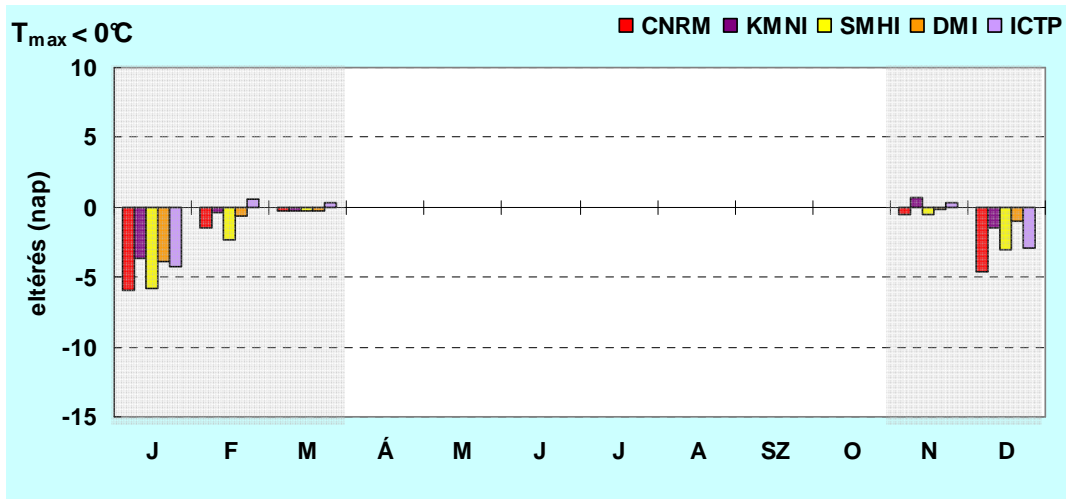
17. ábra. A mérésekből és szimulált idősorokból meghatározott téli napok számának összehasonlítása, 1961-2009, Siófok

A következő vizsgált hőmérsékleti index a téli napok száma, azaz a 0 °C alatti hőmérsékleti maximummal rendelkező napok száma, amelyek mért és szimulált idősorokból számolt eredményeinek eltérése látható a 17. ábrán a siófoki állomásra nézve. Előfordulása a november és március közötti időszakra tehető, a legtöbb ilyen napot januárban regisztrálták a műszerek.

A modellek által készített idősorból számított index értékei a grafikon alapján javarészt alábecsülik az index valódi értékét, csak az elő és utó időszakban látható az ECHAM meghajtású modellek esetében felülbecslés. Az eltérés mértéke kevesebb, mint 5 nap, ez alól csak a francia futtatás kivétel, amely januárban 7 napos eltérést mutatott.

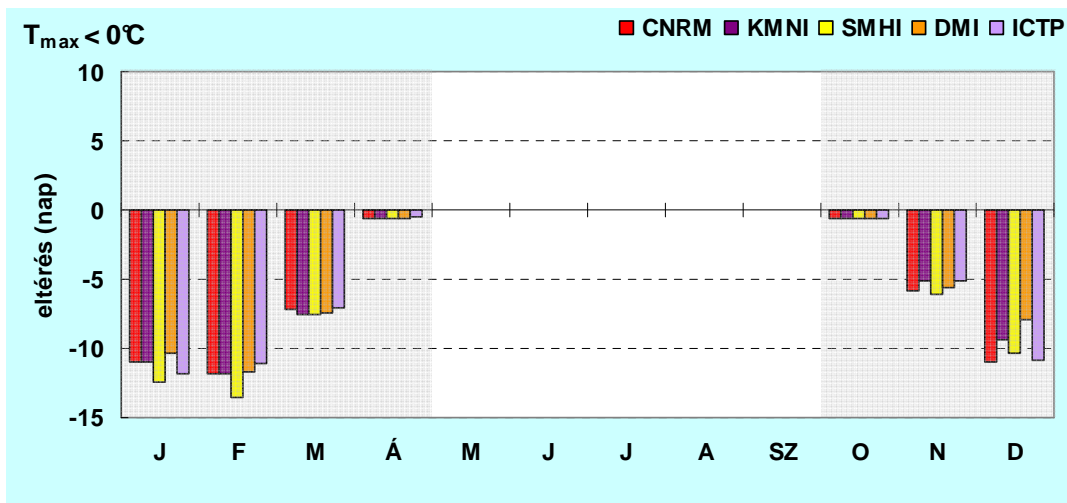
Az eredmények összességében elég pontosak, a modellek 40% relatív hibát vétettek átlagosan. A mért adatsor felhasználásával meghatározott értékekhez a legközelebb a KMNI és a DMI modelljének idősora alapján kiszámított indexek voltak, ezeket követi az olasz és svéd futtatás 40% körüli relatív hibával, a legnagyobb eltérést pedig a francia szimuláció adatsorából származó eredmények mutatták.

Az előzőhöz nagyon hasonló, Budapestre vonatkozó téli napok számának eltérése látható a 18. ábrán. Az értékek szintén januárban érik el a maximumot. A modellek idősorából számolt indexek relatív eltérése ugyancsak 40% körüli, a változások szinte megegyeznek a Siófoknál tapasztaltakkal. A modellek ebben az esetben is szinte végig alulbecsülnek.



18. ábra. A mérésekből és szimulált idősorokból meghatározott téli napok számának összehasonlítása, 1961-2009, Budapest

Változatlanul a KMNI és a DMI modellezése mutatja a legpontosabb képet, 25% körüli eltéréssel, amelyet nem sokkal lemaradva az olasz követ, míg a CNRM és az SMHI által futtatott modellek idősorából számoltuk a legnagyobb eltérést. A változás azonban itt is általában 5 nap alatti marad.



19. ábra. A mérésekből és szimulált idősorokból meghatározott téli napok számának összehasonlítása, 1961-2009, Kékestető

A Kékestető közelében levő rácsontra vonatkozó grafikonon (19. ábra) kiegyenlítettebb a kép. Az előző hőmérsékleti indexekhez hasonlóan a felbontás miatt a domborzat itt sem szerepel a pontos magasságával. Az állomáson mértek alapján évente átlagosan 65 téli nap volt, melynek száma azonban az utóbbi években csökkenést mutat. A legtöbb itt is jellemzően januárban volt.

A modellek eltérése egymáshoz képest nem jelentős, azonban a mérésekhez viszonyítva több, mint 10 nap is lehet a különbség. A legközelebb a valósághoz a DMI becslése áll, a legnagyobb eltérést pedig az SMHI futtatása jelzi.

Az utolsó téli félévre jellemző index a zord napok száma, amely a -10 °C alatti minimummal rendelkező napokat számolja össze. Előfordulásának időszaka novembertől márciusig tart, a legtöbb jellemzően januárban fordul elő. Siófokon és Budapesten évente átlagosan 5-6, míg a kékestetői állomáson, 15 napon mérnek -10 °C alatti minimumhőmérsékleteket.

Míg Siófok esetében a KMNI és az ICTP modelljeinek szimulált adatsorából számolt indexek esetén kaptuk a legkisebb relatív hibákat (~ 45%), addig az SMHI futtatásából a legnagyobbat. Az ARPEGE meghajtással futó szimulációk változóak, az év első felében nagyobb, míg év végén kisebb különbségeket mutatnak, így például a HIRHAM decemberben mindössze 2% eltérést eredményezett. A CNRM és a KMNI modellje felül, míg a többi alulbecsült.

A budapesti eredmények közül csak a KMNI adatai becsültek felül, a többi futtatás a mért értékek alatt maradt. A legpontosabb becslést az ECHAM által hajtott regionális modellek produkálták 35% körüli relatív hibával. A CNRM és az SMHI pedig a legnagyobb különbséget mutatták.

A Kékestetőn továbbra is a modellek alábecslése jellemző. Az eddigiekkel ellentétben itt a francia modell volt az egyik legpontosabb, a holland mellett. A többitől jóval gyengébb eredményt az SMHI szimulációja mutatott, a másik két vizsgált állomáshoz hasonlóan.

Összegezve a téli félévre jellemző indexek becslésének tapasztalatai alapján, az 1961-2009 közötti időszakra a vizsgált éghajlati modellek többségében alulbecsülték a mért értékekből származó eredményeket, nem volt a nyári félévre jellemző indexekhez hasonló elkülönülés. A pontosságot tekintve az ECHAM alapú szimulációk mellett a DMI HIRHAM modellje bizonyult a legjobbnak.

Így tehát a hőmérsékleti indexek esetében a DMI nyáron kevésbé, télen viszont jól használható. A KMNI és az ICTP azonos globális meghajtású regionális modelljei a vizsgált hőmérsékleti indexeket jó pontossággal szemléltetik. A CNRM és az SMHI által futtatott szimulációk inkább a nyári esetekben használhatóak jobb eredménnyel.

3.3.2. A modellek csapadékindexekre vonatkozó validációja

A csapadékindexek esetében a grafikonokon nem szerepel szürke jelölés, mert a csapadékhullás egész évben jelen van, s az indexek nem köthetők szorosan az év bizonyos részeihez. A hőmérsékleti indexekhez hasonlóan ez esetben is az azonos globális meghajtóval futtatott regionális modellek hasonló árnyalatot kaptak. Így az ARPEGE alatt működő CNRM által futtatott ALADIN sötétkék, míg a DMI HIRHAM modellje világoskék színezésű lett. Az ECHAM meghajtású KMNI által használt RACMO sötétzöld, az ICTP RegCM modellje pedig világoszöld. Az SMHI BCM globális meghajtó alatt futó RCA regionális modellje sárga maradt, a hőmérsékleti indexekhez hasonlóan.

A grafikonokon a mért, illetve szimulált napi csapadékösszegek felhasználásával meghatározott csapadékindexek különbségei láthatóak, napokban kifejezve. A vizsgált öt csapadékindex a következő: a 0,1 mm-t, az 1 mm-t és az 5 mm-t meghaladó mennyiségű csapadékos napok száma, valamint a nagy csapadékú és az extrém csapadékú napok száma.

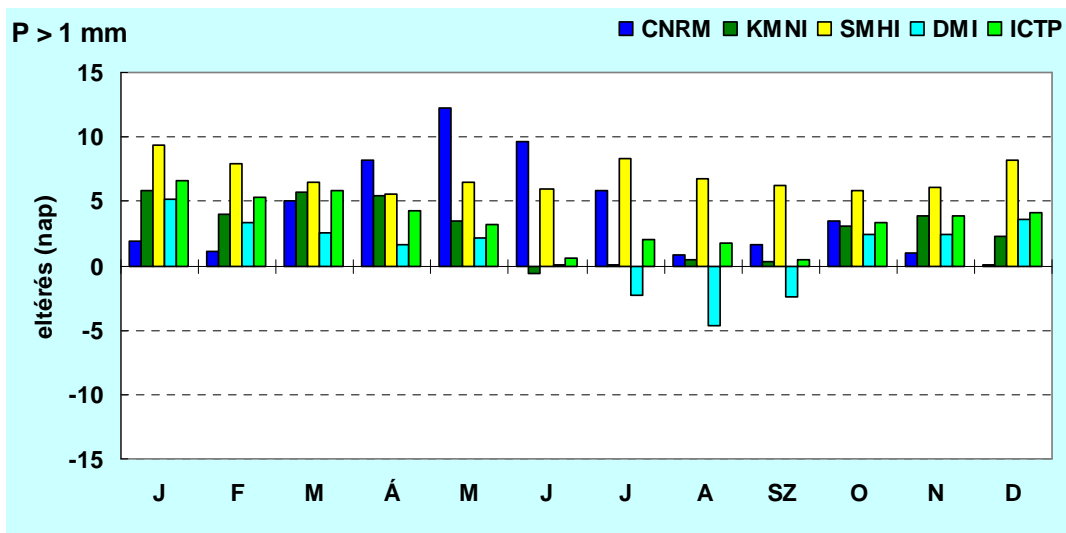
A 0,1 mm-t meghaladó csapadékos napok száma megmutatja, hogy havonta hányszor fordult elő legalább nyomnyi csapadék, így az is megtudható, hogy hány száraz nap volt az adott hónapban. A detektált adatok alapján általában havonta 8-10 csapadékos nap volt 1961 és 2009 között.

Siófok állomásra a legpontosabb szimulációt az egész évre nézve a DMI készítette. A téli időszak csapadékindexeit a francia modell idősorából származó indexek követik a legjobban, a nyáriak esetében azonban nem volt olyan megbízható, ellenben a KMNI és az ICTP futtatásai a nyári időszakban bizonyultak hatásosabbnak. Az SMHI modellje tartósan magas értékeket mutat, hibaszázaléka nagy.

A budapesti adatok hasonlóak a Siófokon mértékhez, az eredmények összességében nyáron pontosabbak, míg télen nagyobb a különbség, a DMI szimulációjának kivételével felülbecslés tapasztalható. A legpontosabb képet ebben az esetben is a DMI mutatta, nyáron azonban a holland eredmények pontosabbak voltak. Ennél nagyobb relatív hibával rendelkezik a CNRM és az ICTP, amelyek közel azonos mértékben, az SMHI pedig magasán felülbecsül.

A Kékestető esetében télen inkább alul, míg nyáron felülbecslés fordult elő. A nyomnyi csapadékot detektált napok száma több, mint a másik két vizsgált

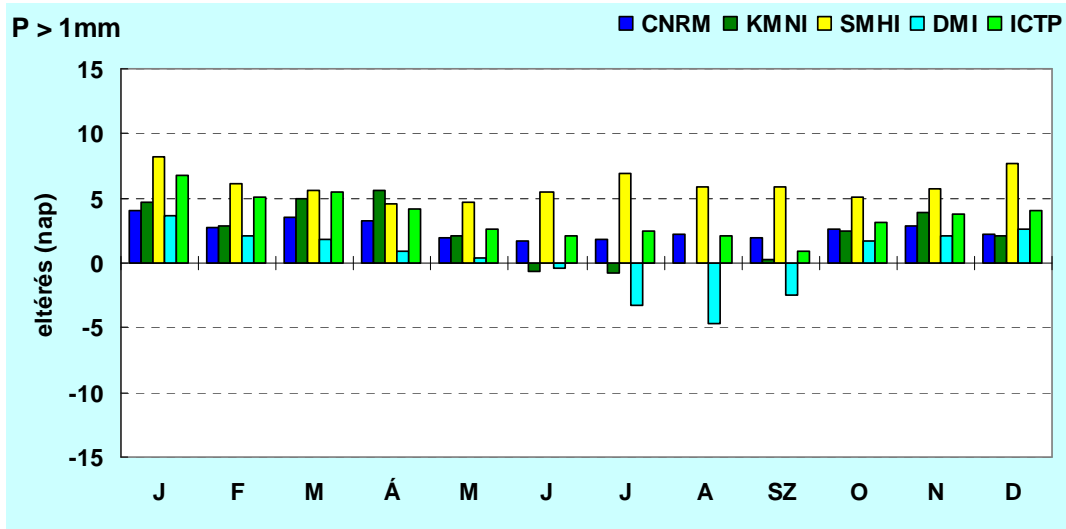
állomáson, télen esetenként meghaladta a havi 20 napot is. A modellek átlagosan 20-25% hibát vétettek, emellett viszont évszakos eloszlásuk nagy. A téli időszak értékeit a KMNI szimulációja adja legpontosabban vissza, de a többi modell sem tér el jelentősen, egymás közötti különbségük mindössze néhány százalék. A nyári hónapokban a CNRM, a DMI és a KMNI futtatása egyaránt 10% közeli hibát mutat.



20. ábra. A mérésekből és szimulált idősorokból meghatározott 1 mm-nél nagyobb csapadékú napok számának összehasonlítása, 1961-2009, Siófok

Az 1mm-nél nagyobb csapadékú napok számának eltérése a 20. ábrán látható Siófok állomásra. A téli időszakban a modellek pontatlanabbak, míg a nyári hónapokban a DMI és SMHI kivételével a modellek hibája kicsi, például a RACMO esetében ez 10% alatti. Az ALADIN itt is a téli szezonban mutat nagyobb pontosságot, decemberben 1% a mérések alapján számított indextől vett eltérése. A svéd szimuláció jelentősen és tartósan felülbecsül, egész évben 5 nap feletti a különbségek. A modellekre a felülbecslés jellemző, ez alól csak a dán képez kivételt.

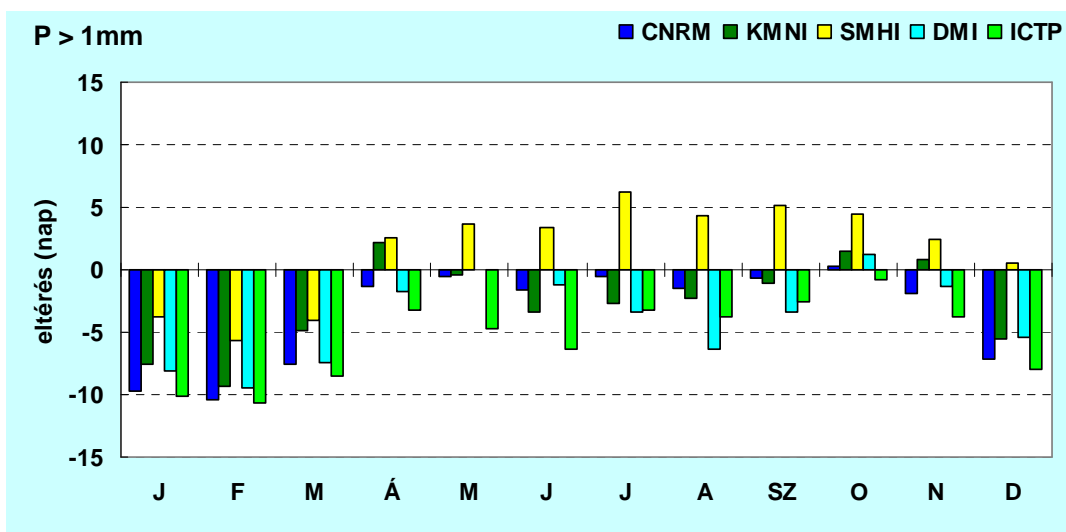
Budapesten a modellek eltérése kisebb, mint Siófok esetében (21. ábra), a különbség 5 nap alatt marad. Nyáron egyaránt pontosabb, télen pedig pontatlanabb a vizsgált öt modell. A RACMO júniustól szeptemberig mindössze 7% relatív hibával vét, negatív irányban. A szimulált adatok a mértékhez képest magasabb értékeket adnak, nyáron azonban a HIRHAM és a RACMO is alábecsül. Átlagosan 40% eltérés tapasztalható a valós indexektől.



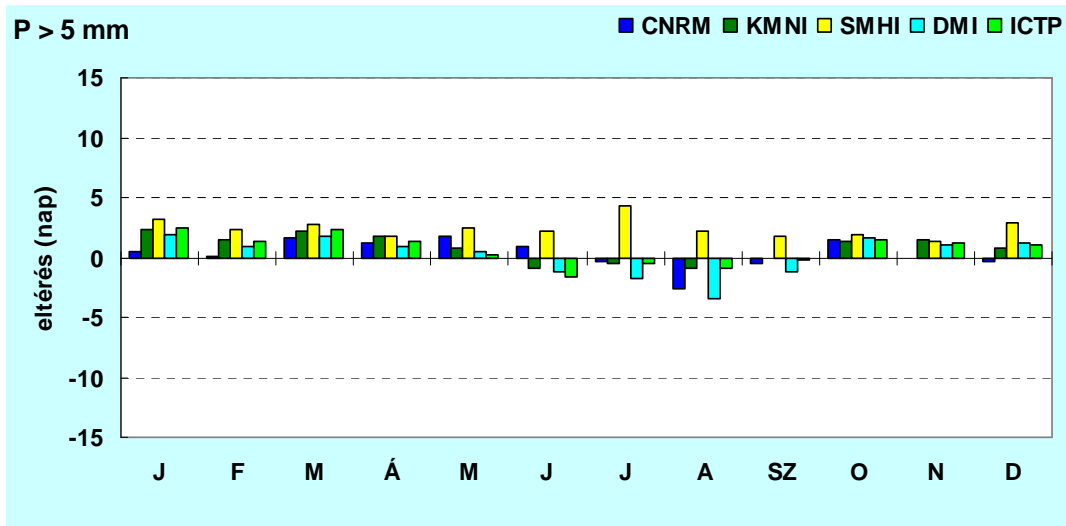
21. ábra. A mérésekből és szimulált idősorokból meghatározott 1 mm-nél nagyobb csapadékú napok számának összehasonlítása, 1961-2009, Budapest

Az kékestetői grafikon (22. ábra) kissé eltér az előzőektől, azonban az itt is megfigyelhető, hogy a modellek nyáron nagyobb pontossággal dolgoznak. A legtöbb esetben alulbecslés tapasztalható, áprilistól novemberig viszont előfordul felülbecslés is, főként az RCA modell esetében, de a többi futtatás között is.

Az eltérések télen elérhetik a 10 napot is, itt az SMHI modellje adja a legpontosabb becslést, 25% relatív hibával, a nyári félévben ellenben a legnagyobb eltérést mutatja. Erre az időszakra az ALADIN szemlélteti legpontosabban a mért adatsor alapján számolt indexeket.

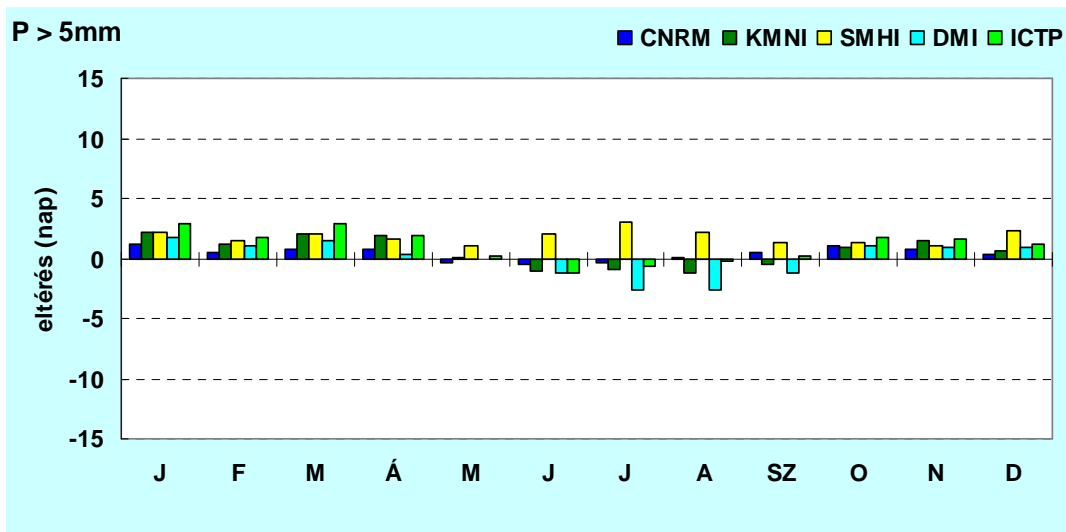


22. ábra. A mérésekből és szimulált idősorokból meghatározott 1 mm-nél nagyobb csapadékú napok számának összehasonlítása, 1961-2009, Kékestető



23. ábra. A mérésekből és szimulált idősorokból meghatározott 5 mm-nél nagyobb csapadékú napok számának összehasonlítása, 1961-2009, Siófok

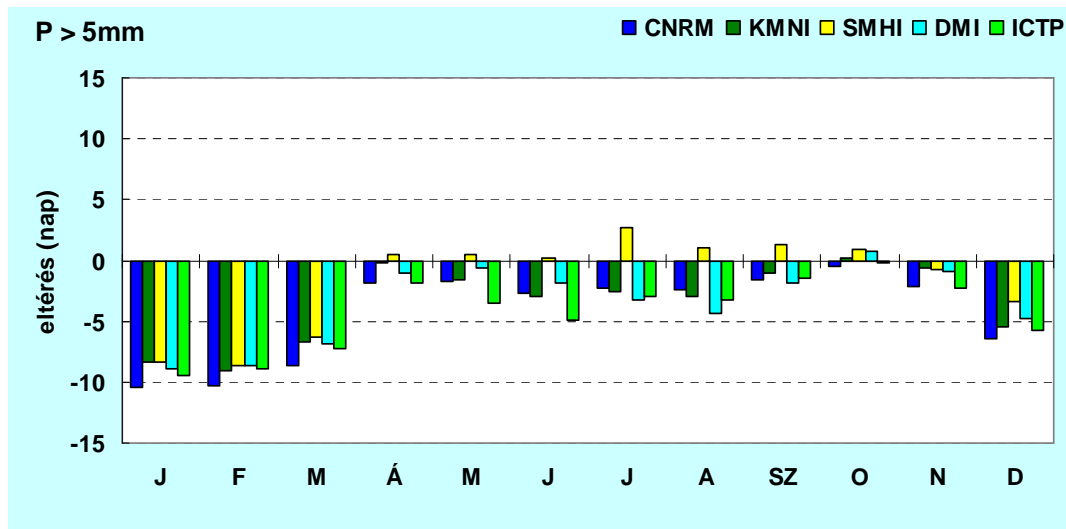
A 23. ábrán az 5 mm-t meghaladó csapadékú napok számának eltérése látható Siófokra vonatkozóan. Az eredmények elég kiegyenlítettek, nyáron mutatnak nagyobb szórást, ekkor fordul elő alábecslés, míg az egyéb időszakban felülbecslés tapasztalható. Az ALADIN télen most is jól szemlélteti a reális indexeket, nyáron pedig emellett az ECHAM meghajtóval rendelkező szimulációk bizonyultak a legpontosabbnak. Az RCA esetében tartós és magas felülbecslés figyelhető meg.



24. ábra. A mérésekből és szimulált idősorokból meghatározott 5 mm-nél nagyobb csapadékú napok számának összehasonlítása, 1961-2009, Budapest

Budapest grafikonja hasonló képet fest a siófokihoz képest (24. ábra). Az 5 mm-nél nagyobb csapadék havi előfordulása 2-4 nap, amelyet a legpontosabb modellek egy napnál kisebb különbséggel jelenítenek meg. Télen felül, nyáron

inkább alulbecslés tapasztalható. Az SMHI modellje itt is a többinél nagyobb arányban tér el. Az ALADIN egész évben jól követi a valós indexeket, de nyáron – kb. 10% hibával – pontosabb, csakúgy, mint az ECHAM meghajtással futó modellek, amelyek viszont télen mutatnak nagyobb különbséget.



25. ábra. A mérésekből és szimulált idősorokból meghatározott 5 mm-nél nagyobb csapadékú napok számának összehasonlítása, 1961-2009, Kékestető

A 25. ábrán a Kékestetőre vonatkozó 5 mm-nél nagyobb csapadékú napok számának összehasonlítása látható. Megjelenésének éves menete van, míg télen több, nyáron kevesebb ilyen nap fordult elő átlagosan 1961-2009, amely azonban az utóbbi években átrendeződni látszik. Míg a téli félévben az index száma lassú csökkenést, addig a nyári időszakban növekedést mutat.

A grafikonon látható, hogy a használt modellek inkább alulbecsülnek, csak néhány helyen, s csak a nyári félévben mutatnak pozitív különbséget. Tavasztól őszig az SMHI és a DMI modellje a legpontosabb, míg a legnagyobb eltérést a francia és az olasz modellek szimulált adatsorából származó eredmények esetén kaptuk.

A nagy, azaz a 10 mm-t meghaladó mennyiségű csapadékú napok előfordulása viszonylag ritka volt 1961 és 2009 között, évente csupán egy-egy alkalommal fordult elő, azonban fontos a globális klímaváltozás kapcsán megemlíteni, mert az intenzívebb záporok számának növekedésével ezen index előfordulása is sűrűsödhet.

Siófok esetében a modellek nagy szórást mutatnak, a téli időszakban az ALADIN, nyáron a RACMO tűnik a legmegbízhatóbbnak, míg előbbi 10%, utóbbi

15-20% relatív hibát vétett. Jellemzően a téli félévben felül, a nyári félévben alulbecslés fordult elő.

Budapesten a kép szintén hasonló, a felül, illetve alulbecslés terén. Télen ugyancsak a francia modell adja a legpontosabb becslést, azonban a nyári hónapokban a RegCM mutatta a legkisebb különbségeket. Az áprilistól szeptemberig tartó intervallum szimulált idősor alapján való rekonstruálása jobb eredményt mutat, mint az év többi része.

Kékestetőn ebben az esetben is az alulbecslés dominál, ez alól csak a svéd RCA képez kivételt, amely a nyári időszakban pozitív irányban tér el, s amely a modellek közül legjobban szemléltette a valós csapadékindexet.

A hegyvidék eltér a többi vizsgált állomástól, évente ugyanis jóval többször fordul elő 10 mm-t meghaladó csapadék, melynek maximuma január-február környékén jelentkezik. Ekkor akár havi 10 alkalommal is lehet ilyen mértékű csapadék. Míg az 1961-1990 és az 1961-2009 közötti két időintervallum indexeit összehasonlítva lassú csökkenés figyelhető meg télen, addig tavasztól őszig növekedés látszik.

Az utolsó vizsgált index az extrém csapadékú napok száma, amely a 20 mm-t meghaladó csapadékú napok számát adja meg. Az 1961-1990 közötti 30 éves periódust és a 2009-ig kibővített időszakot vizsgálva az index előfordulásának növekedése tapasztalható a mért adatsor alapján.

Siófok esetében a csapadékindexet télen az ALADIN becsülte legpontosabban, nyáron pedig a KMNI által futtatott RACMO és az ICTP által futtatott RegCM. A szimulált adatsorból számolt eredmények nagy szórást mutatnak, egymáshoz képest is, de akár egyik hónapról a másikra is. Télen felül, nyáron pedig alulbecslés volt jellemző. Mivel az index előfordulása éves átlagban kicsi, ezért a modellek bár egy napnál kisebb eltérést mutattak, ez mégis nagyobb hibaszázalékot jelent.

Budapesten az előzőhöz hasonlóan szintén lassú növekedés detektálható az index előfordulásában 2009-ig. A modellezett eredmények télen túlzóak, nyáron keveslőek. A legpontosabb képet a francia ALADIN adja, nyáron emellett a BCM és ECHAM globális klímamodellek alatt futó regionális modellek is közel vannak a valós értékekhez.

Az előző állomásoktól eltérően, a Kékestetőn gyakoribb az extrém csapadék. A legtöbb télen van, azonban míg előfordulása csökkenést mutat, addig nyáron

növekedni látszik az 1961-1990 és 1961-2009 időintervallumok mért adatainak összehasonlítása alapján.

A modellek közel azonos mértékben becsülik alul az index nagyságát, egymástól csak néhány százalékban térnek el. Kivételt az SMHI modellje képez, amely pontosabb a többinél. Általában a szimulált eredmények télen nagyobb, nyáron kisebb relatív hibát mutatnak.

Általánosan megfogalmazható a kis és nagy csapadékok esetében egyaránt, hogy a CNRM ALADIN modellje a téli időszakban ad közeli becslést a valós indexekre, nyárra pedig a KMNI és a DMI modelljei. Az SMHI a kis csapadékokra kevésbé, a nagy csapadékindexek meghatározására viszont jobban használható. Az olasz RegCM pedig éppen fordítva, a kis csapadékindexeket követi jobban, főként a nyári félévben.

3.4 A közvélemény-kutatás módszerei

Közvélemény-kutatásra a Balaton körzetében és Budapesten került sor. Míg a Balaton esetében a tónál nyaraló turisták, addig Budapesten a turizmusban dolgozó személyzet véleményét gyűjtöttük össze. A felmérés nem reprezentatív, a válaszadókat véletlenszerűen választottuk ki. A Balaton esetében a strandokon történt a vizsgálat, míg Budapesten a belváros, turisták által gyakran látogatott körzeteiben (a Váci utcában, a Duna-parton, a Deák téren, a Vörösmarty téren és az Andrassy úton).

A balatoni kérdőív összeállításakor csak a magyar vendégek megkérdezését terveztük, és a kitöltés feltétele a 18. életév betöltése volt. A kérdések között van az éghajlatváltozásra, illetve a nyaralási szokásokra vonatkozó kérdés is. Emellett pedig a turizmus esetleges módosulásáról is érdeklődtünk. A kérdőívben 22 kérdés szerepel, amelyek általános tájékozottságra kérdeznek rá az éghajlatváltozással kapcsolatban, a nyaralási szokások jelenlegi voltára, illetve annak esetleges megváltozására, emellett pedig arra voltunk kíváncsiak, hogy a nyaralók mit gondolnak a Balaton turizmusáról a jövőre vonatkozóan. Továbbá szerepelnek általános kérdések a jelenlegi üdüléshez kapcsolódóan. A kérdőívet az 1. melléklet tartalmazza.

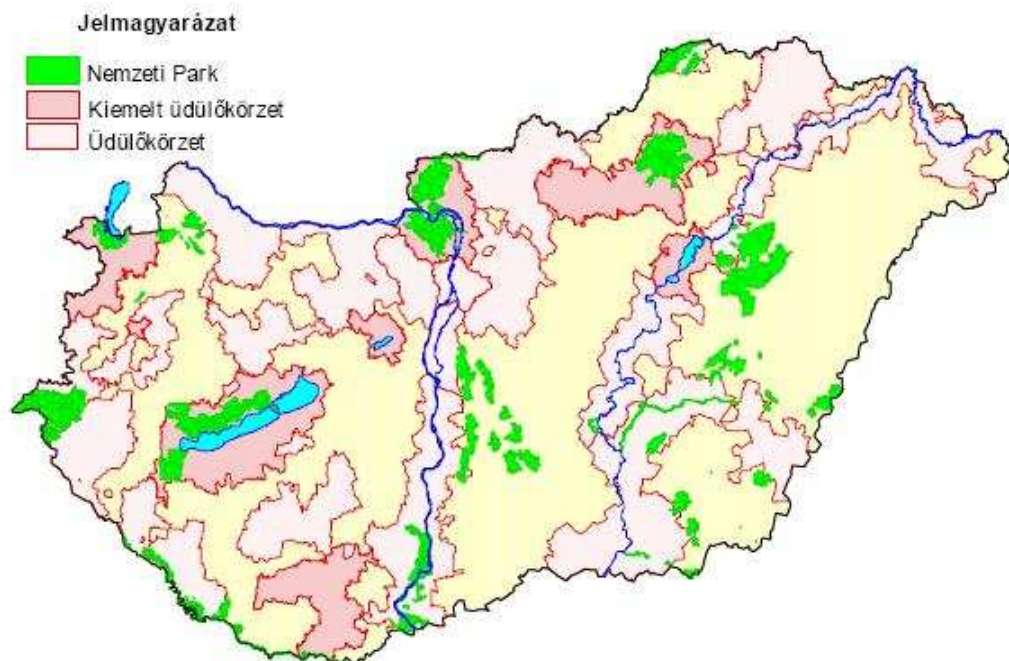
A válaszokat nem, életkor és legmagasabb iskolai végzettség alapján külön is értékeltük, s összesítve is. Az összegyűjtött kérdőívek legnagyobb része a Balatonlellén, Fonyódon és Siófokon nyaraló turistáktól származik, de az egész balatoni körzetből kaptunk véleményeket.

Budapesten a turisztikai szolgáltatóknak szolt a kérdőív 21 kérdése. Utazási irodában dolgozóktól, szállodai alkalmazottaktól és városnéző körutak szervezésével foglalkozó cégek munkatársaitól érdeklődtünk. A kérdőívet a 2. melléklet tartalmazza. Az első kérdések a balatoni összeállításban is megtalálható általános, a globális klímaváltozással kapcsolatos tájékozottságra kérdeznek rá, illetve véleményt kérnek a turisztika jövőképeről. Emellett kíváncsiak voltunk arra, hogy a kitöltő véleménye szerint jelenleg milyen évszakban, illetve időjárás alkalmával vannak legtöbben a városban. Végül pedig néhány a cégre vonatkozó információt kértünk, miszerint tájékoztatják-e a turistákat az időjárásról, akik részt vesznek az általuk szervezett programokon, valamint ezek tervezésekor mennyire veszik figyelembe az időjárás jellegét.

4. A vizsgálati eredmények ismertetése

A vizsgálat során Magyarország három különböző turisztikai adottságokkal rendelkező területét választottuk ki. Az éghajlatváltozás hatását figyeljük meg elsőként a Mátra, majd Budapest és végül a Balaton Kiemelt Üdülőkörzet turisztikai kínálatára vonatkozóan.

A 26. ábrán láthatóak a kiválasztott területek Magyarországon belüli elhelyezkedése. Megfigyelhető, hogy a Balaton, illetve a Mátra egyaránt kiemelt üdülőkörzetnek, míg Budapest üdülőkörzetnek minősül.



26. ábra. Magyarország kiemelt üdülőkörzetei és nemzeti parkjai 2004 (forrás: Országos Fejlesztési Konceptió Jelentés, 2005)

A dolgozatban vizsgált desztinációk különböző turisztikai értéket képviselnek. A Balaton környéke mint strandolási lehetőség; a Mátra a téli sportok fő magyarországi helyszíne, Budapest pedig a kulturális látványosságok „fővárosa”.

A körzetek kiválasztásában az eltérő turisztikai típusok mellett szerepe volt annak is, hogy legyen a közelben működő meteorológiai állomás. A Balaton éghajlati viszonyait Siófok, a Mátráét Kékestető, Budapestét pedig a pestszentlőrinci központi meteorológiai állomás méréseivel jellemezzük. A regionális klímamodellek XXI. századra vonatkozó futtatásai alapján becslést kapunk a várható változás mértékéről, s ebből a turisztikai termékek népszerűségének változására következtethetünk.

A klímamodellek és a múltbeli mérések eredményei mellett nagy szerepe van az emberek, turisták véleményének is, hiszen rájuk épül a turizmus, ők az ágazat fő meghatározói. Ezért mindhárom körzetben az éghajlati, éghajlat-változási elemzés mellett a várható változásokkal kapcsolatos véleményeket, várakozásokat is értékeljük.

4.1. Várható éghajlatváltozás a Mátrában, Kékestetőn

Kékestető Magyarország s a Máttra legmagasabb pontja. A Máttra az Északi-középhegység tagja, eredete vulkanikus tevékenységre vezethető vissza. Területe nagyjából 900 km², a Cserhát és a Bükk között található, Nógrád, illetve Heves megyét érinti.

Az 1014 m magas Kékes éghajlata mérsékelt övi hegyvidéki a nagy szintkülönbségek miatt. Éves átlaghőmérséklete nem éri el a 6 °C-ot sem, míg a hegy lábánál akár a 10 °C-ot is meghaladhatja. A nyomás és a hőmérséklet napi ingadozása kiegyenlített. Télen gyakran előforduló jelenség a hőmérsékleti inverzió. Éves csapadékmennyisége átlagosan 800 mm, de nem ritka az 1000-1100 mm sem. Az átlagosan évi 150 csapadékos nap mellett több, mint 2000 órát süt a nap (Mersich et al., 2001).

Kékestetőn található az ország leghosszabb sípályája, amely 1,8 km hosszú. Bár az utóbbi években romlottak hazánk hóviszonyai, azonban még mindig előfordul az olyan szezon, amikor közel méteres vastagságúra hízik a hóréteg. Néhány éve egy nagyobb beruházás során bővítették és felújították a két legkedveltebb sípályát, amely új hóágyúkat is kapott, így a hőmérséklet függvényében, de a csapadékmennyiségtől függetlenül lehetőség nyílik a pálya hosszabb működésére.

A Kékestető csúcsán nemzeti színűre festett kő jelzi az ország legmagasabb pontját, s a hegytetőn álló tv-torony kilátóként is üzemel, így népszerű kirándulóhely.

Az Országos Kék Túra útvonala áthalad rajta, amelynek több pecsételő helye is van a környéken. A 2001-től évente megrendezésre kerülő Tour de Hongrie országúti kerékpáros körverseny legnehezebb emelkedője fűződik a hegyhez, amely mellett 2004-től a versenyhez kapcsolódóan az amatőrök is próbára tehetik magukat. Emellett sajátos mikroklímájának köszönhetően keresett gyógyüdülőhely.

4.1.1. A modelleredmények által becsült klímaváltozás kékestetői adatok alapján

A kiválasztott öt modell szimulált idősorából az 1961-1990 közötti kontroll időszakra és a 2021-2050, illetve a 2071-2100 közötti intervallumra számolt hőmérsékleti és csapadékindexek változását mutatjuk be. Az eltérések mértéke a klímaváltozás erősségét jelzik. A különböző modellek színezése megegyezik a validáció során használt színekészlettel. A szürke jelölés most is a nem nulla indexek intervallumát mutatja.

A Mátra legmeghatározóbb vonzereje a síturizmus, egyéb időszakban pedig kedvelt kirándulóhely. Mivel a téli sportok kerülnek itt leginkább előtérbe, ezért a legfontosabb a hőmérséklet téli alakulása, és a csapadék aránya.

Először rövid átfogó képet adunk a nyári félévre jellemző indexek várható változásáról, majd a téli félévre jellemző indexek valószínűsíthető alakulását mutatjuk be részletesebben, végül pedig a csapadék feltételezhető eltérését ismertetjük.

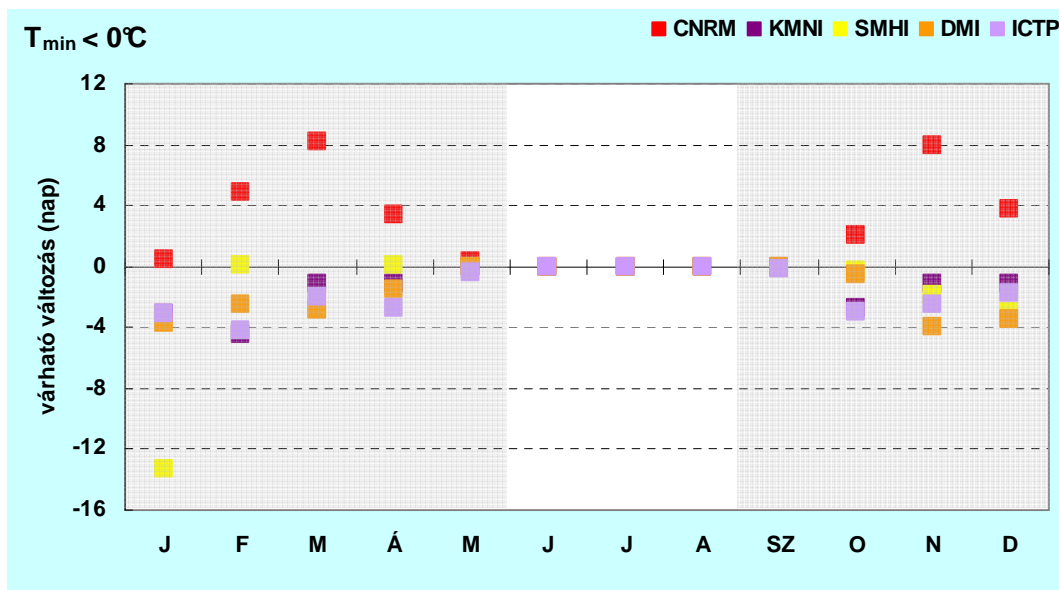
A kontroll időszakban a nyári félévre jellemző indexek csak ritkán fordultak elő. A Kékestetőn a hegyvidéki éghajlat miatt a 25 °C feletti maximumok sem számítottak gyakori jelenségnek, az ennél magasabb értékek pedig egyáltalán nem fordultak elő 1990-ig. Az 1991-2009 közötti időszakban azonban már volt ennél magasabb maximummal rendelkező nap is.

A következő években pedig a szimulált adatsorokból számított eredmények alapján ez a szám várhatóan nőni fog. A legnagyobb mértékben természetesen a nyári napok száma, amelynek megjelenési időszaka is kiszélesedik. A közelebbi

jövőre vonatkozóan az előrejelzés szerint májusban, míg 2100-ra már áprilisban lehet az első nyári napra számítani.

Jelenleg a csak nyáron előforduló, néhány napot felölelő index száma a század végére a legmelegebb hónapokban négy-, ötszörösére is emelkedhet. Emellett pedig megjelenhetnek a hőség- és forró napok is. Ezek előfordulási aránya természetesen kisebb, mint a nyári napoké, leginkább csak a három nyári hónapban lehet jellemző. 2050-ig júliusban és augusztusban 4-6, később 8-10 napon lehet 30 °C feletti maximumhőmérséklet, míg 35 °C fölé 2100-ra 4-5 napon kúszhat a hőmérséklet.

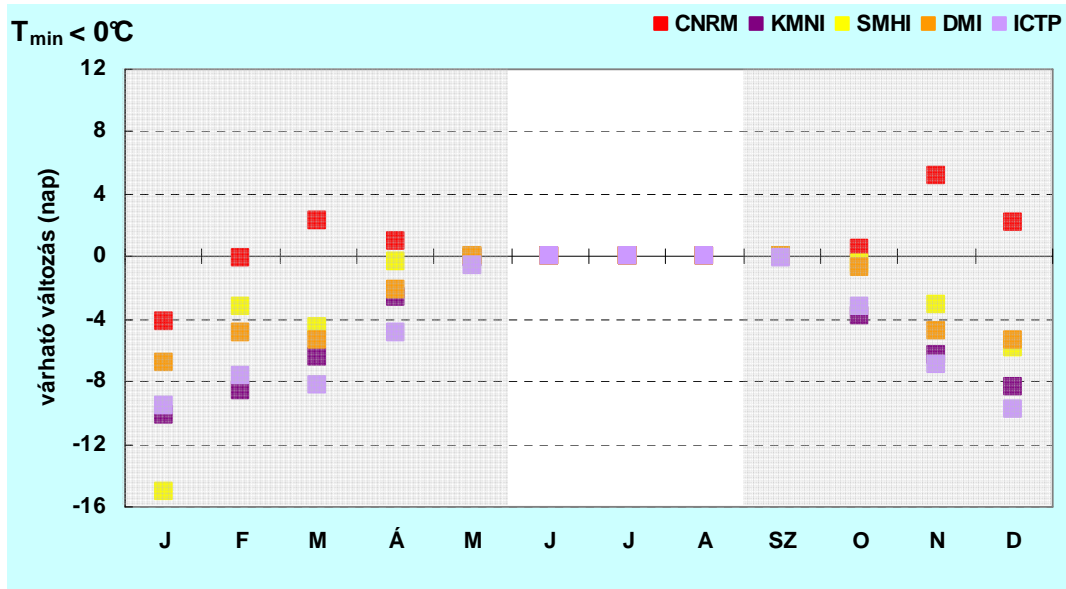
A túl meleg éjszakák egyszer-egyszer már jelen voltak a kontroll időszak alatt is, azonban számuk valószínűleg szintén nőni fog a jövőben. Míg eddig júliusban mérték az első 20 °C feletti minimumot, a közeljövőben ez májusra tolódhat, s minden évben számítani lehet rá.



27. ábra. A fagyos napok számának várható változása 2021-2050-re az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest Kékestetőn

A nyári hőmérsékletben történő változások sejtetik a téli félévre jellemző indexek alakulását is. A fagyos, a téli és a zord napok egyaránt csökkenő tendenciát mutatnak. A 27. és 28. ábra a fagyos napok számának alakulását rajzolja ki a jövőre nézve. A kontroll időszakban november közepétől március elejéig csak ritkán emelkedett a minimum hőmérséklet 0 °C fölé. Azonban 1991-től 2009-ig már egy nagyon gyenge csökkenés volt megfigyelhető a mért adatokban. 2050-ig az ábrán

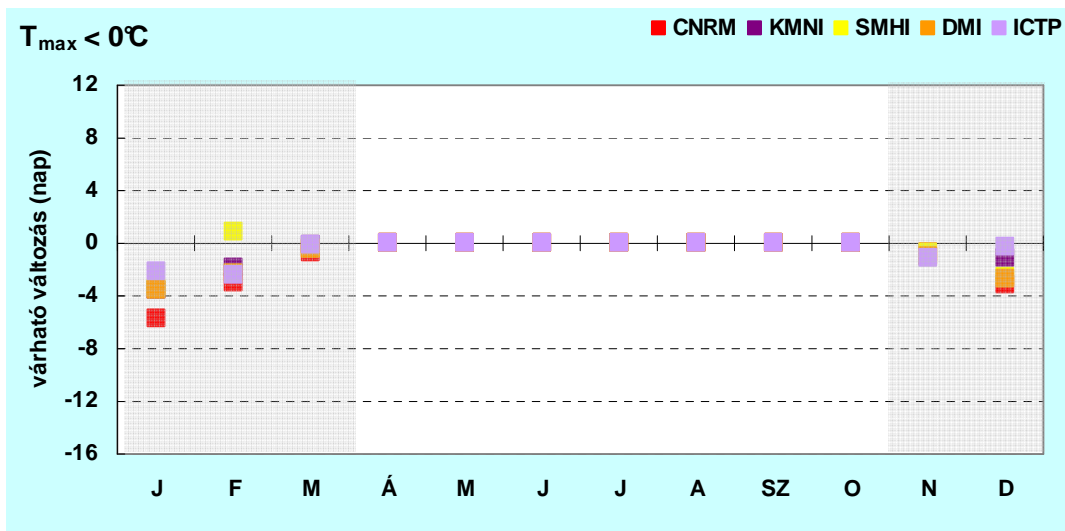
látható a változás mértéke, a modellek többsége kevesebb fagyos napot vár, a csökkenés mértéke 30% körüli, ami 2-4 nappal jelent kevesebbet a korábban mérthez viszonyítva.



28. ábra. A fagyos napok számának változása 2071-2100-ra az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest Kékestetőn

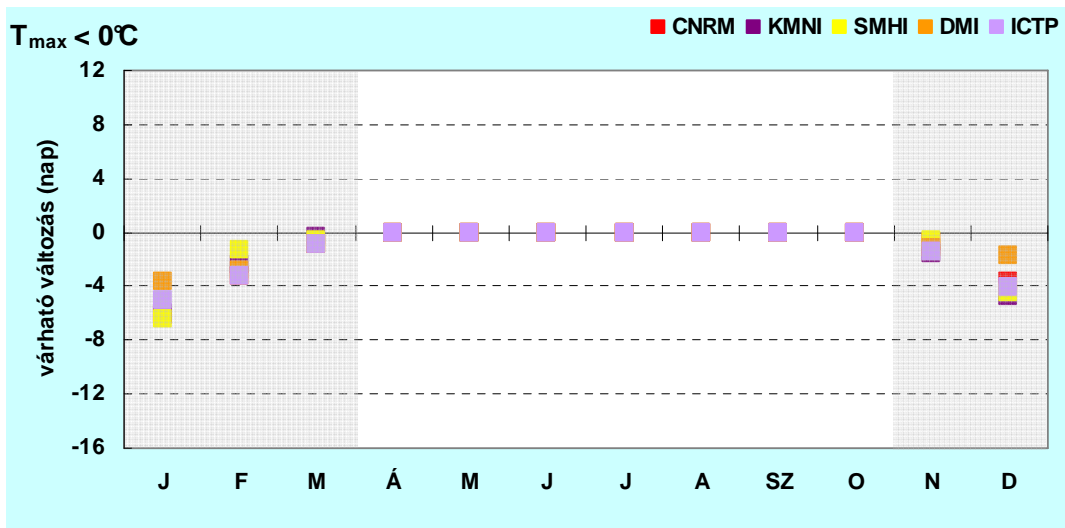
Látható továbbá, hogy a CNRM futtatásának idősorából számított eredmények az index növekedését jelzik, azonban a validáció folyamán alulbecslés volt tapasztalható, így ez a változás a mérési adatokhoz képest nem jelent számottevő növekedést.

Mindkét esetben észre vehető, hogy az index csak a nyári évszakban nem fordul elő. Ez az arány a század végéig valószínűleg fennáll, vagyis a fagyos napok számának csökkenése ellenére az előfordulás időszaka nagyjából változatlan maradhat, habár a tavasz végi, őszi eleji eltérések a számítások alapján minimálisan csökkenhetnek. A grafikon jól mutatja, hogy a közelebbi jövőhöz képest, az értékek közel duplájára nőhetnek, azaz a csökkenés tovább fokozódhat. Ugyanez jellemző a téli napok számára is. A kontroll időszakban a téli szezont nagyrészt a 0 °C alatti maximumok jellemezték. A 29. és 30. ábra alapján viszont ez a hőmérsékleti index is csökkenő tendenciát mutat. Míg 1990-ig áprilisban és októberben is detektáltak téli napot, addig a grafikon tanúsága alapján a jövőben ez már várhatóan nem fog előfordulni. A modellek egybehangzóan csökkenést jósolnak. Ez az arány 2050-ig mintegy 30-40%-os visszaesést jelenthet.



29. ábra. A téli napok számának változása 2021-2050-re az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest Kékestetőn

A század végéig ez még tovább fokozódhat, a téli napok közel 60-70%-kal ritkulhatnak, amelyek a csapadék, illetve a hóviszonyokra fejthetnek ki kedvezőtlen hatást, ezáltal károsan befolyásolva a síszezont. Akárcsak a zord napok, amelyek szintén nem voltak ritkák a kontroll időszakban: novembertől márciusig lehetett havi 2-6 napon -10 °C alatti minimumot mérni. A jövőben az előfordulás időszaka ugyan nem változik, azonban a gyakoriság olyan mértékben csökkenhet, hogy előfordulhat olyan év, amikor a zord napok szinte teljesen elmaradnak.



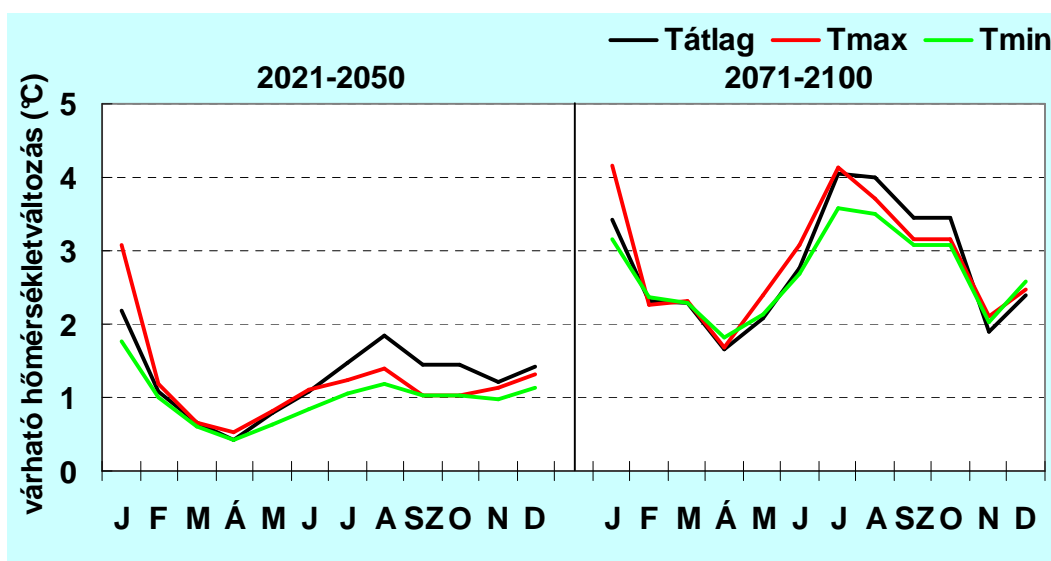
30. ábra. A téli napok számának változása 2071-2100-ra az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest Kékestetőn

A vizsgált hőmérsékleti indexek változását a 6. táblázat foglalja össze. Ezek alapján a nyári félévre jellemző indexek mindegyike jelentős pozitív változást mutat; többszörösére nőhetnek a XXI. század végére, míg a téli félévre jellemző indexek előreláthatóan csökkenni fognak, a jelenlegi töredékére eshetnek vissza.

Extrém index neve	Kontroll-futás (1961-1990)	2021-2050	2071-2100	Várható változás
nyári nap	4 nap/év	68 nap/év	90 nap/év	+
hőségnap	0 nap/év	29 nap/év	46 nap/év	+
forró nap	0 nap/év	9 nap/év	18 nap/év	+
túl meleg éj	1 nap/év	21 nap/év	38 nap/év	+
fagyos nap	128 nap/év	72 nap/év	51 nap/év	-
téli nap	67 nap/év	11 nap/év	6 nap/év	-
zord nap	17 nap/év	2 nap/év	1 nap/év	-

6. Táblázat. Az extrém indexek változása Kékestetőn az 5 vizsgált modell átlaga alapján

Az indexek változása mellett érdemes megnézni a maximum-, a minimum- és az átlaghőmérséklet alakulását a két vizsgált időszakban (31. ábra). Látható, hogy már 2050-ig jelentős változás mutatkozhat. A kontroll időszaktól leginkább a téli hónapokban lehet eltérés, januárban ez több, mint másfél fokot jelenthet. Az év elején a maximumhőmérséklet emelkedik a legmarkánsabban, míg júniustól az év végéig az átlaghőmérséklet mutatja a legnagyobb melegedést. A hőmérsékletek menete alapján a legkisebb változás várhatóan a tavaszi időszakra tehető.

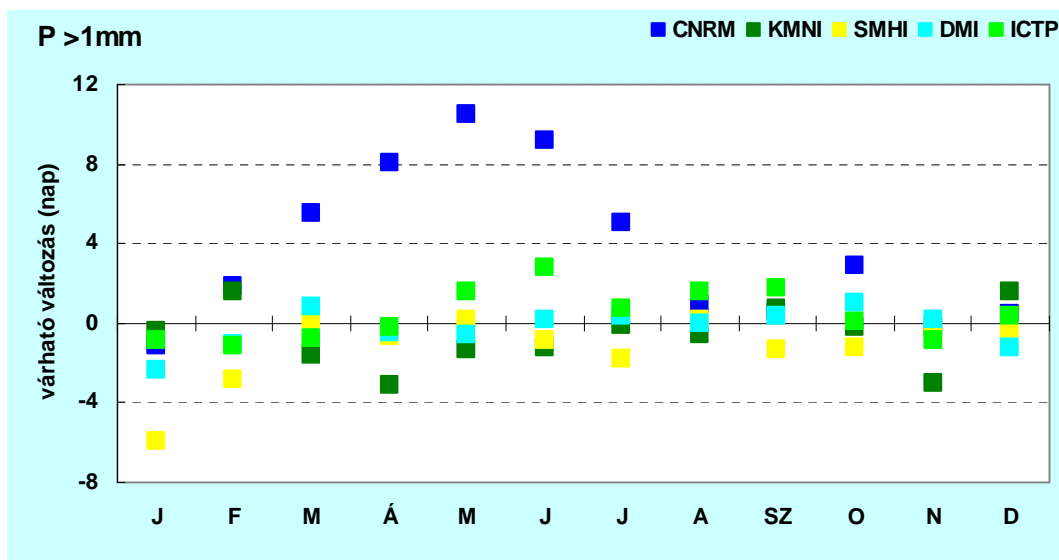


31. ábra. Az átlag-, a maximum- és a minimumhőmérséklet várható változása 2021-2050 és 2071-2100 a kontrollidőszakhoz viszonyítva a modelleredmények átlaga alapján, Kékestetőn

A század végéig az évszakos különbségek erősödhetnek, a legkisebb változás továbbra is tavasszal várható, azonban mértéke majdnem elérheti ebben az esetben a 2 °C-t. A legjelentősebb növekedéssel valószínűleg télen, illetve nyáron kell számolni, amikor a melegedés akár 4 °C is lehet. Míg az előzőekhez hasonlóan télen és későtavasszal a maximum-, addig nyár végétől őszi közepéig az átlaghőmérséklet görbéjében figyelhető meg a legnagyobb emelkedés.

A hőmérséklet figyelembevételével fontos kérdés a csapadékviszonyok átalakulása. A 0,1 mm-t meghaladó csapadékú napok száma nem mutat jelentős eltérést (a mért időszak alapján átlagosan télen 20, nyáron 10 nap). A várható változás mindkét vizsgált időszakban 4 nap körüli maximálisan mind pozitív, mind negatív irányban. Az eredmények alapján tavasszal kissé csökkenhet, ősszel pedig növekedhet az index értéke.

A kis, 1 mm-t meghaladó csapadékú napok számának várható változása (32. ábra) 2050-ig jelentős eltérést szintén nem mutat, azonban az évszakos átrendeződés kezdete megfigyelhető. Tavasszal csökkenés, nyáron stagnálás, illetve átmeneti növekedés mutatkozik egészen őszi közepéig, majd újra csökkenni látszik az index.

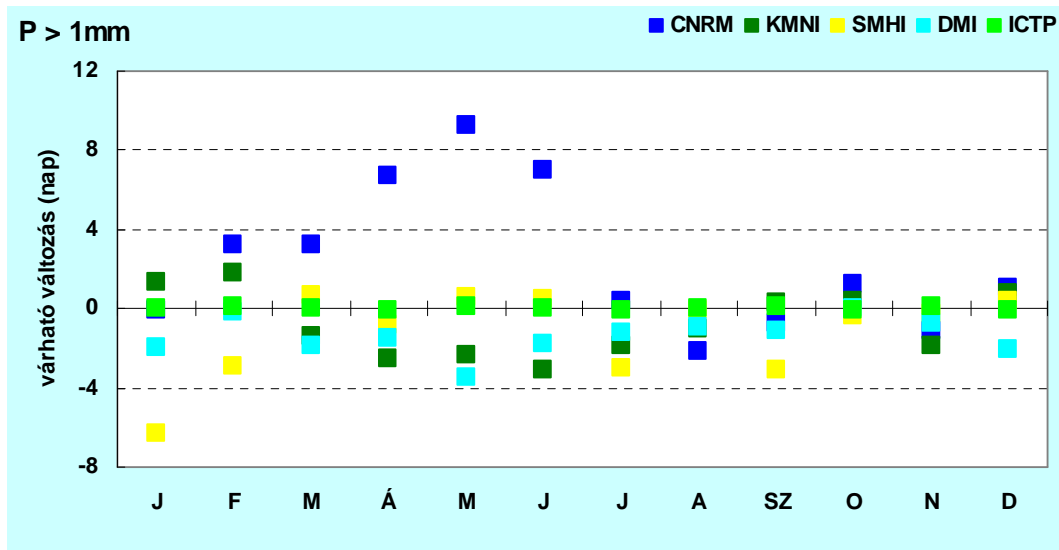


32. ábra. Az 1 mm-t meghaladó csapadékú napok számának várható változása az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest 2021-2050-re Kékestetőn

A távolabbi jövőben a várható változás mértéke erősödést mutat, amely a nyári időszakban a legintenzívebb, 20% körüli. A tendencia kissé átalakulhat, az év nagy

részében inkább csökkenő trend mutatkozik a kis csapadékok tekintetében (33. ábra). Átmeneti növekedés csak októberben és tél végén fordulhat elő.

A validáció során legpontosabb modellek eredményeit figyelve láthatjuk, hogy télen az SMHI jelentős csökkenést, a CNRM pedig tavasszal és nyár elején, erőteljes növekedést, a század végi időszakra pedig csökkenést jelez.



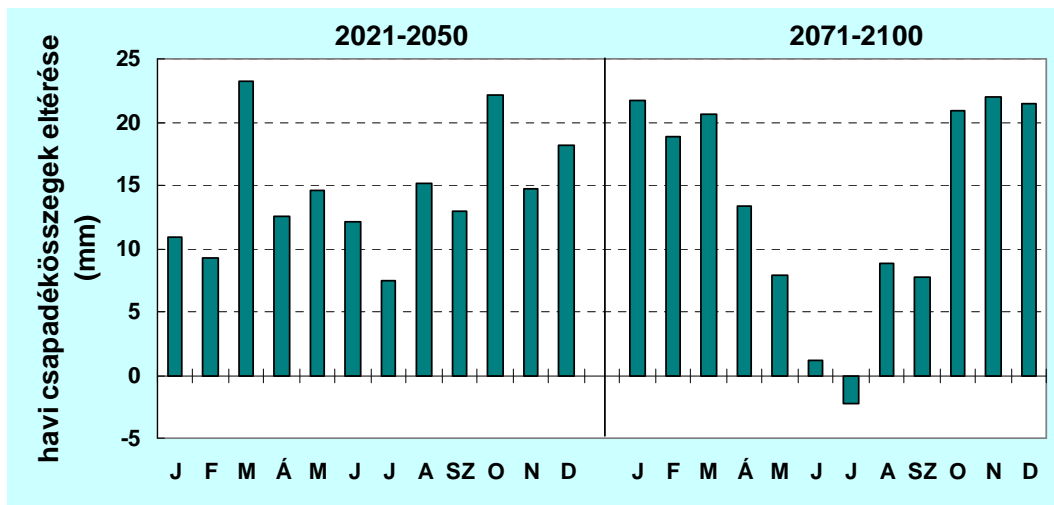
33. ábra. Az 1 mm-t meghaladó csapadéku napok számának várható változása az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest 2071-2100-ra Kékestetőn

A nagyobb napi csapadékösszeggel rendelkező napok száma ettől kissé eltérő módon alakul. A szimulált idősorok alapján kapott eredmények szerint átlagosan az 5 mm-t meghaladó csapadéku napok száma tél végén és nyár elején, illetve ősszel várhatóan növekedni fog, az egyéb időszakokban pedig csökkenés várható 2050-ig. Ugyanezt a trendet követi a nagy, illetve extrém csapadéku napok száma is. A 20 mm-t meghaladó csapadéku napok száma tél végén, tavasz elején és októberben a lehet legnagyobb, a növekedés mértéke 70% feletti is lehet.

2100-ig ezek az arányok tovább emelkedhetnek. Az évszakos eloszlás jobban elkülönülhet, a téli félév csapadékos napjai gyarapodhatnak, míg a nyári félév szárazabbá válhat, különösen július és augusztus. A nagy és extrém csapadéku napok előfordulása várhatóan egyre növekszik, az év első három hónapjában meg is duplázódhat az eddigiekhez képest.

A csapadékösszegek és a csapadékindexek változása érdekes képet tár elénk. Bár a vizsgálat során kiderült, hogy a csapadékos napok száma valószínűleg télen növekedni, nyáron pedig csökkenni fog, a 34. ábra ezzel szemben egész éves

csapadéknövekedést mutat mindkét vizsgált időszakra, csak a távolabbi jövőben látszik júliusban némi csapadékmennyiség csökkenés. Ennek oka valószínűleg a már említett nagy és extrém csapadékokban rejlik. Mint az a vizsgálat során kiderült, ezen napok száma növekvő trendet mutat a kisebb csapadékokkal szemben, így bár valószínűleg kevesebb lesz a nedves nap, a kevesebb idő alatt mégis több lehet a csapadék mennyisége. 2100-ig már kezd kirajzolódni egy szárazabb időszak a nyári félévben, azonban a grafikonon az látható, hogy még így is pozitív marad a csapadékmennyiség mérlege.



34. ábra. A havi csapadékösszegek 1961-1990-hez képest vett eltérése a modelleredmények átlaga alapján 2021-2050-re és 2071-2100-ra Kékestetőn

4.1.2. A várható változás turisztikai hatása a Mátrára

A Mátrában összesen öt síközpont található: Mátraszentimre, Mátraszentistván és Mátraszentlászló települések szomszédságában, illetve a két csúcson, Galyatetőn és Kékestetőn. A pályák mindegyike eltérő magasságban indul, de a legalacsonyabban fekvő alsó pontja is 650 m felett helyezkedik el. Jelenleg az öt helyszín közül csak négy üzemel és fejlődik, a mátraszentimrei nincs használatban. Hóágyú a kékestetői és mátraszentistváni központban található, amelyek a legfejlettebbek a felsorolt sípályák közül.

Az utóbbi években folyamatos fejlesztések folynak ezeken a területeken. A hóágyúk beszerzése mellett a pályák szélességének növelése, új és korszerűbb felvonórendszerek és világítás került kiépítésre. Az oktatás is hangsúlyosabbá vált,

minden korosztály számára biztosítanak tanulási lehetőséget az arra kijelölt lankásabb pályákon.

A hőmérsékleti és csapadékindexek átfogó képet adnak az éghajlat változásáról a század végéig. Az elemzés alapján a nyári félévre jellemző hőmérsékleti indexek várhatóan jelentősen növekednek, a téli félévre jellemző hőmérsékleti indexek pedig valószínűleg csökkennek 2100-ig a kontroll időszakhoz képest. A csapadék mennyiségét tekintve némi növekedéssel lehet számolni, míg a kis csapadékok ritkulhatnak, a nagy és extrém mennyiségű csapadékos napok gyarapodhatnak. Mivel a mátrai turisztika fő ágazata a téli sportokkal függ össze, ezért a legfontosabb a téli időszak éghajlati szempontból való átalakulásának ismerete.

A legfőbb szempont a szezon hosszának várható változása. A grafikonok azt mutatták, hogy a fagyos napok száma is csökkenhet, de ennél sokkal jelentősebb a téli, illetve a zord napok számának ritkulása. Ez azzal jár együtt, hogy bár a csapadék a téli időszakban növekedhet, a hideg levegő híján a halmazállapota gyakrabban lehet cseppfolyós, mint szilárd. Ami pedig az esetleges hóréteg romlásával jár együtt.

Januárban és februárban az extrém csapadékok előfordulása gyarapodhat, ami kedvezően hathat a sípálya minőségére, ugyanis ez azt jelentené, hogy egyszerre nagyobb mennyiségű hó hullhat. Viszont a hőmérsékleti indexek éppen januárban csökkennek a legdrasztikusabban. Azonban ha ritkábban van hó, az a turisták elmaradását vonja maga után, ezért a klímaváltozást felismerve a kékestetői és mátraszentistváni sícentrum is néhány éve ruházott be hóágyúk vásárlásába. A jelenlegi klimatikus viszonyok a hóágyúk használatával évi maximum 90 síelésre alkalmas napot biztosítanak. A hóágyúk működéséhez vízre, levegőre és elektromos áramra van szükség. Használhatóságának feltétele a levegő nedvességétől és hőmérsékletétől függ. Nedvesebb levegő esetén legalább $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$, míg szárazabb levegő esetén már a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ is elegendő a hatékony működésükhöz.

Így tehát megállapítható, hogy a síeléshez elengedhetetlen a legalább $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatti minimumhőmérséklet, amely az éjszakai hóágyúzást lehetővé teszi. A vizsgálat alapján azonban ez – vagyis a fagyos napok száma – várhatóan folyamatosan csökken, így nem csak a havas, hanem a hóágyúzható napok is fokozatosan fogyhatnak, így lehetetlenné téve a tartós nyitva tartást a sípályák számára.

A klimatikus viszonyok átalakulásából azonban származhatnak pozitív hatások is. A Mátra – főként a Kékestető és Galyatető környéke – kedvelt kirándulóhely. A Mátrában közel 600 km jelzett turistaút található, amelynek kiépülése még a XIX. század végén kezdődött, s a 80-as évekig tartott. Ezután a karbantartó szervezet hiánya miatt pusztulás kezdődött, de az ezredfordulón a Kékes TE felvállalta az ösvények gondozását, s új utakat is létesített.

A kedvező feltételek megteremtése következtében a síszezont követően tavasszal a természetjárók lepik el a turistaútvonalakat. A melegedés és a csapadék-átrendeződés hatására a kirándulásra alkalmas napok száma nőhet. Várhatóan korábban szűnnek meg a fagyos napok, és ősszel később kezdődnek, ezzel a szezon hosszabb lehet. A csapadékos napok pedig az eredmények alapján a jelenlegi időszakhoz képest tavasztól ősziig csökkenhetnek, így ez is segíti a természetjáró napok gyarapodását.

Emellett a mikroklíma gyógyhatására is települt iparág, a Kékestetőn álló szanatórium egyik szárnya szállodaként üzemel. A tiszta hegyi levegő jótékony hatással van az asztmatikus és az idült légzőszervi betegségekre, porártalomra és az idegi kimerültségre.

A felsoroltakból látható, hogy a Mátra turisztikai miliője leginkább a téli sportokra épít, s a változó éghajlat következtében mesterséges eszközökkel kényszerül alkalmazkodni. A klímamodellek eredményei alapján azonban valószínűleg hosszú távon ez a megoldás – vagyis a sípályák hóágyúzása – sem bizonyul hatásosnak. Ezért fontos a téli szezonon kívül is biztosítani egy egyre szélesebb turisztikai kínálatot. Ilyen a kulturális programok számának növelése, a turistaútvonalak fejlesztése, téli-nyári bob pálya kiépítése, illetve a wellness szállók megjelenése és térhódítása.

Az Észak-magyarországi régióra készült a Magyar Turizmus Zrt. megbízásából a turizmus fejlesztésére irányuló tervzet, amely a 2007-2013 közötti időszakra vonatkozik. Fő céljai a fogadóképesség javítása, a termékkínálat versenyképessé tétele, valamint a hatékony desztinációmenedzsment kialakítása (Magyar Turizmus Zrt, 2006a).

A Mátrára vonatkozóan ez egyrészt a síközpontok infrastrukturális és épületkihasználtság fejlesztését, másrészt a sport mellett kulturális programok szervezését, illetve a korosztályokhoz való fokozott alkalmazkodást tartalmazza.

4.2. Várható éghajlatváltozás Budapesten

Budapest Magyarország fővárosa, s ezáltal politikai, gazdasági, kereskedelmi, ipari, kulturális és közlekedési központja. Az Európai Unió városai között a nyolcadik legnagyobb, lakossága az 1,7 milliót is meghaladja (forrás: KSH), területe 525 km², 23 kerületből áll. A várost a Duna választja ketté, jobb partján a Budai-dombság, míg bal partján a Pesti-síkság terül el. Három sziget is tartozik hozzá: délen a Csepel-szigetnek csak az északi sarka ér a városhatáron belülre, tőle északabbra a történelmi Margit-sziget nyúlik, míg ezt követi az Óbudai-, vagy más néven a Hajógyári-sziget.

Éghajlatát tekintve kontinentális, amely a mérsékelt övbe esik. Az éves átlaghőmérséklete 11 °C, leghidegebb hónapja a január, míg a legmelegebb július. Csapadékösszege éves átlagban valamivel több, mint 500 mm. A napsütéses órák száma 2040. Mivel a várost kettészeli a Duna, fontos megemlíteni, hogy évente átlagosan kétszer, a kora tavaszi hóolvadás idején, illetve nyár elején vonul le árhullám (Mersich et al., 2001)

Budapest nagyon gazdag kulturális értékekben. Jelenleg 837 műemlék látható szerte a városban, amelyek között szinte minden művészeti stílus képviselteti magát. Ezen kívül 223 múzeum, negyven színház, hét hangversenyterem és egy opera várja a látogatókat. A világörökség része az Andrássy út és környezete, a Budai Várnegyed, illetve a Duna-part látképe. A műemlékek mellett egyéb turisztikai termékek is jelen vannak. Budapesten tíz gyógyfürdő működik, melyek legtöbbje műemlék is egyben. A budai hegyek a kirándulóknak kínálnak izgalmas útvonalakat, s a téli sportok szerelmesei is hódolhatnak szenvedélyüknek, ugyanis Budán sípálya, Pesten pedig műjégpálya várja a mozogni vágyókat.

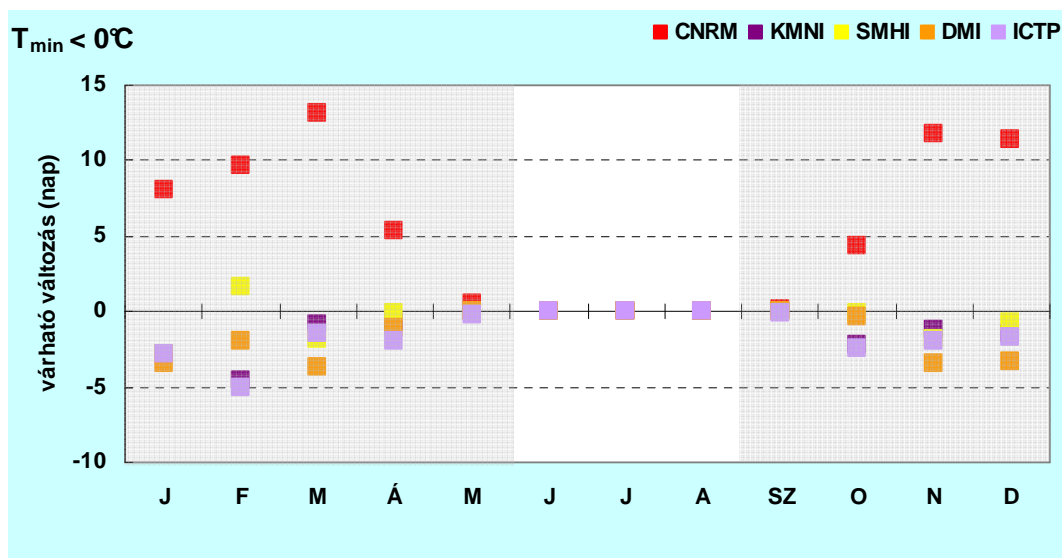
4.2.1. A modelleredmények által becsült klímaváltozás budapesti adatok alapján

A modellek eredményei ezúttal is az 1961-1990 kontroll időszakhoz mérten mutatják be a vizsgált hőmérsékleti és csapadékindexeket, s továbbra is 2021-2050, illetve 2071-2100 a kiválasztott két jövőbeli intervallum. Az elemzés során először

a téli, majd a nyári félévre jellemző hőmérsékleti indexekre térünk ki, ezt követően pedig a csapadékindexek várható alakulását mutatjuk be.

Budapest turisztikai szempontból elsősorban a kulturális látnivalókra épít. Mivel a műemlékek egész évben látogathatóak, ezért a hőmérsékleti eloszlás csak másodlagosan gyakorol hatást a látogatottságra, a legnagyobb befolyásoló szerepe inkább a csapadéknak van.

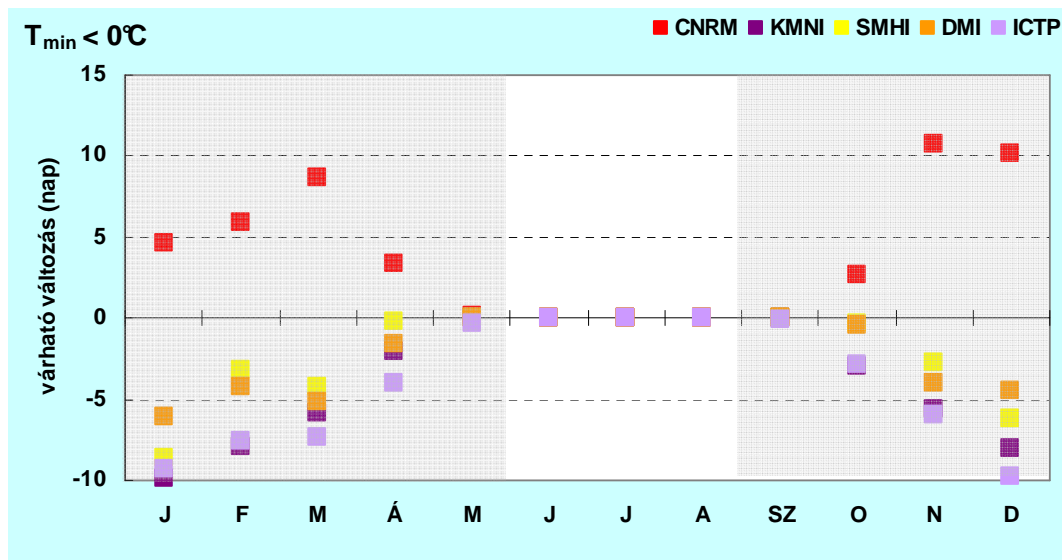
Bár a tél nem a legforgalmasabb évszak Budapesten turisztikai szempontból, mégis fontos megemlíteni a téli félévre jellemző hőmérsékleti indexek várható változását is, mert a város rendelkezik jégpályával és sípályával is, melyek használhatósága erősen kötődik a hőmérséklethez.



35. ábra. A fagyos napok számának változása 2021-2050-re az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest Budapesten

A 35. ábrán a fagyos napok számának várható változása látható a 2021-2050 közötti időszakra. A mért idősor tanúsága alapján a legtöbb fagyos nap januárban volt detektálható, szám szerint 22-23 nap, ami azt jelenti, hogy a hónap legnagyobb részében a minimum hőmérséklet 0 °C alatt maradt, csakúgy, mint decemberben és februárban is. A grafikon szerint ez a szám a jövőben csökkenni fog, az egyetlen kiugró eredményt a CNRM modellje alapján számolt indexekben lehet látni, azonban a validáció során már kiderült, hogy ez a modell jócskán alulbecsült, így a változás nagyságának figyelembe vételével a valós statisztikai mennyiséghez hasonló eredményt kaptunk. A pontosabban becslő – lila árnyalatú – ECHAM globális

modellel hajtott regionális klímamodellek 2-5 napos várható csökkenést jeleznek, ami 10-20%-os visszaesést jelent.



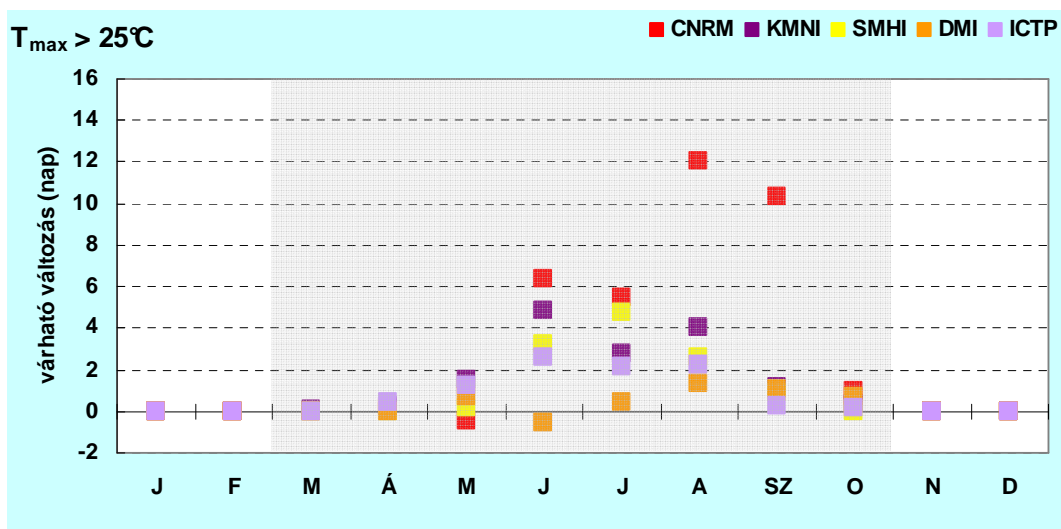
36. ábra. A fagyos napok számának változása 2071-2100-ra az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest Budapesten

A 36. ábra ugyanezen index 2100-ig várható alakulását ábrázolja. A francia modell erre a periódusra is a fagyos napok gyakoribbá válását mutatja, a többi szimuláció ellenben erős visszaesést jelez. A validáció során legjobbnak bizonyuló, egyben legnagyobb csökkenést jelző modellek – a KMNI és az ICTP – az index közel 50%-kal való csökkenését valószínűsítik.

A téli napok száma szintén csökkenő tendenciát mutat. 2050-ig kevésbé markáns, viszont a távoli jövőben jelentős lehet a változás. A múltban a legtöbb 0 °C alatti maximumhőmérsékletű nap januárban volt, ez átlagosan 11 nap. Az első jövőbeli intervallumban közel 40%, 2100-ig pedig több, mint 60% lehet a csökkenés. A téli maximumok tartós 0 °C felett maradása a hó halmazállapotú csapadék ritkulását vonhatják maguk után, amely a városi hatás következtében még fokozottabban lehet jelen. Ezt támasztja alá a zord napok arányának megváltozása is. Éves átlagban -10 °C alatt mindössze néhány napon volt a minimumhőmérséklet 2009-ig. A szimulációk felhasználásával számolt indexek kontroll időszak és 2021-2050, illetve 2071-2100 tartó időszakok közötti várható eltéréseinek eredményei alapján a zord napok előfordulása szintén feltételezhetően csökkenni fog, viszont a két időszak között nincs jelentős eltérés. Ez azonban nem jelenti azt, hogy a várható

változás jelentéktelen lenne, ugyanis a csökkenés mértéke nagyjából megegyezik az előfordulás mértékével, vagyis előfordulhat az index teljes eltűnése egy-egy évben.

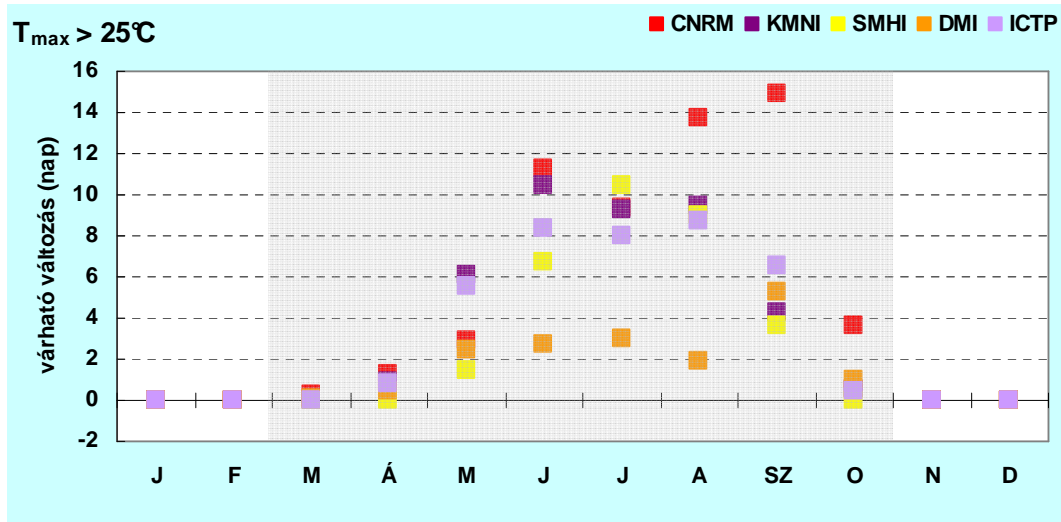
A következőkben a nyári félévre jellemző indexek várható változását vizsgáljuk meg. Annak ellenére, hogy a műemlékek egész évben várják a turistákat, a legforgalmasabb évszak a nyár. A globális klímaváltozás mértékével azonban ez az arány átrendeződhet, ezért fontos figyelembe venni a nyári félévre jellemző indexek feltételezhető megváltozását is.



37. ábra. A nyári napok számának változása 2021-2050-re az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest Budapesten

A 37. ábrán a nyári napok számának várható változása látható 2050-ig. A grafikon a nyári félévben erős növekedést mutat, amely akár már márciusban, de jellemzően inkább áprilisban elkezdődhet. Májusban és júliusban egyes modellek szerint csökkenés is előfordulhat, azonban ezt követően a nyári és kora őszi időszakban emelkedés várható.

A validáció alkalmával a CNRM modellje mutatkozott a legpontosabbnak, amely 2050-ig egy átmeneti – májusi – visszaesés után markáns növekedést valószínűsít az index számában. Ez főként az augusztusi, illetve szeptemberi napokra vonatkozik, amikor is a szimuláció közel kétszeres értéket eredményez. A többi modell visszafogottabb erősödést mutat – az előzővel ellentétben júniusra várja a maximumot – amely a jelenlegi értékek kb. 40%-a átlagosan.



38. ábra. A nyári napok számának változása 2071-2100-ra az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest Budapesten

Ez a növekvő tendencia marad meg a távolabbi jövőre nézve is (38. ábra), amelynek mértéke viszont erősödést jelez. A legextrémebb emelkedést ebben az időintervallumban is az ALADIN modell mutatja, szintén augusztusra és szeptemberre, elérheti a 14-16 napot a gyarapodás és még októberre is plusz négy napos többlet lehetséges. A többi szimuláció itt is némiképp elmarad az ALADIN által jelzett várható változástól, de a korábbi időszak értékeit meghaladja.

Az első nyári nap mindkét időszakban már márciusban is megjelenhet, amelyre 1990-ig nem volt példa. Bár várhatóan erre kicsi az esély, egy-egy évben mégis előfordulhat ilyen korai bekövetkezés.

A hőségnapok számát tekintve hasonló eredményt kaptunk. A várható változás ez esetben is egyértelműen pozitív irányú, mértéke nagyjából megegyezik a nyári napokéval. Az ebben az esetben is legpontosabban becsülő CNRM által futtatott regionális modell vetíti előre a legnagyobb növekedést. Eszerint a legradikálisabb változás júliusban, augusztusban és szeptemberben következhet be, 2050-ig 15, míg 2100-ig akár 21 nappal is több hőségnap lehetséges augusztusban. A többi futtatás idősorából kisebb mértékű változásokra lehet következtetni, a közelebbi jövőre vonatkozóan maximum plusz öt napos lehet az emelkedés, a távolabbi jövőben azonban már 5-10 napos különbség is valószínű. Emellett a másik különbség az első megjelenésben mutatkozik. Míg a kontroll időszakban leggyakrabban május végén következett be az első $30^{\circ}C$ feletti maximum, addig a 2071-2100 közötti intervallumban ez az időpont már akár áprilusra is kitolódhat.

A forró napok száma ugyancsak növekedést mutat. Az előzőekhez hasonlóan a CNRM által futtatott modellje várja a legnagyobb változást, amely 2100-ig akár 16-18 nap is lehet maximálisan. A validációs számításokból kiderült, hogy a vizsgált modellek a DMI kivételével elég megbízhatóak voltak. Az ALADIN kiugró értékei mellett a többi modell esetében a várható eltérés 2050-ig csupán plusz egy-két, a század végéig pedig három-négy nappal emelkedhet átlagosan.

Az esti szabadtéri programok tervezésénél lehet érdemes figyelni a túl meleg éjszakák számának változását. A kontroll időszakban csak a legmelegebb nyári hónapokban megjelenő index radikális eltérést mutat 2100-ig. A század közepére, májusra, míg a végére akár már áprilisra beköszönhet az első 20 °C feletti minimummal rendelkező éjszaka, az utolsóra pedig októberben kerülhet sor.

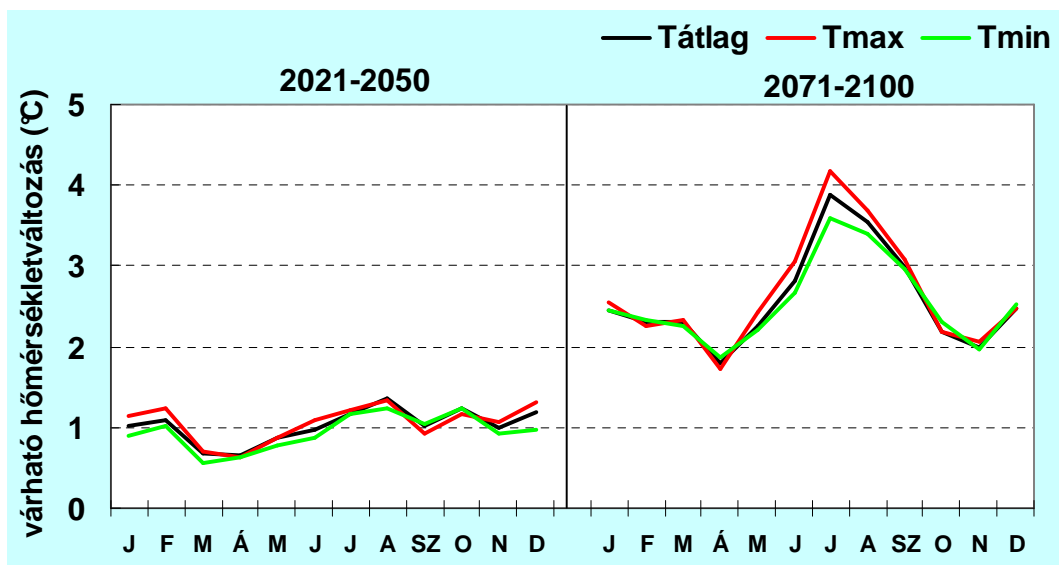
1990-ig csak a három nyári hónapban fordult elő, s mindössze egy-egy alkalommal ez az index, addig ez az arány bár 2050-ig valószínűleg jelentősen nem változik, viszont a megjelenésének intervalluma jelentősen növekedhet.

Mennyiségi változás inkább csak a század második felében tapasztalható. A növekedés nagysága várhatóan júliusban lesz maximális, ekkor a jelenleg mért több, mint háromszorosa is lehet a meleg éjszakák száma a legpontosabb, KMNI által futtatott RACMO regionális klímamodell szerint. Ennél a CNRM még nagyobb változást valószínűsít, az SMHI és az ICTP pedig valamivel kevesebbet. A jócskán felülbecslő DMI a RACMO-hoz hasonló eredményeket produkált.

Az indexek várható változása alapján megfogalmazható az a gondolat, miszerint a nyári meleg fokozódik, szezonja pedig hosszabb lesz. A hosszabb ideig tartó „jó idő” a turistaszezon megnyúlását vonhatja maga után, azonban a nyári hőségnek kedvezőtlen hatásai is lehetnek.

A modellek szimulált idősora alapján számolt átlagos hőmérsékleti változás az 39. ábrán látható. Megfigyelhető, hogy a hőmérséklet növekedése évszakonként nem egyenletes, s a minimum-, átlag- és maximumhőmérsékletek is eltérő mértékű várható változást mutatnak.

A közeli jövőben átlagosan 1 °C körüli hőmérsékletnövekedésre lehet számítani. Tavasszal ennél kisebb, nyáron és októberben pedig ennél nagyobb lehet a változás. A minimumok változhatnak legkevésbé a három hőmérséklet közül, csak az őszi időszakban emelkedhetnek leginkább a jelenlegihez viszonyítva a minimumok. A maximum hőmérsékletek ezzel ellentétben várhatóan az év nagy részében a legnagyobb eltérést mutatják, az átlaghőmérsékletek pedig csak augusztusban.



39. ábra. Az átlag-, a maximum- és a minimumhőmérséklet változása 2021-2050-re és 2071-2100-ra a kontrollidőszakhoz viszonyítva a modelleredmények átlaga alapján, Budapesten

A távolabbi jövőt tekintve a változások markánsabbá és elkülönülőbbé válhatnak. A hőmérsékletek 2-4 fokot változhatnak a század végére, amely maximumát nyáron veszi fel. A grafikon két minimumot mutat, az első tavasszal, áprilisban következhet be, a második ősszel, novemberben. A három görbe szinte azonos változást mutat az év nagy részében, jelentősebben csak nyáron válnak el egymástól, amikor a maximumok leginkább, a minimumok legkevésbé mutatnak emelkedést.

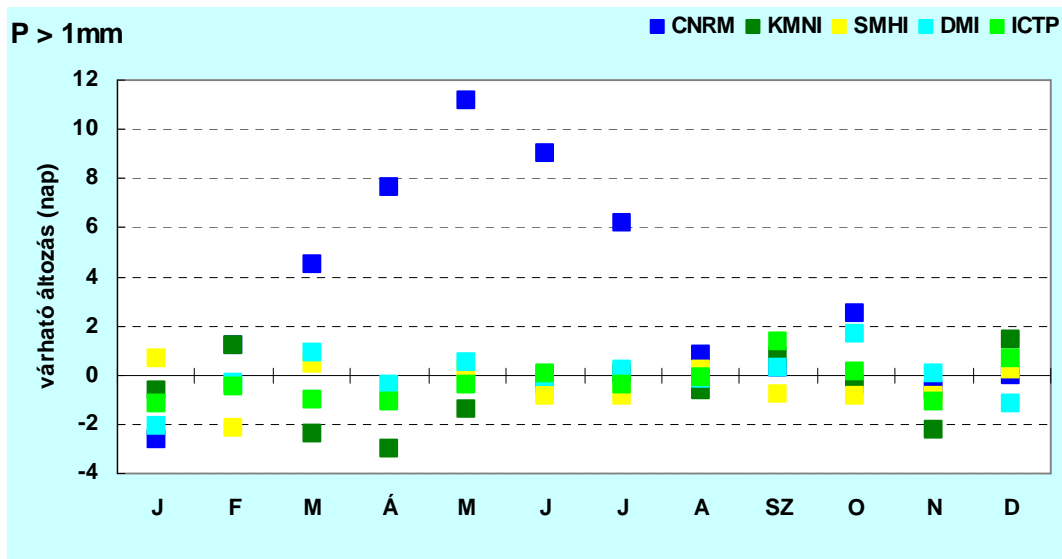
A hőmérsékleti hatások mellett a legfontosabb mégis a csapadék viszonyok ismerete, ugyanis ez a szabadtéri programok látogatottságát leginkább befolyásoló tényező.

A legalább nyomnyi, azaz 0,1 mm-t meghaladó csapadékos napok száma éves átlagban valószínűleg nem változik jelentősen, azonban évszakos átrendeződés bekövetkezhet. Tavasszal és nyár elején – jelenleg erre az időszakra esik a csapadékmennyiség elsődleges maximuma – csökkenhet a csapadékos napok száma, majd átmeneti stagnálás és rövid növekedés után az ősz közepétől – amely a csapadékmennyiség másodlagos maximumának időszaka – újra csökkenés jelenhet meg.

Mindkét vizsgált időszakra a fenti változások jellemzőek, eltérés csak a változás mértékében van. 2050-ig az 0,1 mm-t meghaladó csapadékos napok száma

mintegy 10-15%-kal eshet vissza. Ez alól csak a nyár végi, őszi eleji átmeneti időszak képezhet kivételt, amikor is szeptemberben az index ugyanekkora mértékkel nőhet.

A távolabbi jövőben ez az arány 10-30% között változhat, nem olyan kiegyenlített a csökkenés éves eloszlása, mint a korábbi időszakban. Télén kisebb, nyáron nagyobb lehet a csökkenés mértéke. A szeptemberi növekedés pedig szinte teljesen eltűnhet, a modellek többsége kis csökkenést valószínűsít.



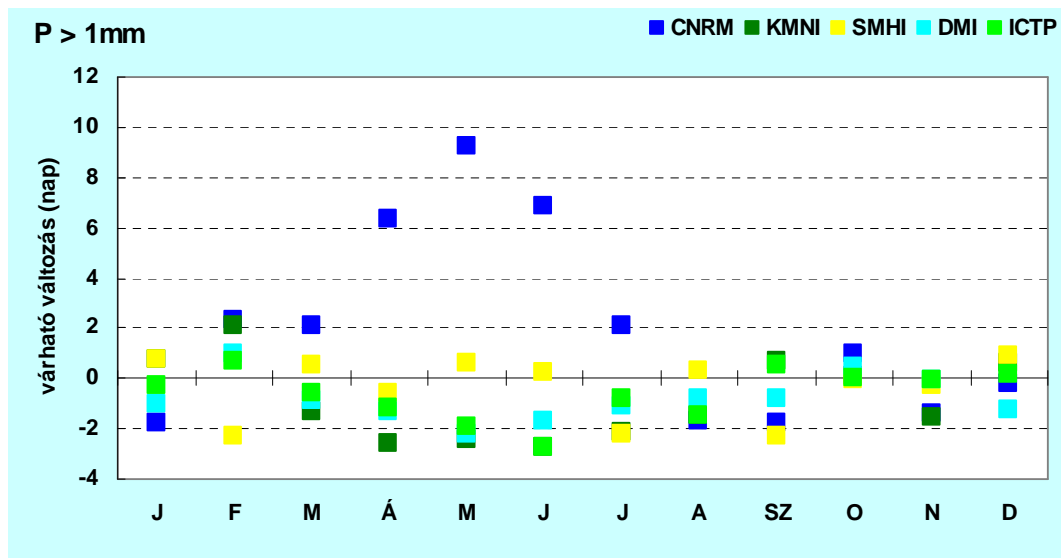
40. ábra. Az 1 mm-t meghaladó csapadékú napok számának változása az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest 2021-2050-re Budapesten

Az 40. és 41. ábrán az 1 mm-t meghaladó csapadékos napok számának várható változása látható 2021-2050, illetve 2071-2100 között. A változás trendje hasonló, mint az előző esetben. A század közepéig a változás mértéke 10% körüli lehet. A modellek többsége csökkenést jelez előre a tavaszi időszakra, nyáron nem mutatnak jelentős változást, majd ősszel az évszak eleji növekedést a végén csökkenés válthatja fel.

2100-ig ezek a különbségek kissé erősödnek, a különbség elérheti a 20%-ot, emellett a modellek egybehangzóbban jelzik a várható változásokat. Februárban átmeneti növekedés figyelhető meg, amely átlagosan 10-20% lehet. Azonban a 2050-ig feltételezhető szeptemberi és októberi növekedés mértéke csökkenhet.

Mindkét esetben megfigyelhető a grafikonokon, hogy a CNRM által futtatott regionális klímamodell – amelynek eredményei a validáció során nem tértek el jelentősen a többi eredménytől – radikális növekedést jósol az index várható

alakulásában tavasszal és nyáron, ősszel és télen pedig belesimul a többi modell idősorából kapott eredménybe.

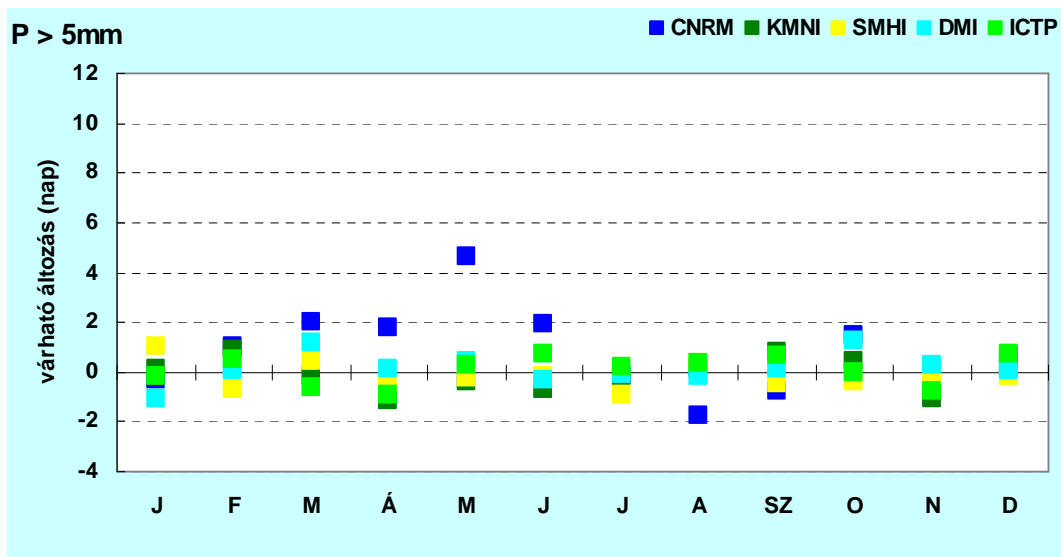


41. ábra. Az 1 mm-t meghaladó csapadékú napok számának változása az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest 2071-2100-ra Budapesten

Ettől valamivel kisebb skálán mozog az 5 mm-t meghaladó csapadékú napok számának várható változása, habár előfordulásának gyakorisága nagyjából csak fele akkora, mint az előzőekben tárgyalt indexnek.

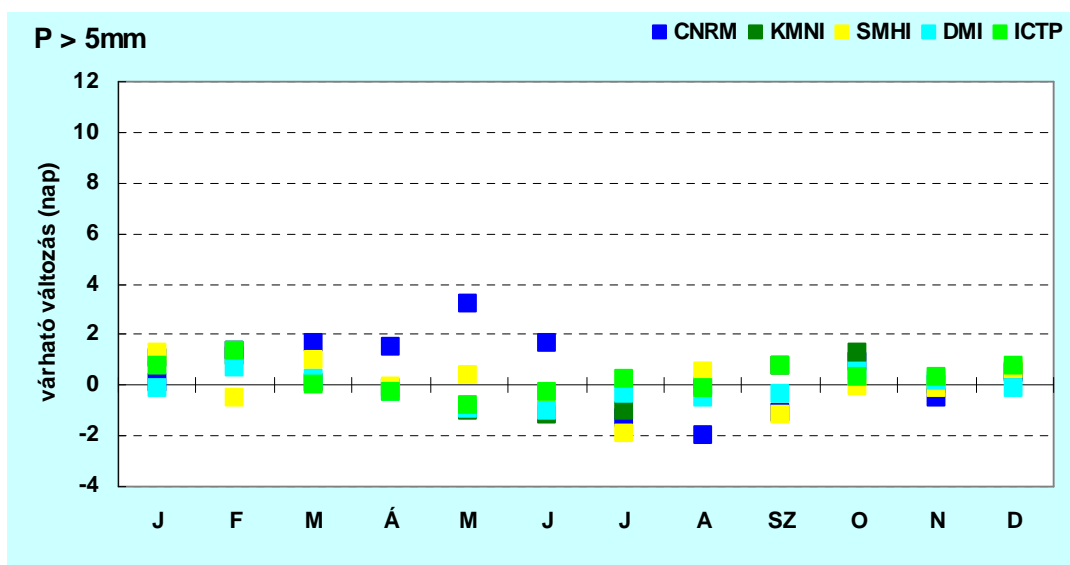
A két időintervallumra vonatkozó grafikont a 42. és 43. ábra jeleníti meg. Az előrelátható évszakos átrendeződés itt is megfigyelhető, a korábbi időszakban a várható ősz eleji növekedés és a tavasz és ősz végi csökkenés egyaránt megjelenik, emellett pedig felfedezhető egy februárt és márciust érintő lehetséges átmeneti gyarapodás.

A legpontosabban becsülő modellek a CNRM és – a nyár kivételével – a DMI által futtatott klímamodellek voltak. A változást tekintve ugyan nem adnak azonos képet, a tendenciájuk megegyezik. Az ALADIN most is nagy növekedést valószínűsít az év első felére, s csökkenést a másodikra, a DMI pedig a tavaszi és őszi növekedést a nyári stagnálást és téli csökkenést feltételezi.



42. ábra. Az 5 mm-t meghaladó csapadékú napok számának változása az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest 2021-2050-re Budapesten

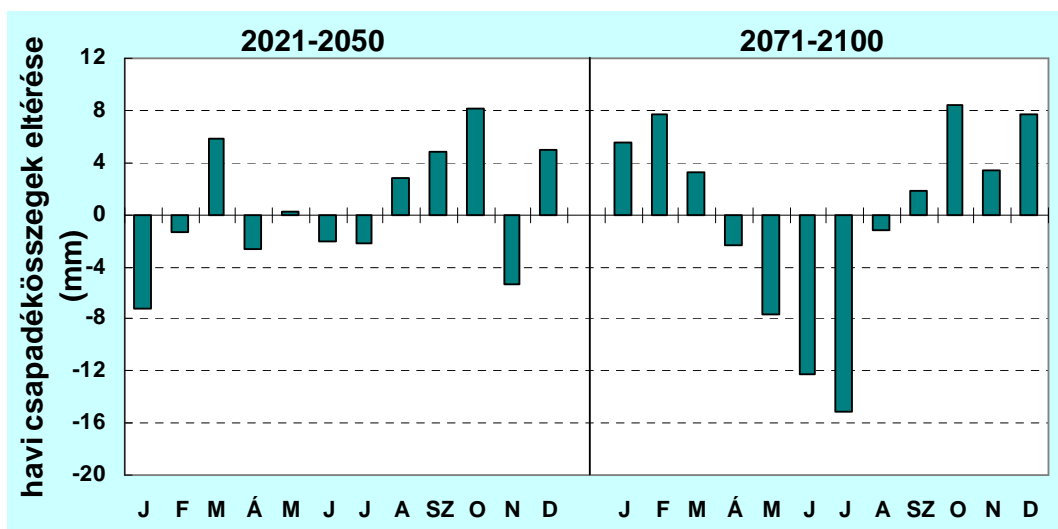
A század végi periódus grafikonján (43. ábra) szintén a CNRM modelljének jelentős eltérése, s a fent leírt évszakos átalakulás rajzolódik ki. A különbségek mértéke valószínűleg nem nagyon változik az előző időszakhoz képest. A szimulált idősorok felhasználásával meghatározott indexek eltéréséből adódó eredmények nagyjából összhangban vannak a pozitív, illetve negatív irányú különbségek előrejelzése terén.



43. ábra. Az 5 mm-t meghaladó csapadékú napok számának változása az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest 2071-2100-ra Budapesten

A nagy és extrém csapadéku napok várható változásának menete azonban nem követi a kisebb csapadékok feltételezhető jövőbeli alakulását. A nagy, azaz a 10 mm-t meghaladó csapadéku napok átlagosan gyakoribbá válhatnak szinte egész évben, csak tavasszal kisebb ennek a valószínűsége. Ellenben a század végére ez megváltozni látszik. A nyári félévben kisebb mértékű, vagy éppen csökkenő lehet a tendencia, a téli félévben pedig jelentős növekedés következhet be. Februárra datálódik a legintenzívebb növekedés, akár a duplájára nőhet az esetek száma.

Az extrém csapadékos napok esetében pedig még ennél is intenzívebb átalakulásról beszélhetünk. 2050-ig az index értékében egyértelmű növekedés várható az egész év folyamán, 50% körüli aránnyal. A CNRM és a DMI által futtatott modellek idősoraiból származó indexek változásának értékei akár három- négyszeres előfordulást is jelezhetnek. A század végéig pedig radikális átalakulás állhat be a 20 mm feletti csapadéku napokban. A téli félévben többszöröse lehet az extrém csapadéku napok száma, a nyári félévben ez az arány jóval kisebb, sőt egyes modellek az index csökkenését jósolják.



44. ábra. A havi csapadékösszegek 1961-1990-hez képest vett eltérése a modelleredmények átlaga alapján 2021-2050-re és 2071-2100-ra Budapesten

A csapadékhajlam évszagos átalakulása szintén jól nyomon követhető a havi csapadékösszegek változásának figyelembe vételével (44. ábra). A grafikon a 2021-2050 közötti időszakra még nem ad egyértelmű strukturális feltételezhető változást, az első félévben inkább csökkenő lehet a tendencia, csak márciusra mutatkozhat csapadéknövekedés. Augusztustól pedig éppen fordítva, november

kivételével a csapadékösszeg nőhet. A változás aránya mindkét irányba nagyjából – maximum – 8 mm körül lehet.

2071-2100 között viszont megjelenik az indexekben is felfedezhető struktúra. A nyári minimum eléréséig a csapadékösszegek csökkenhetnek, amely csökkenés már a tavaszi időszakban beindulhat. A kora őszi kevesebb csapadék után pedig a téli félévben növekedés lehetséges. A várható változás mértéke nagyobb az előző 30 éves időszakéhoz képest, 8-16 mm közötti lehet.

Ez a feltételezhető változó struktúra fontos információ a jövő csapadékviszonyairól, ugyanis jelenleg az éghajlatból adódóan a fent látható szárazabbá váló időszakban hullik az évi csapadékmennyiség java.

4.2.2. A várható változás turisztikai hatása Budapestre

Budapest fővároshoz méltóan nagyon széles turisztikai kínálattal rendelkezik. Turisztikai szempontból az ország legnagyobb bevételi forrása, a szálláshelykínálat egyharmada található itt. Ezért fontos a jelenlegi turisztikai kínálat fejlesztése és szélesítése. Minden évszakban megtalálhatóak az adott klimatikus viszonyokra jellemző programok, télen éppúgy, mint nyáron. Az éghajlat várható változása a turisztikai kínálat széles palettájára eltérő hatással lehet. Egyes ágazatokra pozitív, míg másra negatív befolyással bír.

Budapesten a kulturális programok és a látnivalók mellett sípálya és műjégpálya is működik, a közeli hegyekben kirándulási lehetőség várja a természetjárókat, emellett pedig a város rendelkezik több stranddal, gyógyfürdővel és egy vízi élményparkkal is.

Várhatóan a jövő éghajlatát figyelembe véve a legkedvezőtlenebbül a téli programok változhatnak, azaz a sí és korcsolya szezon. Budapest XII. kerületében, a Normafán található a város sípályája, amely Buda nyugati határában terül el. A sísport már a XIX. század végén jelen volt a hegyen, a harmincas években közkedvelt úri szabadidős tevékenység volt, a nyolcvanas években még hóágyú, később pedig felvonó is üzemelt. Azonban a hóban nem túl gazdag pályát ma már inkább csak oktatási célokra használják. A hőmérsékleti indexek várható változása pedig szintén azt erősíti meg, hogy a hó formájában hulló csapadék a jövőben ritkulhat, bár a csapadékhajlam télen növekedni látszik.

Budapest legrégebbi és legnagyobb fedetlen műjégpályája a város szívében található – amely nyáron csónakázó tóként működik – használatához 10 °C alatti maximumhőmérséklet szükséges. Ugyan a hőmérsékleti indexek alapján a várható változás nem befolyásolja lényegesen a jégpálya jegének esetleges minőségbeli romlását, azonban a nyitva tartás hossza rövidülhet. A megfelelő hőmérséklet később következhet be, illetve tavasszal korábban jöhet a melegezés, amelyet a pálya hűtőrendszere már nem bír ellensúlyozni.

Ugyanakkor a hosszabb meleg szezon, a korábban bekövetkező kitavasodás és a nyári napok őszi közepéig való elhúzódása, ezzel párhuzamosan pedig a csapadékos napok számának átrendeződése a szabadtéri programoknak és a kirándulóknak kedvezhet. Azonban a túl hosszú csapadékmentes időszakok kedvezőtlenül is hathatnak. A természetben tűzgyújtási tilalom léphet életbe, emellett pedig a pollen is megszaporodhat a levegőben, amely az allergiás tünetek erősödéséhez vezethet.

A város fő turisztikai irányvonala a magyar kulturális örökség, műemlékek megtekintésén alapszik. Tavasztól őszi fesztiválokkal (pl. Budapesti Tavasz Fesztivál, Nyár a Lánchídon, Budapesti Őszi Fesztivál, Sziget Fesztivál stb.), előadásokkal várják a magyar és külföldi érdeklődőket egyaránt. A belvárosban a turisták városnéző körutakon vehetnek részt, amely nyitott autóbuszokon idegenvezető tájékoztatójával történik (ez főként a külföldi vendégek körében kedvelt). Mivel a városban a hangsúly nem a kizárólag nyáron végezhető szabadidős tevékenységekre helyeződik, s a külföldi vendégek túlsúlyban vannak – a magyar látogatókhoz viszonyítva – ezért a látogatottság tavasztól őszi folyamatos.

A városban az ország politikai és gazdasági központja révén jelentős súllyal bír a munkához kötődő üzleti turizmus is. Az ezt kiszolgáló területek azonban még fejlesztésre szorulnak: a repülőtér és a tömegközlekedés idegenforgalmi szempontok szerinti innovációja, valamint konferenciaközpontok létesítése.

Jelenleg egységesen – ha az időjárás megfelelő – május 1-én nyitnak az időszakosan üzemelő szabadtéri strandok és gyógyfürdők. A fürdők egyre fontosabb szerepet töltenek be a városi idegenforgalomban is, ezért színvonaluk növelése a forgalom növekedésének egyik feltétele. Mivel a városban természetes vízi fürdési lehetőség nincs, a medencék vizének hőmérsékletéért pedig nem a levegő melegsége felelős, ezért a strandszezon kezdete pusztán a léghőmérséklet függvénye (ezért sok helyen egész évben nyitva tartanak). A vizsgálatból kiderül, hogy a nyári félévre

jellemző indexek egyre hosszabb időintervallumban jelenhetnek meg, ezért ebből kifolyólag valószínűsíthető, hogy a század végére a budapesti strandszezon is hosszabb lesz. Ez pozitívként könyvelhető el, viszont emellett a melegedésnek negatív hatásai is lehetnek. A fokozódó nappali maximumhőmérsékletek veszélyeket is rejtnek. A napsugárzás káros hatásai fokozódhatnak, nőhet az UV sugárzás. Ezen kívül a belváros magas épületei között megreked a levegő, ha nincs légmozgás a hőérzet fokozódik, így csökkentve az emberek komfortérzetét.

Mivel várhatóan a nyári hőmérsékletek a század végéig folyamatosan fokozódnak, a hőség kedvezőtlen élettani hatásainak ellensúlyozására fokozottan ügyelni kell, a káros egészségügyi következmények visszaszorítása érdekében. Egyre gyakoribbá válhatnak az úgynevezett hőségriadók, amelyek kiadása abban az esetben következik be, ha a napi középhőmérséklet $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ felett van.

A turizmussal összefüggésbe hozható a túl meleg éjszakák számának várható növekedését is. Pozitív és negatív érveket egyaránt fel lehet hozni ezzel kapcsolatban. A turistaszezonban bőven akad esti, éjszakai rendezvény is, sok a szórakozási lehetőség, de egy esti séta ugyanúgy megemlíthető, amikor a nappali hőség után kellemes lehet az enyhe éjszaka, illetve vonzó tényező lehet egy-egy rendezvény számára is. Ellenben ha nem hűl le eléggé a levegő, és $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ felett marad egész éjjel, az károsan befolyásolja az emberi szervezet pihenésének minőségét. Erre kínál megoldás az egyre gyarapodó légkondicionálóval ellátott szállás, azonban ezeknek a berendezéseknek is vannak egészségügyi kockázatai.

A nyári félév csapadékszegényebb volta szintén fokozhatja a turisták bizonyos rendezvények iránt tanúsított érdeklődését, ugyanis a szárazabb napok miatt nagyobb biztonsággal lehet a szabadtéri programokat megszervezni. Bár a legtöbb esetben esőnappal is számolnak a rendezők, ha ezek kihasználására ritkábban van szükség, az a látogatottságra pozitív hatással lehet.

Ugyanakkor negatívként hozhatóak fel a viszonylag hirtelen kialakuló viharok, amelyek ugyan ritkábban alakulnak ki, de annál intenzívebbek lehetnek: nagyobb mennyiségű csapadék hullhat le egyszerre zivatarjelenséggel kísérve, illetve a jégeső előfordulása is gyakrabban lehetséges a század végéig. Az utóbbi években ez egyre nagyobb veszélyt jelent, mivel a szupercellákból hirtelen kialakuló záporok, zivatarok erejét nehéz előre felmérni, s az idegen környezetben a turisták ezáltal fokozott veszélynek vannak kitéve.

Az vizsgálat alapján Budapest turisztikai miliójére az éghajlatváltozás inkább pozitívumként hathat a „meleg” szezon meghosszabbodása következtében. Nagyobb időintervallum áll rendelkezésre szabadtéri rendezvények szervezésére, illetve a műkincsek, kulturális örökség megtekintésére.

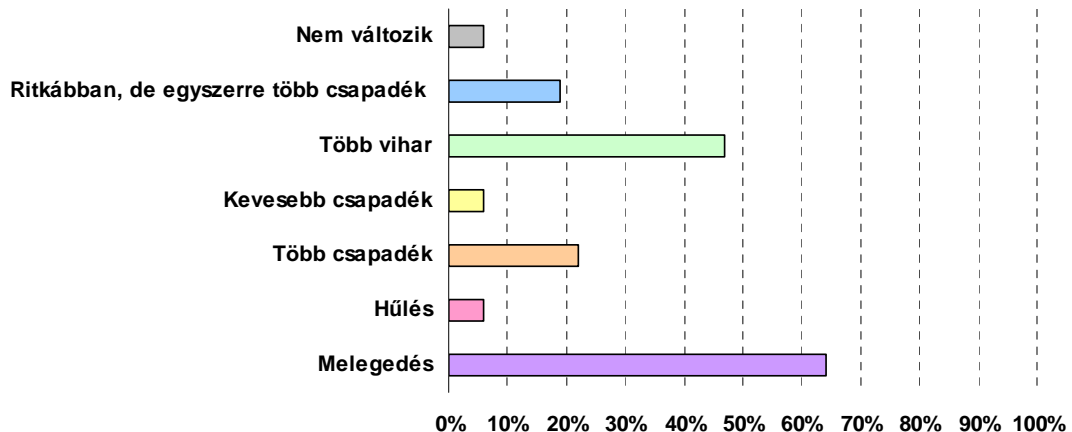
A 2007-2013 közötti Európai Uniók tervezési időszakban jelentős szerepet kap a turisztika Magyarországon, ennek köszönhetően valósulhatnak meg nagymértékű innovációs eljárások. A már említett szempontokon kívül a fejlesztések területén megvalósításra vár a turisztikai látványosságok folyamatos állagmegóvása, sétáló utcák létesítése, a kerékpáros úthálózat növelése, szórakozási lehetőségek bővítése és színvonalának javítása, valamint a turistáknak tájékoztató és irányító táblák kihelyezése (Magyar Turizmus Zrt, 2006b).

4.2.3. A budapesti közvélemény-kutatás eredményei

A nem reprezentatív felmérés keretében egy viszonylag szűk kört kérdeztünk meg, a budapesti turizmusban dolgozókat. Az utazási irodák – amelyek budapesti idegenforgalommal is foglalkoznak – néhány munkatársát, budapesti hotelek személyzetét, illetve a városnéző körutazások szervezésével foglalkozó cégek alkalmazottait kértük meg a kérdőívek kitöltésére. Ennek eredményeként 36 kérdőívet sikerült összegyűjteni. A kis esetszám miatt egyértelmű következtetések nem vonhatóak le, azonban valamelyest képet kapunk a Budapest idegenforgalmában dolgozók időjáráshoz való hozzáállásáról. Arra voltunk kíváncsiak, vajon mennyire veszik figyelembe a lehetséges időjárást a programjaik szervezésekor, emellett pedig személyes véleményre vonatkozó kérdések is szerepeltek az összeállításban.

A kérdéssor első felében az egyéni tapasztalatok és vélemények kerültek előtérbe. A válaszok alapján a megkérdezettek mindegyike hallott már a globális felmelegedésről, s 1 vélemény kivételével úgy is gondolják, hogy ez hatással van Budapest időjárására, amelynek hatását 75% érzi. A következő évekre vonatkozó változások az 45. ábrán láthatóak. Megfigyelhető, hogy a legtöbb válaszadó melegebbé és több vihart vár. A melegedés mértékét 58% nem tartja túl jelentősnek, 31% viszont igen. Emellett a válaszadók 22%-a több csapadékra számít, míg kevesebbre csak 6%. Mivel a turizmus főként a nyári félévben van jelen Budapesten, amelyre a klímamodellek idősora felhasználásával végzett számítások alapján

csökkenő csapadéktrend valószínűsíthető, így ez ellentétben áll az emberek véleményével.

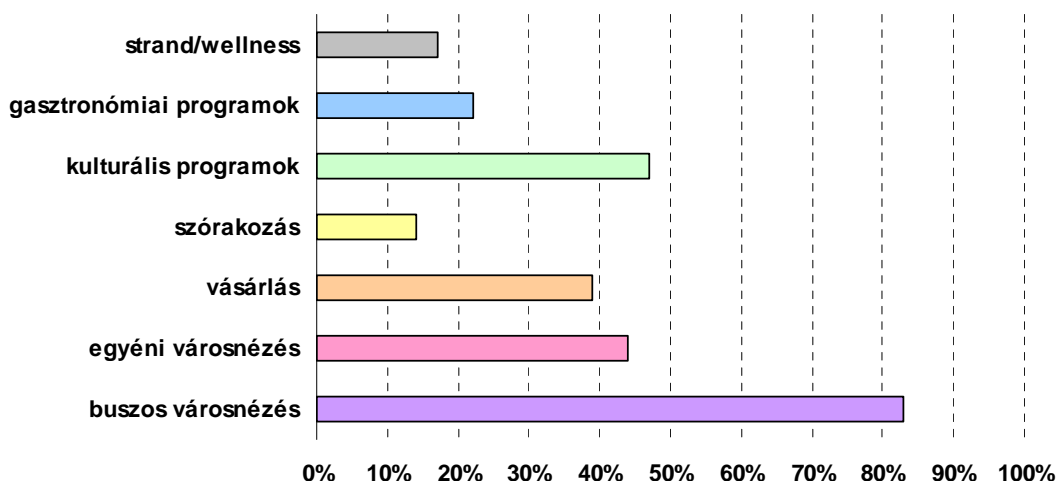


45. ábra. Az időjárás várható változása a megkérdezettek véleménye alapján, Budapesten

Érdekesség, hogy a legtöbben nem teszik függővé a turizmus alakulását a klímaváltozástól, 84% szerint semmilyen hatással nem lesz a várható melegedés az idegenforgalomra.

A következő kérdések az idegenforgalom nagyságára és évszakos eloszlására vonatkoztak. A válaszadók 86%-a szerint a turisták számát nem befolyásolja az éghajlatváltozás, és melegedés esetén sem lesz több vendég a városban, sőt sokan számítanak arra, hogy a melegedő idő a vízpartra csábítja az üdülőket. Az enyhülő telek esetében szintén ez a tendencia mutatkozik, ha nem lesznek olyan hidegek, mint korábban, az sem fogja befolyásolni a forgalom nagyságát, mondja a válaszadók 63%-a. Ettől függetlenül még így is nyáron tapasztalják a legnagyobb forgalmat, amelynek átalakulására több, mint kétharmad nem is számít a jövőben sem, függetlenül a klímaváltozástól. Akik úgy gondolják, hogy ez visszaveti a forgalmat, ők tavaszra, de inkább őszre teszik a maximális látogatói létszámot. A turisták nemzeti hovatartozása szempontjából a legtöbben azt állították, hogy a külföldi turisták jóval többen vannak Budapesten, mint a hazai látogatók.

Az időjárás a válaszok 61%-a szerint csak kevésbé befolyásolja az üdülőközönséget, s a veszélyes időjárási jelenségektől sem tartanak, azonban a megkérdezettek személyes véleménye alapján a város időjárására inkább a megbízhatatlanság jellemző, ebből fakadóan a szolgáltatók szerint napos időben van nagyobb forgalom, amely azonban kevésbé függ a hőmérséklet alakulásától.



46. ábra. A turisták által legjobban kedvelt tevékenységek megoszlása Budapesten

A turisták legkedveltebb tevékenységei a 46. ábrán vannak feltüntetve. Észrevehető, hogy a válaszok alapján sokan választják a szervezett városnéző körutakat, emellett pedig a legkedveltebb elfoglaltságokhoz az egyéni városnézés, a kulturális programok látogatása és a vásárlás tartozik.

Az utolsó kérdések a turisztikai szolgáltatás és az időjárás viszonyára kérdeztek rá. Közel azonos mértékben adnak időjárás előrejelzést a különböző turisztikai ágazatokban a vélemények alapján. A szállodák alapszolgáltatásai közé tartozik, hogy minden reggel írott formában közlik a vendégekkel az aznapra vonatkozó várható időjárást, de egyes utazási irodák és a városnéző körutak szervezői is adnak felvilágosítást igény esetén.

A programok és saját rendezvények tervezésekor 64% veszi figyelembe az időjárást, azonban a megkérdezett cégek egyhangúan tudnak programot ajánlani jó és rossz esetre egyaránt.

4.3. Várható éghajlatváltozás a Balatonon

A Balaton környéke Magyarország egyik kiemelt üdülőkörzete. Somogy, Veszprém és Zala megyét érinti, és mintegy 164 települést foglal magába. Területe megközelíti a 4000 km²-t, lakossága pedig majdnem 250 000 fő (Oláh, 2003).

A Balaton Közép-Európa legnagyobb édesvizű tava, 77 km hosszú, két nagy földtani-geomorfológiai egység határán terül el. Tőle északnyugatra a Dunántúli-középhegység emelkedik ki, délkeletre pedig a folyamatosan süllyedő Pannon-síkság

húzódik. Felszíni kiterjedése közel 600 km², átlagos mélysége 3,35 m (Cholnoky, 1936). Mivel sekély vizű, víztömege kevésnek mondható (kb. 2 km³), a hőmérsékletre való hatása kicsi, csak a közvetlen környezetében (kb. 1 km-es távolságig) érezhető.

A Balaton vize enyhén lúgos kémhatású (pH: 8,5), kémiai összetételében a magnézium- és hidrogén karbonát ionok jelenléte a legmeghatározóbb. A tó vizének hőmérséklete nyáron a 25 °C-ot is meghaladja, télen pedig gyakorta befagy, ekkor a hőmérséklete 0,5 – 1 °C körüli (Balaton Partnerségi Program, 2007).

A Balaton fejlődésének története során az óceáni, a szub-mediterrán és a kontinentális éghajlati hatások váltakoztak. Emiatt a hőmérsékleti és csapadékviszonyok nem azonosak az egész tó területén, melynek következtében a vegetáció is változik. A keleti medence (a Tihanyi-félszigettől keletre) a Pannon Flóra Birodalomba (Pannonicum) tartozik, míg a nyugati medence a Preillyr-be (Preillyricum) (Borbás 1900).

Turisztikai kínálatát tekintve a Balaton környéke nagyon széleskörű, amely 2000 óta sokat változott. Kerékpárutak épültek, elkészült az M7 autópálya, a sármelléki repülőtér, a strandokat és a kikötőket korszerűsítették, valamint a szállás és vendéglátás ágazatát fejlesztették. A fejlődés azonban nem volt egyenletes.

A problémát a mindössze 6-8 hetes főszezon jelenti, ugyanis a legfőbb vonzerő a strandolásban rejlik. Bár a léghőmérséklet megengedné már a hosszabb szezont is akár, a víz lassabb melegedése ezt gátolja. Emellett pedig a látogatottságot a strandok és a vendéglátóhelyek állapota befolyásolja, amelyeket az utóbbi időben folyamatosan fejlesztenek, de még akadnak olyan területek, amelyek színvonala javításra szorul. A fejlődés elengedhetetlen a turizmus növekedéséhez, ugyanis leginkább a strandok felszereltsége és kinézete adja a Balaton alapvető megítélését. Ezt támasztja alá, hogy míg 1 °C hőmérsékletváltozás esetén a vendégéjszakák száma alig változik, addig a strandok forgalma akár 10 %-kal is nőhet (Balatoni Integrációs Közhasznú Nonprofit Kft., 2009).

A szezonális turisztikai kínálat mellett vannak egész évben igénybe vehető szolgáltatások. Ilyen az egyre inkább teret hódító gyógyturizmus, valamint a wellness- és egészségturizmus. Fontos még a kongresszusi turizmus, azaz a munkához kapcsolódó utazás, s egyre fejlődik az alkonyturizmus, amely a nyugdíjas korosztály általában főszezonon kívüli utazásait jelenti. A tó környéke gazdag kulturális örökségekben, amelyek egész évben látogattak.

Az év nagy részében, kb. 6-8 hónapig elérhető a vízi turizmus, horgászat, ökoturizmus, borturizmus, lovas turizmus, kerékpáros turizmus, szabadidős és aktív sport turizmus. Illetve fejlődik a golfturizmus is.

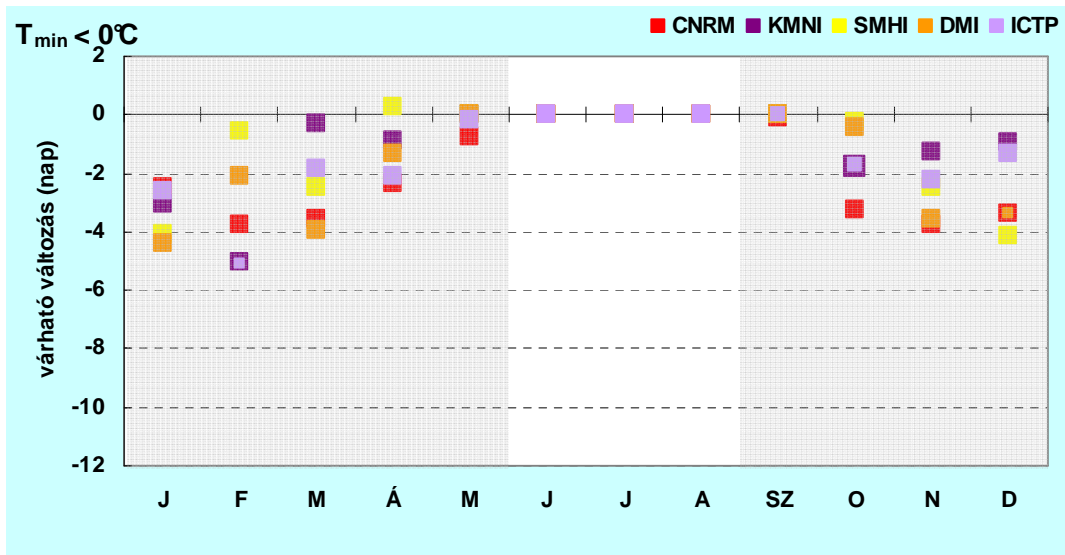
4.3.1. A modelleredmények által becsült klímaváltozás síófoki adatok alapján

Az előző két turisztikai régióhoz hasonlóan ebben az alfejezetben is a 2021-2050, illetve 2071-2100 közötti periódus 1961-1990 kontroll időszakhoz viszonyított várható változását elemezzük a kiválasztott hőmérsékleti és csapadékindexeken keresztül. A két időszakot ezúttal is egyszerre vizsgáljuk, először a téli, majd a nyári félévre jellemző hőmérsékleti indexekre, végül pedig a csapadékindexekre nézve. A vizsgálat után összegezve közöljük a lehetséges éghajlatváltozás idegenforgalomra gyakorolt következményeit.

Mivel a Balaton fő vonzási tényezője a strandolás, ezért itt a legfontosabbak a nyári félévre jellemző hőmérsékleti indexek, azonban jóval kisebb mértékben télen is színtere lehet a tó a szabadidős tevékenységeknek, mint a jégkorcsolyázás, a jégvitorlázás, vagy a régi idők kedvence, a fakutya. Mindehhez az szükséges, hogy a Balaton vize kellő vastagságúra befagyjon, és ez minél hosszabb ideig megmaradjon. Azonban a hőmérsékleti indexek nem mutatnak túl biztató jelet.

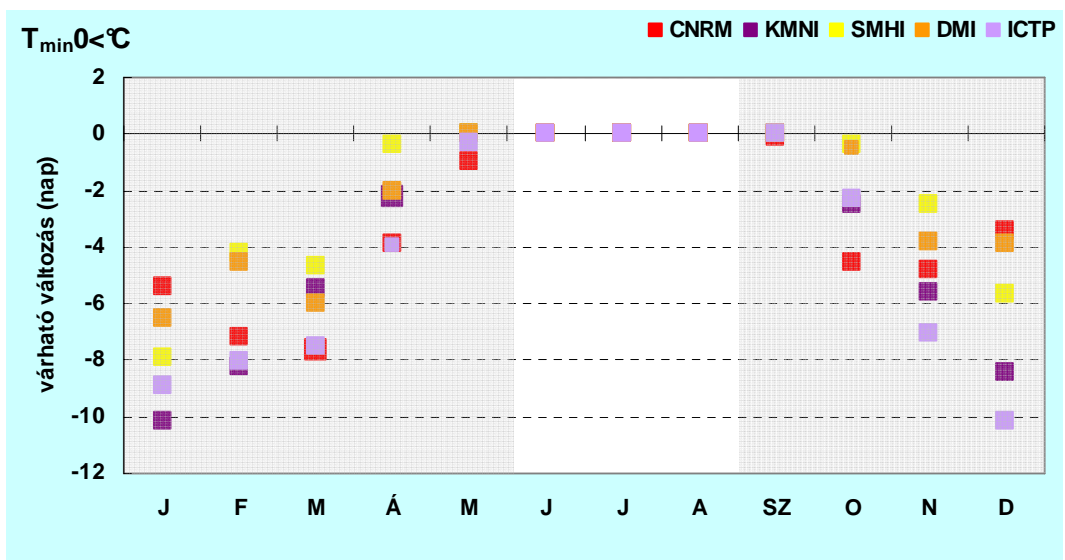
A vizsgálat során a fagyos, a téli és a zord napok számának változását néztük meg. Mindhárom esetben csökkenés figyelhető meg, a két jövőbeli intervallumra nézve eltérő intenzitással. A 47. és 48. ábrán a 2021 és 2050, illetve a 2071 és 2100 közötti várható változás tekinthető meg.

Fagyos nap gyakran előfordulhat még a „szeszélyes” áprilisban is, és egy-egy hidegebb év alkalmával már szeptemberben beköszönhet az első 0 °C alatti minimumhőmérséklet (47. ábra). A téli félévre jellemző indexek közül ez a leggyakoribb, azonban a grafikon tanúsága szerint erős csökkenés valószínűsíthető a számát tekintve.



47. ábra. A fagyos napok számának változása 2021-2050-re az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest Siófokon

A téli hónapokban legpontosabban becslő ALADIN átlagosan 2-4 nappal kevesebbet mutat az évszakra, a tavasszal és ősszel jól becslő DMI ezen időszakokra mindössze 1-1 nappal jelez kevesebbet. Kivételt a március képez, amikor várhatóan akár 4 napos csökkenéssel is számolhatunk. Összességében minden modell esetében csökkenő tendenciát lehet megfigyelni, 2050-re nagyjából negyedével csökkenhet a fagyos napok száma.



48. ábra. A fagyos napok számának változása 2071-2100-re az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest Siófokon

A távoli jövőre nézve a változások még inkább szembetűnőek (48. ábra). A csökkenés mértéke markánsabbá válhat, télen 5-10 nappal lehet kevesebb fagyos nap. Az ALADIN januárban és februárban nem számol a többihez képest olyan nagy visszaeséssel, ellenben a késő őszi és kora tavaszi időszakban igen. A téli szezon elején és végén pontosabb képet adó DMI és SMHI által futtatott regionális klímamodell idősorának felhasználásával számított indexértékek várható változása mérsékeltebb, mint a többi szimuláció esetében végzett előrejelzés.

A szimulációkból előállított eredmények elég széles skálán mozognak, viszont a havi előfordulás mértékéhez viszonyítva az a megállapítás tehető, hogy 2100-ra nagy eséllyel fordulhat elő olyan tél, amikor a fagyos napok felére, vagy még nagyobb mértékben csökkennek.

A téli napok száma a kontroll időszakhoz képest csökkenhet mindkét időszakban, azonban a fagyos napok számának várható változásában tapasztalt jelentős különbség itt nem lép fel. Az eredmény: 2050-ig a 0 °C-nál kisebb maximumhőmérsékletű napok harmadával csökkenhetnek, míg 2100-ig ez az arány már közel 50%-ra növekedhet.

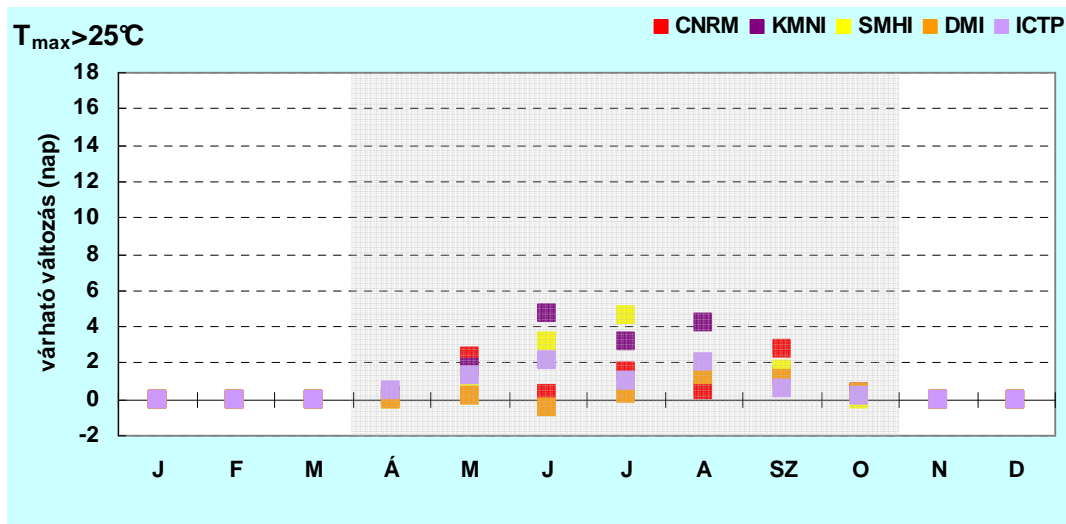
A zord napok a szimulációk alapján a korábbiakhoz hasonlóan szintén csökkenő tendenciát mutatnak. A két időszak eredményei között jelentős eltérés nincs, azonban ez annak is betudható, hogy a téli hónapokban csak havi 2-3 napon fordul elő -10 °C-nál alacsonyabb minimumhőmérséklet. A csökkenés várható mértéke így az előfordulási statisztikákat figyelembe véve annyit jelent, hogy valószínűleg nem lesz ritka az olyan év, amikor a -10 °C alatti minimumhőmérsékletű napok teljesen eltűnnek. Ezek alapján arra lehet következtetni, hogy a téli félévre jellemző indexek, azaz a negatív hőmérsékletű napok várható csökkenésével a Balaton vizének befagyására egyre csökken az esély, ezzel negatívan befolyásolva a téli szabadidős tevékenységeket.

Az első vizsgált nyári félévre jellemző index a nyári napok száma. Az 49. ábrán a 2021-2050 közötti időszakra, míg az 50. ábrán a 2071-2100-ra vonatkozó várható változás látható.

A közeli jövőben a változás áprilisban már előfordulhat, azonban csak egy-egy napra lehet jellemző 25 °C-nál melegebb maximumhőmérséklet. A késő tavaszi és nyári időszakban a növekedés mértéke egyre nagyobb lehet,

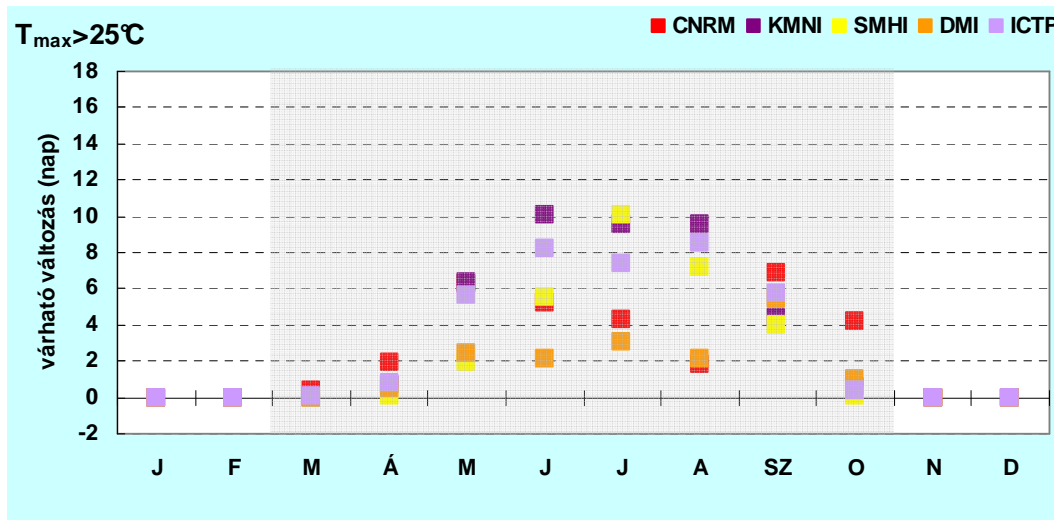
a legkiemelkedőbb június. Azonban a grafikonon észrevehető, hogy a DMI modellje áprilistól júniusig csökkenést mutat a nyári napok számában.

Nyáron a kontroll időszakban is 15-20 nap körül volt a nyári napok aránya havonta, amely a grafikon szerint 2050-re elérheti a 20-26 napot is, azaz előfordulhat, hogy egy-egy évben szinte az egész nyári időszakban 25 °C-ot meghaladó maximumokat mérhetnek.



49. ábra. A nyári napok számának változása 2021-2050-re az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest Siófokon

A validáció során az ECHAM meghajtással futó regionális klímamodellek voltak a legpontosabbak, melyek közül a KMNI jelen esetben az egyik legmarkánsabb változást valószínűsíti, az olasz futtatás mindössze 1-2 napos eltérést feltételez. Azonban, ha a távoli jövő várható alakulását nézzük (50. ábra), látható, hogy a változások erősödhetnek. Már márciusban megjelenhetnek a nyári napok, s egészen októberig előfordulhatnak. Mivel várhatóan korábban indul a melegedés, ezért a késő tavaszi hónapokban már jelentős, akár 6 napos eltérés is megfigyelhető. A legnagyobb változás ez esetben is júniusban várható, a mérések alapján ekkor még csak havi 12-14 napon volt 25 °C-nál melegebb, azonban a modellek szerint 2100-ra ez akár 10 nappal is több lehet. A modellek eredményeinek szórása elég nagy, de egyöntetű növekedést mutatnak. A mérési adatsorhoz legközelebb álló holland és olasz szimuláció feltételezi a legnagyobb melegedést, míg a dán csak néhány napos eltérést valószínűsít.

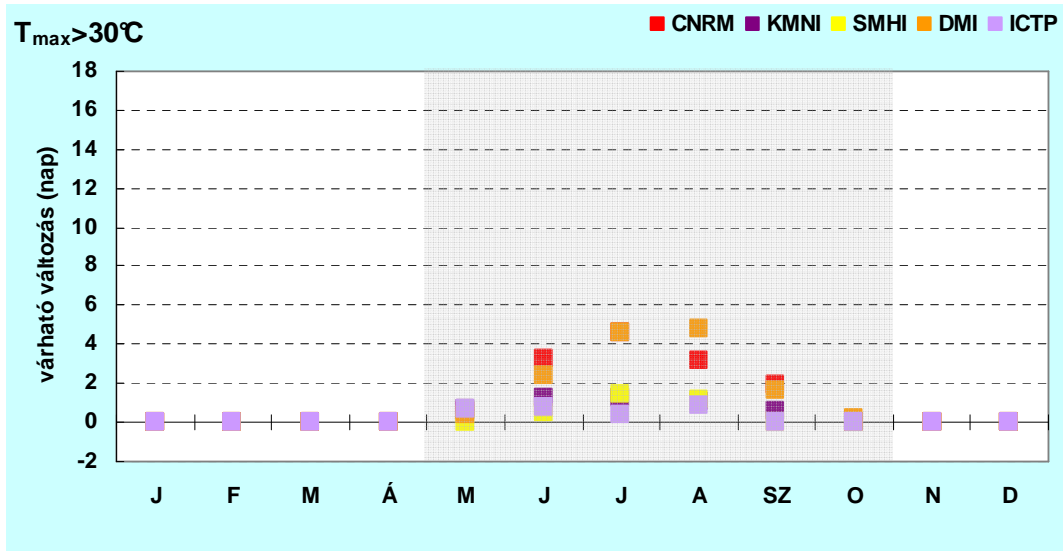


50. ábra. A nyári napok számának változása 2071-2100-ra az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest Siófokon

A melegedés mértéke a tavaszi, illetve őszi szezonban a legmeghatározóbb. A nyári napok várható korai megjelenésével a tavasz megrövidülhet, a nyár előbb köszönthet be, így meghosszabbítva az üdülési szezont.

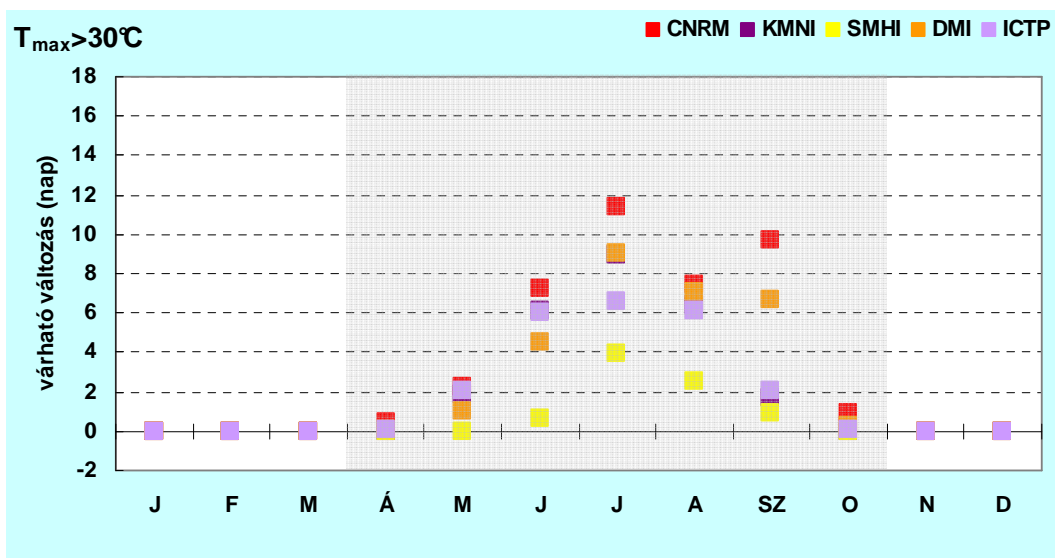
Az 51. és 52. ábra a hőségnapok számának várható változását mutatja be a két időszakra vonatkozóan. A 30 °C-nál melegebb maximummal rendelkező napok nagyban hozzájárulnak a strandolásra alkalmas vízhőmérséklet mielőbbi kialakulásához. A grafikon szerint a közeli jövőben májustól októberig lehet hőségnapokra számítani (51. ábra). A mért adatok statisztikája alapján júniustól augusztusig havonta 2-5 ilyen napot detektáltak. Egyes modellek idősora által számolt eredmények alapján ez a szám meg is duplázódhat, a DMI az év két legmelegebb hónapjában 5 napos változást feltételez.

A validáció során ebben az esetben is legpontosabban becsülő ECHAM által hajtott regionális modellek nem valószínűsítenek markáns változást 2050-ig, mindössze egy nappal mutatnak magasabb értéket. A legnagyobb eltérést a legnagyobb mértékben túlbecslő CNRM és DMI regionális modellek várják.



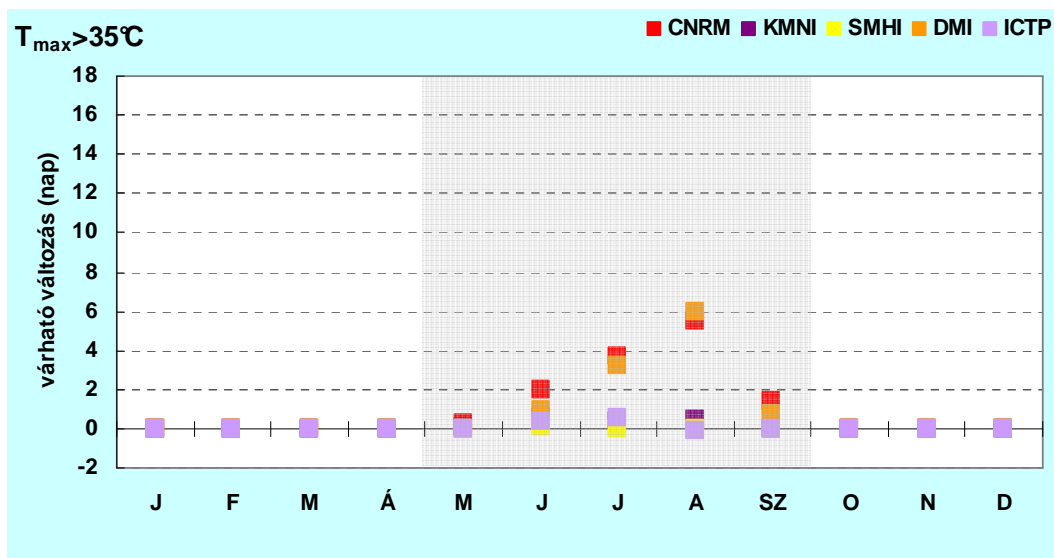
51. ábra. A hőségnapok számának változása 2021-2050-re az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest Siófokon

A távoli jövőre nézve azonban még jelentősebbek lehetnek a várható változások (52. ábra). Már áprilisban megjelenhetnek a $30^{\circ}C$ -ot meghaladó hőmérsékletek, amely a kontroll időszakban egyáltalán nem volt megfigyelhető, s még októberben is előfordulhatnak, a korábbi időszaktól eltérően nagyobb valószínűséggel. A francia és a dán modell becslése alapján a hőségnapok száma 2100-ra a jelenlegi értékek duplájával, vagy akár triplájával is növekedhet, de a legkisebb változást eredményező szimuláció is a hőségnapok kétszeresére számít az időszak végére.



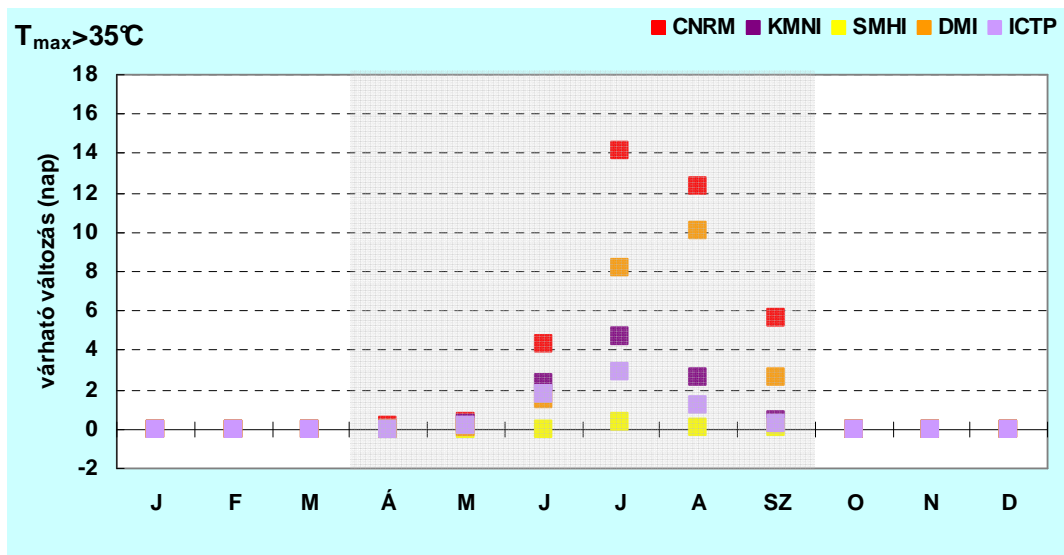
52. ábra. A hőségnapok számának változása 2071-2100-ra az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest Siófokon

A legpontosabban becslő RACMO és RegCM a vizsgált modellek időszoraiból előállított eredmények között közepes változást mutatnak. A nyári hónapokban ez 6-7 napot – kb. másfélszeres változás – jelent, azonban jelentősebb a tavaszi és őszi növekedés, amely a jelenlegihez képest három-, illetve akár hétszeres is lehet. Az ekkora mértékű változás már komolyan befolyásolhatja a nyári szezont, és a turisztikai tényezőket. Az index májusi megjelenése okot adhat arra a következtetésre, hogy a Balaton vize hamarabb melegedhet fel, a szeptemberi, illetve októberi eredmények pedig a későbbi lehülését vetítik előre.



53. ábra. A forró napok számának változása 2021-2050-re az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest Siófokon

Az 53. ábra a forró napok várható változását mutatja 2021-2050. Megjelenésének intervalluma valószínűleg májustól szeptemberig tart. Az 1961-1990 tartó kontroll időszakban csak július és augusztus hónapban detektáltak 35 °C feletti maximumhőmérsékletet – azonban 2009-ig már júniusban is megjelent –, viszont előfordulása nem volt minden évben megfigyelhető. A grafikon tanúsága alapján a legintenzívebb növekedést az ARPEGE által hajtott modellek várják, azonban ezek a validáció során is jóval túlbecsülték a mért értékeket. A pontosan becslő modellek – a KNMI és az ICTP modellje – nem jeleznek nagy növekedést.

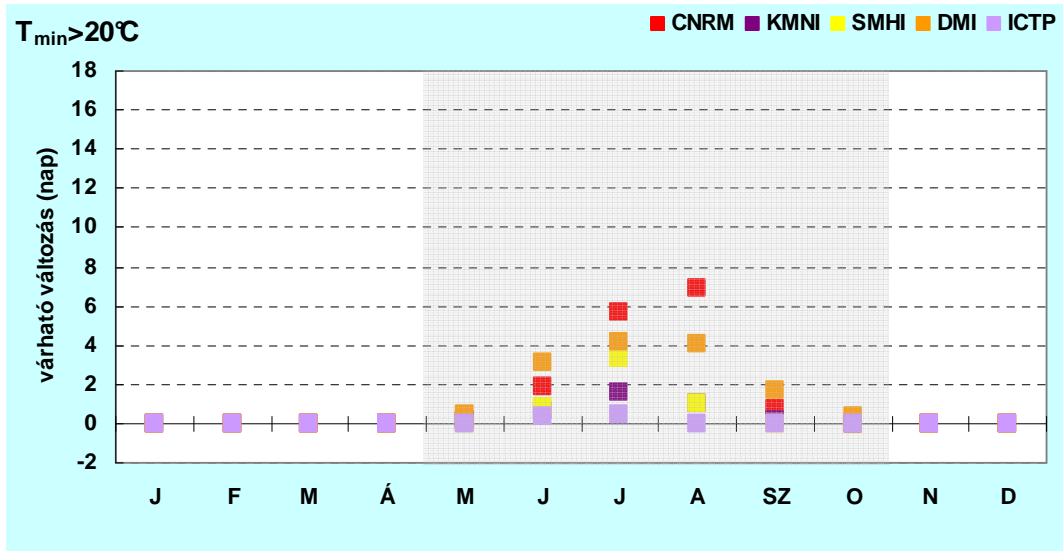


54. ábra. A forró napok számának változása 2071-2100-ra az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest Siófokon

Sokkal markánsabb a változás a távolabbi jövőre nézve (54. ábra). A forró napok megjelenésének dátuma korábbra tolódhat, egy-egy évben akár már áprilisban is elérheti a hőmérséklet a 35 °C-ot, de tartósabban inkább júniustól lehetnek forró napok. A három nyári hónapra a modellek többsége jelentős növekedést feltételez, az ALADIN és HIRHAM akár 8-14 napos változást is valószínűsít a legforróbb időszakra, amely a kontroll időszak értékeinek dupláját jelenti. A legkisebb változással – akárcsak 2050-ig – 2100-ig is az SMHI modellje számol. A legpontosabb, ECHAM meghajtással futó modellek 2-5 napra becsülik a várható növekedést júniustól augusztusig, amely akár a tízszerese is lehet az 1961-1990 közöttieknek.

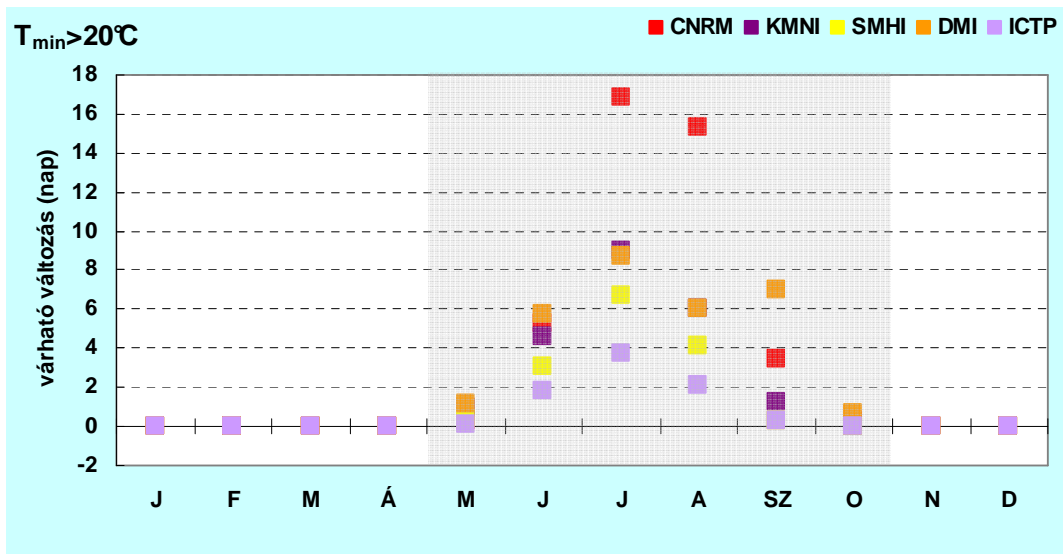
A napi maximumhőmérsékletek mellett figyelembe kell venni a minimumok változását is. A 20 °C-nál melegebb éjszakák ugyanis szintén nagy jelentőséggel bírnak a turizmus terén. Emellett pedig komoly élettani hatásai is vannak. Az 55. és 56. ábra a két vizsgált jövőbeli időszakra jeleníti meg a túl meleg éjszakák várható alakulásának változását.

A kontroll időszakban egy nyár alatt átlagosan 5 alkalommal fordult elő az említett index, viszont 2009-ig már növekvő tendencia látszik a mért adatsor alapján. Ehhez mérten a grafikon további várható növekedést mutat, már májusban előfordulhat egy-egy túl meleg éj. A szezon végén pedig októberben is lehet még rá számítani.



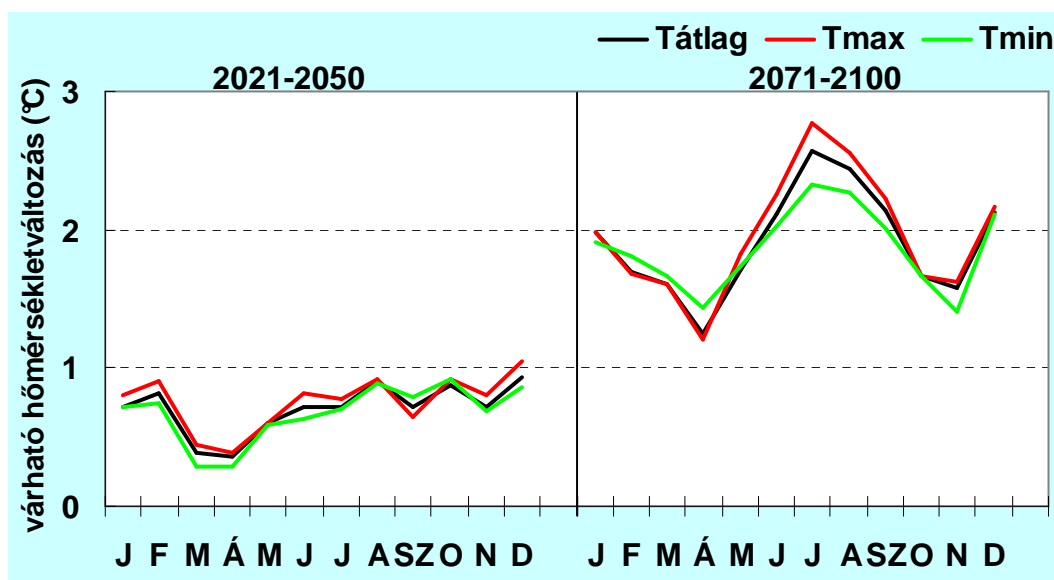
55. ábra. A túl meleg éjszék számának változása 2021-2050-re az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest Siófokon

A modellek eredményei egymáshoz képest viszonylag nagy skálán mozognak, azonban a legnagyobb változást ebben az esetben éppen a CNRM modellje adja, amely a validáció során a legpontosabbnak bizonyult. Ez alapján 2-7 nappal több, azaz két- háromszoros lehet a 20 °C feletti minimummal rendelkező éjszakák száma. Megfigyelhető, hogy a lila árnyalatú ECHAM által meghajtott regionális klímamodellek kisebb mértékűre becslik a melegedést, s csak a nyári hónapokra várnak eltérést.



56. ábra. A túl meleg éjszék számának változása 2071-2100-ra az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest Siófokon

Ezzel szemben 2100-ig markáns változás figyelhető meg (56. ábra). A túl meleg éjszakák száma jelentősen emelkedik, főként az ALADIN mutat kiemelkedő változást: júliusra és augusztusra akár a hónap felében előfordulhat 20 °C feletti minimumhőmérséklet. A többi modelltől számított eredmény elmarad ettől, azonban még a legkisebb eltérést mutató RegCM is 2-4 nappal többet feltételez.



57. ábra. Az átlag-, a maximum- és a minimumhőmérséklet várható változása 2021-2050-re és 2071-2100-ra az 1961-1990 kontroll időszakhoz viszonyítva a modelleredmények átlaga alapján, Siófokon

Az 57. ábrán az átlag-, a maximum- és a minimumhőmérséklet éves várható változása látható a vizsgálat során alkalmazott modellek szimulált idősorának átlaga alapján. A grafikon a két jövőbeli és a kontroll időszak különbségeit mutatja meg. Látható, hogy a közeli jövőben a változás mértéke várhatóan egy fok alatti marad. Észrevehető továbbá, hogy tavasszal kisebb az eltérés mértéke, télen pedig a legnagyobb. A minimumhőmérséklet görbéje tavasszal várhatóan nem nő olyan ütemben, mint a maximum, illetve az átlag, ősszel viszont jelentősebben emelkedhet. A maximumok télen és nyáron emelkednek a leginkább, míg ősszel legkevésbé. Az átlaghőmérséklet görbéje pedig egész évben a másik kettő között maradhat.

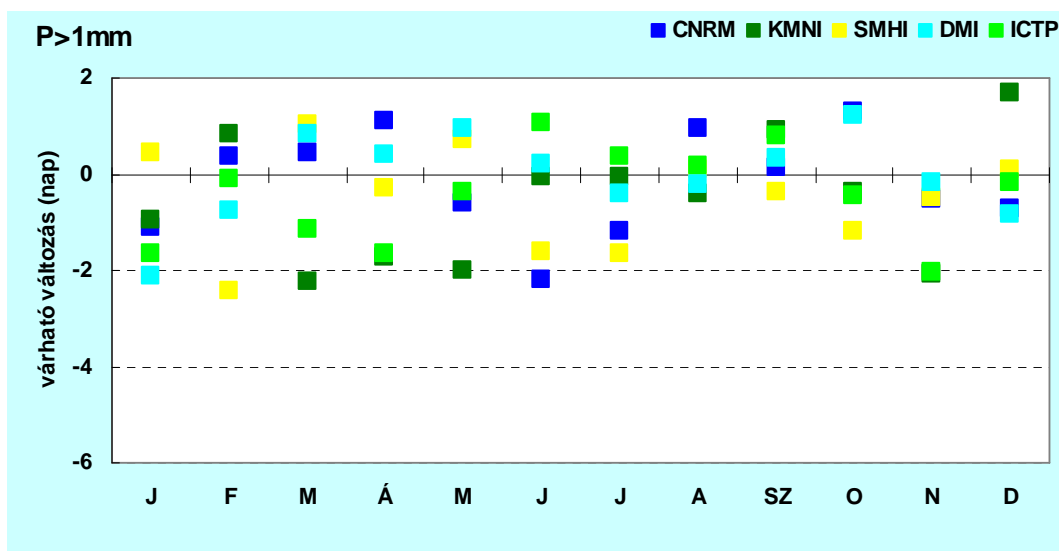
A távolabbi jövő változása eltér az előzőektől. A különbségek nagyobbak lehetnek, tavasszal és ősszel várhatóan másfél fok körül alakulnak, télen és nyáron pedig több, mint két fok is lehet. A minimumok az előzőekkel éppen ellentétesen, tavasszal nőhetnek a legnagyobb mértékben, nyáron és ősszel pedig a legkisebb eltérést mutathatják. Ezzel szemben a maximumhőmérsékletek különbsége tavasszal

lehet minimális, a többi évszakban viszont a másik két görbénél nagyobb arányú változásra számíthatunk. A nyári hónapokban az ábra alapján szétválk a három hőmérsékleti grafikon.

A csapadékindexek kaotikusabb képet mutatnak, mint a hőmérsékleti indexek. A közelebbi jövőre a 0,1 mm-nél nagyobb csapadékú napok számában a különböző klímamodellek szimulált idősorából számított eredmények alapján egymáshoz képest nagy eltéréseket kaptunk, azonban jellemzően inkább a csökkenés dominálhat. Nyáron nagyobb összhangban vannak a szimulációk, szinte egyöntetűen kevesebb csapadékot ígérnek. Az őszi és tavaszi időszakban viszont kissé növekedhet az index valószínűsége.

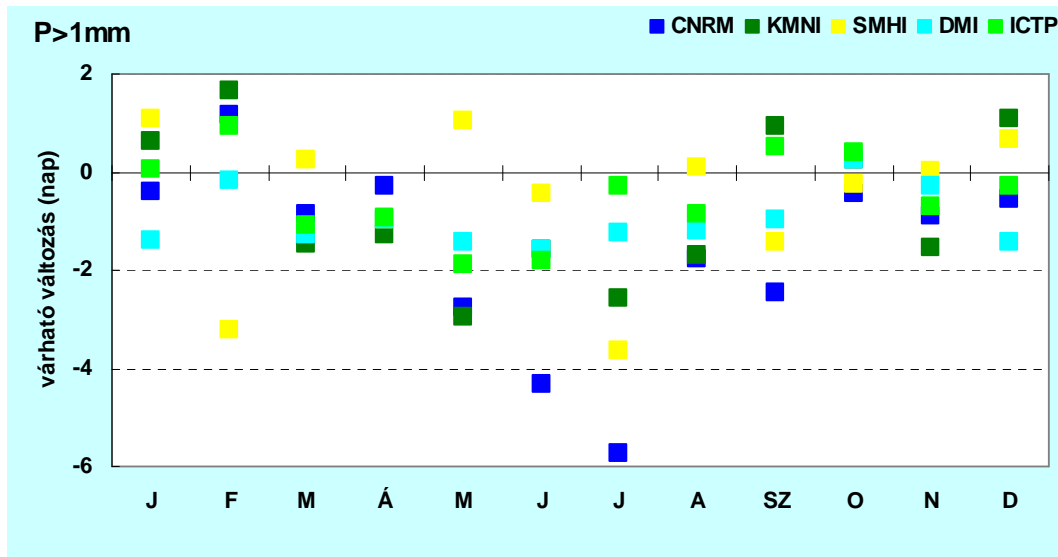
2100-ig már összehangoltabbak az eredmények, szinte egyöntetűen csökkenést várnak, amely késő tavasszal és nyáron lehet a legmarkánsabb. A nyári időszakban legpontosabban becsülő KMNI és ICTP feltételezi a legnagyobb különbségeket.

Az 58. és 59. ábrán látható az 1 mm-nél nagyobb mennyiségű csapadékú napok számának várható eltérése. A modelleredmények ± 2 napos változást valószínűsítenek. A téli hónapokban legpontosabban becsülő CNRM kis csökkenést jelez, az ősz első felében viszont némi növekedés is bekövetkezhet. A nyáron pontosabb KMNI nem mutat jelentős eltérést.



58. ábra. Az 1 mm-t meghaladó csapadékú napok számának változása az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest 2021-2050-re Siófokon

A grafikon mutatói alapján 2050-ig feltehetően nem alakul át jelentősen a csapadékeloszlás, 2100-ig ellenben már markánsabb változás lehetséges. Összességében csökkenés mutatkozhat, amely nyáron lehet a legerőteljesebb, kis növekedés csak a téli időszakban valószínű. A kontroll időszakban a mérések alapján májusban és júniusban volt a legtöbb 1 mm-t meghaladó csapadéku nap – ez havi 7-9 napot jelent –, amely az 59. ábra grafikonja alapján negyedével eshet vissza.



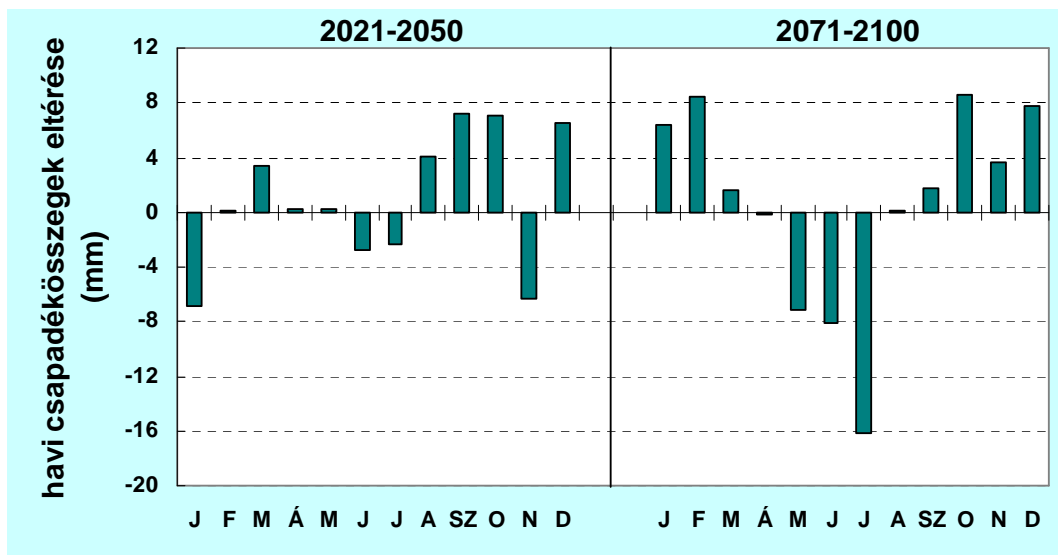
59. ábra. Az 1 mm-t meghaladó csapadéku napok számának változása az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest 2071-2100 Siófokon

A változás az év többi részében is jelentős lehet, egy-egy évben csupán fele annyi lehet az 1 mm-nél nagyobb csapadéku nap, mint korábban. Ehhez hasonló az 5 mm-t meghaladó csapadéku napok számának várható változása is. 2050-ig az előzőektől eltérően az 5 mm-t meghaladó csapadéku napok néhány nappal – 10-15%-kal – növekedhetnek az egész évre nézve, viszont ez valószínűleg csak átmenetileg lesz így, mert a távolabbi jövőre vonatkozó adatok ezt megcáfolni látszanak. Az évek során éves eloszlás rajzolódik ki, télen és ősszel 30-40%-kal növekedhet az előfordulás, míg tavasszal és nyáron előreláthatóan ugyanekkora lehet a csökkenés. A várható pozitív irányú változásnak két csúcsa lehet, februárban és októberben nőhet legjobban ezen csapadékos napok száma. Minimuma pedig feltehetően júniusban és júliusban lesz.

A nagy és extrém csapadéku napok sokkal fontosabbak a turisztika szempontjából, ugyanis a hirtelen lehulló víztömeg potenciális veszélyforrás lehet.

Az eddigi csökkenő csapadéktendenciák pedig a modellek idősorából számított eredmények alapján itt nem érvényesek. 2050-ig a legtöbb modell szerint a 10 mm-t meghaladó csapadékos napok száma akár 40%-kal nőhet. A jól becsülő szimulációk eredményei szerint csökkenés csak tavasszal valószínű, a legnagyobb növekedés pedig télen lehet. 2100-ig az előfordulás növekedésének mértéke még inkább fokozódhat, a téli időszakban duplájára emelkedhet, tavasszal és nyáron azonban feltehetően nem lesz markáns változás, sőt, előreláthatóan inkább 30-40% csökkenés lesz tapasztalható.

Ennél sokkal nagyobb változás következhet be az extrém csapadékok terén. A közelebbi jövőben, januárban lehet csak visszaesés, de az év többi részében gyakoribb lehet a 20 mm-nél nagyobb csapadékú napok száma. Az őszi-téli hónapokban következhet be a növekedés maximuma, az előfordulás gyakorisága több, mint kétszeresére emelkedhet. 2100-ig ez az arány még tovább emelkedhet, ősszel már a kontroll időszakban mérték háromszorosa is megeshet, júliusban és augusztusban ellenben csökkenés lehetséges. A nyári időszakra legpontosabb becslést adó KMNI és ICTP által futtatott klímamodell idősorának eredményei alapján akár 50% körüli változás is várható.



60. ábra. A havi csapadékösszegek 1961-1990-hez képest vett eltérése a modelledmények átlaga alapján 2021-2050-re és 2071-2100-ra Siófokon

Így az indexek változásának ismeretében érdemes megnézni a vizsgált regionális klímamodellek szimulált adatsora alapján az öt modellre átlagolt havi csapadékösszegek változását (60. ábra). A grafikon a 2021-2050 közötti évekre

tavasszal nem mutat jelentős változást, nyárra pedig pár mm-es csökkenést jelez. Ennél jelentősebb eltérés ősszel és télen lehetséges. Előbbi esetében novemberben valószínűsíthető visszaesés, amely azonban a jelenlegi statisztikai adatok szerint a téli félév legcsapadékosabb hónapja. Télen pedig januárban csökkenhet a havi csapadék mennyisége.

A távolabbi jövőre nézve évszakos struktúra rajzolódik ki. Feltehetően tavasszal és nyáron csökkenés, ősszel és télen pedig növekedés következik be. A jelenleg használt 1961-1990 közötti 30 éves kontroll időszak csapadékeloszlása ezzel éppen ellentétes. Az Balaton jelenlegi éghajlatára jellemző a nyári csapadékmaximum és téli csapadékminimum, azonban a grafikon éves menete alapján ez a jövőben átalakulhat.

4.3.2. A várható változás turisztikai hatása a Balatonra

A klímaváltozás az év szezonális ciklusának módosulását vonhatja maga után a Balaton térségében. Bár a téli hónapokban a csapadékos napok száma várhatóan nő, illetve a csapadékmennyiség is várhatóan magasabb lesz, a hőmérsékleti indexek valószínűsíthető tendenciája alapján a havazásra és a tartós hóréteg kialakulására várhatóan kisebb lesz az esély. Ezzel együtt, a hidegek várható elmaradása miatt, összefüggő és biztonságos jégfelszín ritkábban alakulhat ki a Balaton felületén. Külön turisztikai iparágat ugyan eddig sem lehetett a balatoni jégre építeni, mert a használható jég kialakulása így sem volt minden évben garancia, azonban a jéghez kötődő téli sportok ezáltal még inkább háttérbe szorulnak.

Ettől függetlenül a Balaton Magyarország egyik legkedveltebb turisztikai célpontja, mind a hazai, mind a külföldi vendégek körében. Az ország turisztikai bevételének 21%-a ebből a térségből származik (Oláh, 2003). Ezt felismerve a Balaton környékének szebbé, illetve vonzóbbá tételére alakult meg a Balaton Fejlesztési Tanács. A Tanács feladata, hogy meghatározza a régió fejlesztési irányvonalait, támogassa a fejlesztéseket, illetve ösztönözze a gazdasági, turisztikai és vízvédelmi beruházásokat.

A balatoni idegenforgalom egyértelműen a természetes víz közelségére támaszkodik, az egyéb vonzó tényezők mint kiegészítő szolgáltatások vannak jelen.

Az éghajlatváltozás pedig nagy hatással van a víz minőségére és mennyiségére, így befolyásolva a tó turisztikai forgalmát és összetételét.

A nyári félévben a szélsőséges csapadékviszonyok – a csapadékos napok számának várható csökkenése és az extrém csapadékok gyakoribbá válása – aszályokat, időszakos belvizet generálhatnak, emellett a tó vízszintjének ingadozását is okozhatják, hol magas, hol alacsony vízállást eredményezve.

A Balaton nagy összefüggő víztömegének felmelegedése a napsütéstől és a léghőmérséklettől függ, így nagyrészt ez a függés határozza meg a valódi szezonszámát. A hőmérsékleti indexek növekedéséből valószínűsíthető, hogy ez az időszak a jövőben hosszabb lesz. A rövid tavasz után a hőség- és forró napok számának várható növekedésével a víz előbb, és rövidebb idő alatt éri el a fürdőzésre alkalmas hőmérsékletet, ősszel pedig a nyári indexek előfordulásának feltételezhető kitolódásával később, és lassabban hűl le. Viszont az erősödő meleg a víz algásodásához vezethet, amelyre már a múltban is volt példa.

A melegedésnek a turistákra is vannak negatív következményei. A fokozódó hőség hatással van az emberek komfortérzetére, emellett az UV sugárzás is tovább fokozódhat. Már jelenleg sem tanácsos a déli órákban a tűző napon tartózkodni a sugárzás káros egészségügyi következményei miatt, a század végéig pedig ezek a következmények még súlyosabbak lehetnek. Bőrtípustól függően akár már pár perc alatt le lehet égni.

A hosszabban tartó száraz időszakok szintén elősegítik a turisták beáramlását, ugyanis így nagyobb biztonsággal lehet előre megtervezni a nyaralást. Ezt beárnyékolhatja, hogy a csapadékos napok valószínűleg az extrém irányba tolnak el, azaz nagy eséllyel eshet egyszerre akár 10-20 mm csapadék is.

A korábbi kitavasodás jó hatással lehet a természetjáró turizmusra is, így erre az ágazatra is vonatkozik a hosszabb szezonszám, nagyobb időszak áll a turisták rendelkezésére. A Balaton körül néhány éve készült el az egész tavat körülölelő kerékpárút, melynek idegenforgalma egyre inkább fellendülőben van.

Nyaranta szinte minden part menti településen szabadtéri kulturális rendezvények hadával várják a vendégeket, s egyre több az elsősorban fiatalok körében kedvelt több napos fesztivál (pl. Balaton Sound, Balatone stb.). A túl meleg éjszék számának várható növekedése jótékony hatással lehet ezen rendezvények látogatottságára. Emellett a feltételezhető csapadékcsökkenés következtében nagyobb biztonsággal lehet a programokat megrendezni. Negatívum ebben az

esetben is, hogy a 20 °C feletti éjszakák kényelmetlenséget és kimerültséget okoznak az alvásban, pihenésben.

A legnagyobb előnyt azonban az jelentheti, hogy a lehetséges klímaváltozás következtében a mediterrán – tengerparti – területek „túlmelegedhetnek”, a jelenleg kontinentális balatoni klíma pedig mediterránosodik. Így a tengerparton már-már elviselhetetlenné váló hőség miatt a turistaforgalom egy része hűvösebb desztinációt keresve érkezhethet a Balatonra, fellendítve ezzel a hazai idegenforgalmat.

Az utóbbi tíz évben a balatoni turisztika sokat változott, színvonala fokozatosan emelkedik, s a jövőre vonatkozóan is egyre több a régió fejlesztéséről szóló tervzet. Mindemellett a klímaváltozás tényét és veszélyeit is felismerték már, s ez ügyben is történtek intézkedések az idegenforgalom éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodásáról.

Az eddigi eredményeket tekintve pozitívumként említhető meg a tavat körbefutó kerékpárút hálózat és az M7 autópálya elkészülte, a balatoni vitorláshajózás támogatása, amely a kikötők karbantartásában és új kikötők létesítésében nyilvánul meg, valamint a strandok korszerűsítése. Mindebben negatívumként értékelhető, hogy a fejlődés mértéke nem egyenletes és nem folyamatos az egész régióra nézve.

A legfontosabb és legtömegesebb húzóerő a strandolás, amely ezáltal a tó megítélésében is a legfontosabb szerepet tölti be. A vizsgált hőmérsékleti és csapadékindexek alapján várható változás által feltételezhető, hogy a szezon meghosszabbodásával és a meleg fokozódásával a strandok forgalma a jövőben fokozatosan növekvő tendenciát fog mutatni. Ennek következményeként elengedhetetlen a strandok színvonalának folyamatos emelése és befogadóképességének növelése. Ez azonban nehezen fér össze a vízpart rehabilitációs rendeletekkel.

A pár évvel ezelőtti alacsony vízállás nagy hatással volt a turisták összetételére is, megfigyelhető volt, hogy a kisgyermekes családok jobban élvezték a sekélyebb vizet. Ezek alapján merült fel egy család-barát irányú fejlesztési stratégia, hogy a tó környékét vonzóbbá tegyék a családok számára is. Ezenkívül az éghajlathoz való alkalmazkodás jegyében merült fel a napi többszöri belépésre jogosító strandbelépők bevezetése, annak érdekében, hogy a legforróbb napszakot ezáltal küszöböljék ki (Bizikova és Pintér, 2008).

A jövőben szeretnék több figyelmet fordítani a kerékpárutak és túraútvonalak kiterjesztésére és karbantartására, a Balaton körüli turisztikai látványosságok tömegközlekedési eszközökkel való könnyebb megközelíthetőségére, valamint közösségi központok létrehozására és a gyermekek részére fedett játszóterek létrehozására. Számolva a strandolásra alkalmatlan időjárással alternatív strandolási lehetőségek kidolgozása is a tervek között szerepel, tudható meg Bizikova és Pintér (2003) összefoglalójából.

A már említett Balaton Fejlesztési Tanács (BFT) kidolgozott egy tervezetet nem csak a turisztikai, hanem egyéb téren megvalósítható fejlesztésekre is. A jelenlegi helyzetek elemzése, a szükséges intézkedések és a jövőbeli célok összefoglalása a Balaton Kiemelt Üdülőkörzet Hosszú Távú Területfejlesztési Konceptió 2020-ig (2009) című írásban található.

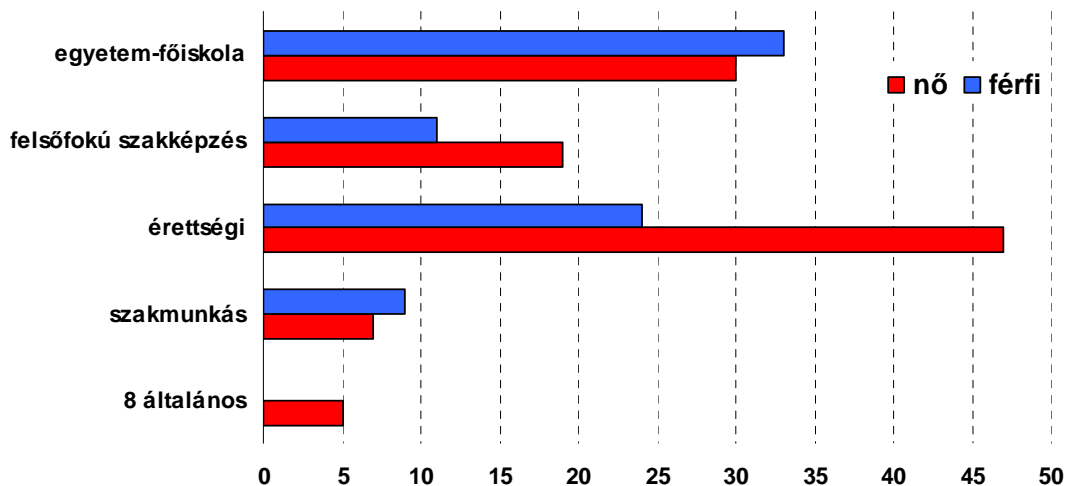
A Tanács régiófejlesztési programjának egyik turisztikai almodulja a Balaton – Európa Kulturális Tava (EKT) projekt. A projekt célja, hogy 2015-re a Balaton Európában elismert kulturális desztináció legyen, amely mind a négy évszakra kínál kulturális programokat a belföldi és külföldi vendégeknek egyaránt. A projekt sikerérét az jelentené, ha a kulturális attrakciók miatt több turista jönne a Balaton körzetébe, hosszabb időt töltene a tó partján, mindemellett a helyi lakosság is aktívan részt venne ezeken a rendezvényeken. Az EKT projekt kidolgozása 2009 őszével bezárólag már megtörtént, megvalósítása 2010-től folyamatos.

A fentiekből látható, hogy a Balaton turisztikai szempontból nagy jelentőséggel bír, amelynek fejlesztése céljából külön testület is létesült. A klímaváltozás nagy hatással lehet a balatoni körülmények átalakulására éppúgy, mint az idegenforgalom nagyságára. Összességében a melegedés veszélyeinek figyelembevétele és megfelelő módú kihasználása mellett pozitív kimenetelű lehet a változás. A szezon hosszának növekedésével és a mediterrán üdülőközönség egy részének ide csábításával a turizmus fellendülését lehet várni, azonban ehhez meg kell teremteni a szükséges körülményeket.

4.3.3. A balatoni közvélemény-kutatás eredményei

A klímamodellek eredményei mellett úgy gondolom, hogy nagy szerepe van az emberek, turisták véleményének is, hiszen ők a turizmus fő meghatározói. Ezért készítettünk közvélemény-kutatást, amelyben arról kérdeztem a tó partján nyaralókat, hogy mit gondolnak a Balaton időjárásáról, milyen változásoktól tartanak, illetve az esetleges változások milyen hatással lennének a nyaralási szokásaikra.

A felmérés 2009 nyarán készült, amely során 185 véleményt gyűjtöttünk össze. A megkérdezettek legtöbbször Fonyódon, Balatonbogláron, Balatonlellén és Siófokon nyaralt, de az északi partról (pl. Balatonfüredről) is származik kérdőív. A kutatás kizárólag a magyar vendégekre vonatkozott, és csak 18. életévüket betöltött személyek tölthették ki.



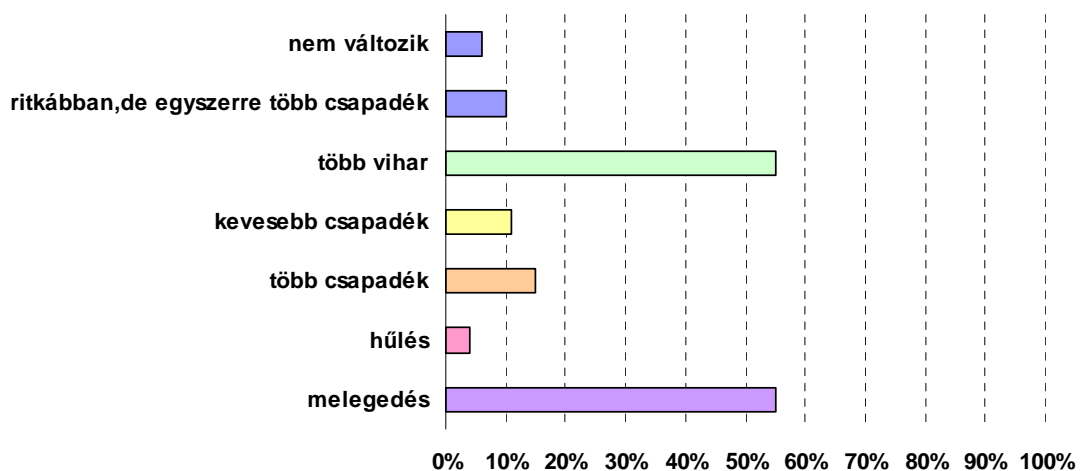
61. ábra. A nemek legmagasabb iskolai végzettség szerinti megoszlása (fő)

A megkérdezett személyek 42%-a férfi, 58%-a nő volt, a kiértékelésnél a nemek mellett korcsoportok és iskolai végzettség (61. ábra) szerinti kategóriákat is figyelembe vettünk. Az ábrán látható, hogy a férfi válaszadók közül az egyetemet vagy főiskolát végzettek voltak a legtöbben, míg a nők között az érettségivel rendelkezők. Korcsoport alapján a 25-39 év közöttiek válaszoltak a legtöbben, majd a 40-59 és a 18-24 éves korosztály, legkevesebben pedig a 60 éven felüliek voltak.

A kérdéssor első fele hasonlóan a budapesti kérdőívhez általános tájékozottságra, a klímaváltozással kapcsolatos tapasztalatokra vonatkozott. A megkérdezettek kivétel nélkül hallottak már a globális felmelegedésről, és 84%-uk úgy is gondolja, hogy ez hatással van a Balaton időjárására. Nemek szerinti

eloszlásban a nők jóval többen válaszoltak igennel arra kérdésre, hogy érzik is-e már a változást, összességében 75 % érzi.

A változás milyenségéről, hőmérséklet és csapadék tekintetében megoszlanak a vélemények (62. ábra). A legtöbben melegedésre, és több viharra számítanak a nyári időszakban. Azonban előfordul olyan is, aki hűlést vár, vagy egyáltalán nem vár változást. A csapadékmennyiség változásában többen választották a „több csapadék” lehetőséget, amely ellent mond a klímamodellek előrejelzésének, amelyek hosszú távon nyári csapadékcsökkenést mutatnak, a Balaton „mediterránosodását” jelzik.



62. ábra. Az jövőbeli időjárás változásáról alkotott vélemény a Balaton térségében, nyáron

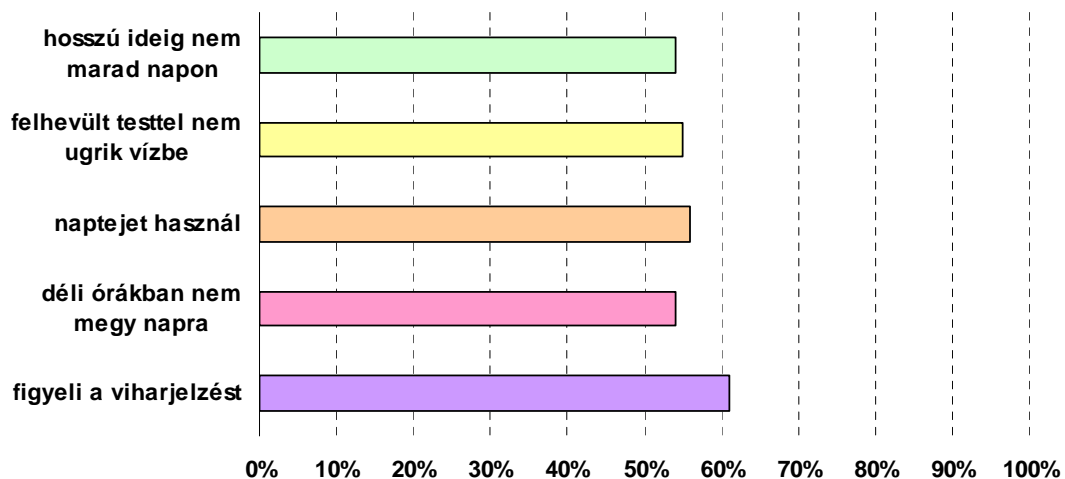
A klímaváltozás a megkérdezettek 60%-a szerint negatívan fog hatni a Balaton idegenforgalmára. Viszont érdekesség, hogy azon választ adó férfiak, akik felsőfokú szakképesítéssel, vagy egyetemi, illetve főiskolai diplomával rendelkeznek, optimistábban látják a balatoni turizmus jövőjét. Ugyanez a nőkről azonban nem mondható el. Korcsoport alapján ez a különbség szintén nem látható.

Ennek ellenére arra a kérdésre, ha az idő melegedne és a strandszezon meghosszabbodna, a nyári forróság pedig fokozódna, ezáltal a kellemesebb hőmérsékletek korábbra, illetve későbbre tolnának, az emberek nagy része a turizmusnak kedvezően válaszolt. Sokan megkezdnék a „nyaralásukat” akár már tavasszal is, és esetleg még ősszel is jönnének, ha a munkájuk engedi. A válaszolók 46%-a bármikor üdülné, ha az időjárás kedvező. Emellett azonban szintén 46% ragaszkodik a nyári nyaraláshoz. A strandszezon esetleges hosszabbodásával 57%

meghosszabbítaná szabadságát, 75% pedig biztosan plusz hétvégéket is tervezne a tó partjára.

Megkérdeztük, hogy a fokozódó hőség mennyire befolyásolja az úti cél kiválasztását. A kellemetlenné váló meleg ellenére is a Balatont választanák-e, vagy mérsékeltebben meleg desztinációt keresnének. A megkérdezettek többsége hűsleges a Balatonhoz, azonban a fiatal férfiak döntően inkább más üdülőkörzetet részesítenének előnyben.

A felmérés készítésének nyarán gyakori volt, hogy pont hétvégére romlott el az idő, ami kedvezőtlenül hatott a csak hétvégén szabad, hét közben dolgozó emberekre. Ezért kérdeztük meg, hogy hogyan vélekednek az időjárás megbízhatóságáról. Ha valaki csak egy hetet tud a szabadságából a nyaralásra szánni, fontos, hogy az időjárás megfelelő legyen. A válaszok alapján 40% úgy gondolja, hogy lehet előre tervezni, 60% ellenben nem bízik a Balaton időjárásában.



63. ábra. A strandolást érintő veszélyek figyelembevételének aránya

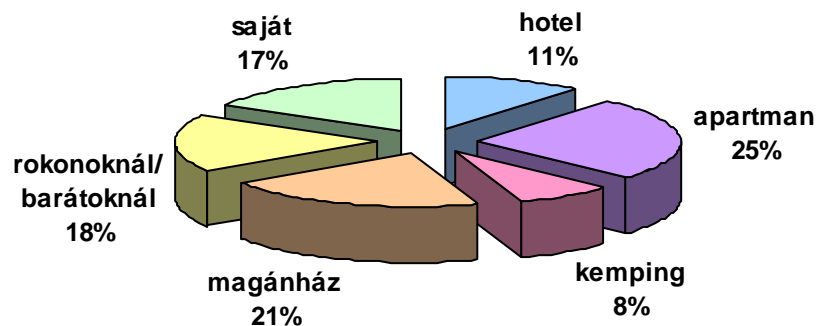
A hőmérséklet változásától általában nem nagyon tartanak az emberek, a megkérdezettek kétharmada nem vár jelentős változást, viszont emellett csak 6% mondja azt, hogy a következő években az időjárás változatlan marad. Az utóbbi években fokozódó strandolással járó veszélyeket a 63. ábra tanúsága szerint az emberek többsége betartja.

A felmérés többi kérdése a nyaralási szokásokra, a 2009-es üdülés adataira kérdeztek rá, amelyből a balatoni turizmus jelenlegi állapotára lehet következtetni. Kiderül, hogy a legtöbb pihenni vágyónak fontos a Balaton vízhőmérséklete,

azonban a többség (50%) mégsem követi nyomon az alakulását, 16%-nak pedig egyáltalán nem is fontos.

Kiderült, hogy az üdülés megtervezésekor leginkább az ár és a szállás állapota dominál, ezen kívül sokan szeretnek a víz közvetlen közelében pihenni. A fiataloknak fontos továbbá, hogy legyen a közelben sportolási és éjszakai szórakozási lehetőség is. Mivel a szállodákban egyre elterjedtebb, hogy minden reggel adnak információt az aznapra vonatkozó várható időjárásról, ezért kíváncsiak voltunk, hogy az üdülőközönség hogyan viszonyul ehhez a szolgáltatáshoz, de a legtöbb válaszadót ez egyáltalán nem befolyásolja a szállás kiválasztásában.

A megkérdezettek nagy része a hazai üdülési helyeket részesíti előnyben, s sok esetben valószínűleg ennek anyagi okai is lehetnek. Emellett azonban gyakori, hogy saját nyaralóval rendelkeznek, vagy rokonoknál, barátoknál laknak a válaszolók. A szállástípusok népszerűségének eloszlását a 64. ábra mutatja be. A Balaton partján és a partközeli településeken egyaránt sokan foglalkoznak nyaranta üdültetéssel, ezért az ábrán látható módon az egyik legközkedveltebb szállástípus a magánház bérlése.

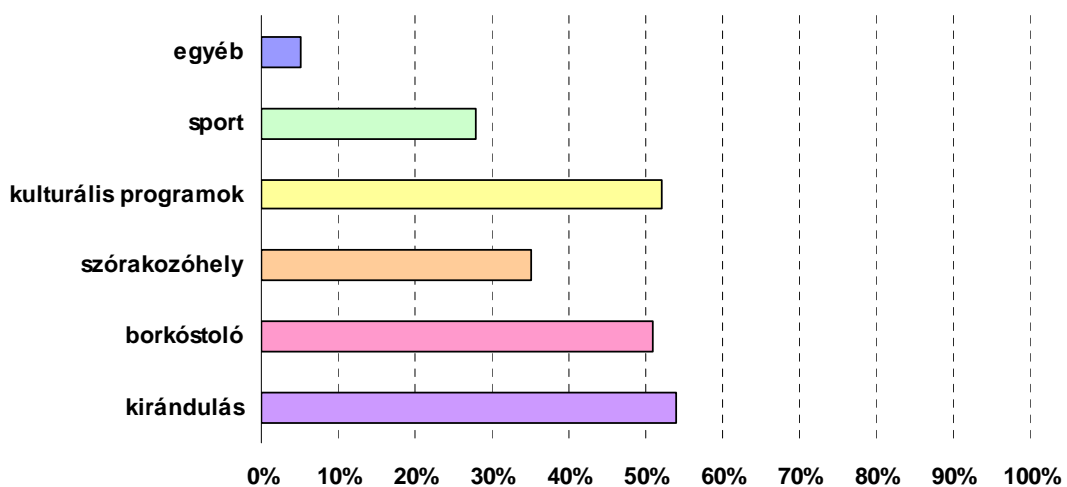


64. ábra. A 2009-es nyaralás alkalmával választott szállástípusok eloszlása

Az utazást – a statisztika alapján – átgondolják, megtervezik. 32% már hónapokkal korábban lefoglalja a szállást, 37% pedig az üdülés előtt néhány héttel. Tehát sokan - kb. 70 % - tudatosan készülnek, nem bízzák a véletlenre, hogy adott esetben nem találnak megfelelő szálláshelyet. Így azonban nehezebben lehet az időjárás szeszélyeit kivédeni, ezért is tartottuk fontosnak a fent említett kérdést a megbízhatóságra nézve.

A Balaton üdülési szempontból más, mint a tengerpart. A kérdőívet kitöltők közül a legtöbben visszajáró vendégek, sokan minden évben eljönnek hosszabb-rövidebb időszakokra, akár egy-egy hétvégére is. Az üdülők 95%-a biztos benne, hogy nem ez volt az utolsó nyár, amikor itt nyaralt, a maradék 5% pedig még nem tudja, de elképzelhetőnek tartja a visszatérést.

A fürdés mellett mindenki tervez egyéb programokat is. Ennek megoszlása a 65. ábrán látható. Sok látványosságot tartogat a Balaton környéke: Tihanyba, Badacsonyba szinte mindenki ellátogat üdülése során, de Keszthely, Szigliget, Hévíz, Tapolca, és Veszprém is népszerű.



65. ábra. A szabadidős tevékenységek megoszlása a strandolás mellett a Balaton körzetében

Nyaranta a parti települések rengeteg kulturális programmal várják az ide érkezőket. A felmérés készítésének ideje alatt is Siófok, Balatonfüred, Balatonlelle szinte minden napra kínált valamilyen kulturális szórakozási lehetőséget, s mint az a felmérésből kiderül, az üdülők szívesen vettek ezeken részt. A programkínálat nagyon változatos volt. Siófok a balatoni turizmus központjaként rengeteg helyszínen rendezett koncerteket, színházi előadásokat, a parti éttermekben minden nap zenével várták a vendégeket.

Balatonfüreden a Balatonfüredi Borhetek, Balatonlellén a Lellei Borhét, Balatonbogláron, a Jazz és a Bor fesztiválja és a Balatonboglári Szüret már évtizedes múltra tekint vissza. Az említett rendezvények mind szorosan kötődnek a borkultúrához. A Balaton-felvidék az ország egyik híres bortermelő vidéke, a tó déli partján pedig a Dél-Balaton Borút is egyre szélesebb körben ismert, így a

borturizmus is egyre inkább teret hódít, s mint a felmérésből kiderült a tó partján nyaraló turisták fele üdülése alatt részt vett ezzel kapcsolatos programon.

Összességében tehát a vélemények alapján látszik, hogy az emberek hallottak már a globális klímaváltozás problémájáról és sokan érzik is a változást. A válaszok alapján véleményem szerint a Balaton turizmusára inkább jó hatással lesz az időjárás átalakulása, a tartósabb strandidő még több embert fog a partra csábítani, azonban érdekes, hogy a megkérdezettek annak ellenére, hogy a változó klíma esetén hosszabb, illetve több időt töltenének a tó partján, mégis negatívnak gondolják a változás következményeit, miközben válaszaikkal ezt éppen cáfolják.

5. Összefoglalás

A szakdolgozat célja az volt, hogy néhány regionális klímamodell szimulált adatsora alapján – amelyeket a mért adatsorral validáltunk – a kiválasztott állomásokon várható éghajlati változásokat elemezzük. A vizsgálathoz számos hőmérsékleti és csapadékindexet használtuk fel, s ezek tendenciáit értékeltük a 2021-2050 és a 2071-2100 jövőbeli időszakokra az 1961-1990 kontroll időszakhoz viszonyítva. A kapott eredmények figyelembe vételével összegeztük a turizmusra gyakorolt valószínű pozitív és negatív hatásokat. Az elemzéseket három hazai üdülőkörzetre végeztük el: a Mátrára, Budapestre és a Balatonra. Vizsgálataink során a kékestetői, Budapest-pestszentlőrinci és a siófoki meteorológiai állomás mért idősorait, valamint a CNRM, a KMNI, az SMHI, a DMI és az ICTP által futtatott, korlátos tartományú regionális klímamodellek szimulált idősorait használtuk fel. Az eredmények alapján az alábbi következtetéseket vonhatjuk le:

- Míg a téli félévre jellemző vizsgált hőmérsékleti indexek (fagyos napok, téli napok és zord napok száma) várhatóan folyamatosan csökkenni fognak a század végéig, addig a nyári félévre jellemző hőmérsékleti indexek (nyári napok, hőségnapok, forró napok és túl meleg éjszakák száma) valószínűleg növekednek majd. A szimulált idősorok alapján számított hőmérsékleti indexek elemzése tehát arra utal, hogy feltételezhetően melegszik a három kiválasztott üdülőkörzet éghajlata.
- A téli félévre jellemző hőmérsékleti indexek megjelenése várhatóan egyre rövidebb időintervallumra korlátozódik a XXI. század során. Ezzel szemben valószínűsíthető, hogy a nyári félévre jellemző indexek az év egyre nagyobb részében fordulnak majd elő.
- A napi átlag-, a maximum- és a minimumhőmérsékletek 2050-ig valószínűleg mintegy 1 °C-kal, 2100-ig pedig átlagosan 3-4 °C-kal lehetnek magasabbak az 1961-1990 kontroll időszakhoz viszonyítva.

- A szimulált idősor eredményei alapján a havi csapadékösszegek mindhárom üdülőkörzetben a téli félévben várhatóan növekednek, a nyári félévben pedig csökkennek.
- A kis csapadékú napok száma a jövően feltételezhetően csökken, ellenben a nagy és extrém csapadékú napok száma növekedhet. A csapadékindexek évszakosan átrendeződhetnek, télen több, nyáron kevesebb csapadékos nap valószínűsíthető.

A fenti megállapítások szerint, míg a nyári időszakban a várható növekvő hőmérsékletek és csökkenő csapadékmennyiség jótékonyan hathatnak a hazai idegenforgalomra, addig a téli turisztikai ágazatokat negatívan befolyásolhatja a valószínűsíthető téli enyhülés. A vizsgált desztinációk esetében a változásokat a következőképpen lehet összefoglalni:

- A Mátra fő turisztikai vonzereje a téli sportolásra és természetjárásra alkalmas területekben rejlik. A hegységben a csökkenő tendenciát mutató téli félévre jellemző hőmérsékleti indexek alapján 2100-ig a síelésre alkalmas napok száma csökkenhet, a hóágyúzható napok számával együtt, amely negatív következményekkel járhat az idegenforgalomra vonatkozóan. A természetjárásra alkalmas idő ellenben meghosszabbodhat, amelyet jól kihasználva pozitív változások érhetők el. A turisztikai szolgáltatások fejlesztése mindkét szektorban jelen van.
- Budapest esetében a kulturális örökség és műemlékek megtekintése képezi a város fő vonzótényezőjét, így a látogatottság inkább a nyári félévre koncentrálódik. A hőmérsékletek emelkedése miatt az idegenforgalmi szezon korábban kezdődhet és tovább tarthat, amelyet a csapadékmennyiség várható évszakos átrendeződése – téli csapadékmaximum, nyári minimum – is segíthet. Ezzel szemben kellemetlenül érintheti a turistákat az extrém csapadékú napok számának várható növekedése a nyári hónapokban, illetve a fokozódó hőség.
- A balatoni turizmus fő meghatározója a strandolás, amelynek jelenleg 8-10 hetes szezonja van. A nyári félévre jellemző hőmérsékleti indexek számának várható növekedése és a csapadékindexek számának csökkenése alapján azonban ennek a szezonnak a meghosszabbodására lehet következtetni, amely pozitívan hathat a tó idegenforgalmára, negatívum viszont a forró napok

számának várható növekedése, amely fokozott veszélyt jelenthet a tó partján üdülőkre.

A klímamodellek eredményei mellett Budapesten és a Balaton térségében nem reprezentatív közvélemény-kutatással egészítettük ki a várható éghajlatváltozás turisztika hatásaira tett következtetéseinket.

- Budapesten az idegenforgalomban dolgozó személyzet véleménye alapján az üdülőközöniséget nem befolyásolja jelentősen utazási céljának kiválasztásában az időjárás esetleges megváltozása, így a megkérdezettek szerint az éghajlatváltozás nem lesz hatással a város idegenforgalmára.
- A Balaton térségében a tó partján üdülőket kérdeztük meg. A választ adók többsége a turizmus szempontjából pozitívan nyilatkozott, azaz kedvezőbb időjárási viszonyok esetén meghosszabbítanák nyaralásukat, illetve többször jönnének a tóhoz. Ezzel ellentétesen a megkérdezettek többsége mégis úgy gondolja, hogy összességében véve a klímaváltozást negatív hatású lehet a Balaton idegenforgalmára nézve.

A dolgozatban bemutatott eredményeket és Magyarország fő turisztikai vonzó tényezőit figyelembe véve úgy gondolom, hogy – hazánk éghajlatának várhatóan a mediterrán klíma felé való eltolódását megfelelően kihasználva – a hazai idegenforgalom pozitív irányban változhat, s a jövőben többet profitálhat a regionális klímaváltozásnak köszönhetően.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném megköszönni témavezetőmnek, Németh Ákosnak a témavezetést és a munkám során nyújtott segítséget és támogatást. Köszönöm dr. Pongrácz Ritának, tanszéki konzulensemnek a modellek feldolgozásában nyújtott rengeteg segítségét, ötletét és építő hozzászólását.

Köszönettel tartozom mindenkinek, aki valamilyen formában hozzájárult diplomamunkám létrejöttéhez, és a közvélemény-kutatás sikerességéhez. Továbbá szeretném megköszönni Kohán Csanádnak az adatfeldolgozás és a közvélemény-kutatás során nyújtott segítségét, amellyel megkönnyítette munkám és elősegítette szakdolgozatom elkészültét.

Köszönöm családomnak és barátaimnak ötleteiket, a támogatást és a türelmet, mellyel biztosították munkám eredményességét.

Irodalomjegyzék

- Anderssen, P., Colberg, R., 1973: Multivariate analysis in travel research: a tool for travel package design and market segmentation. Proceedings of the Fourth Annual Travel Conference of the Travel Research Association. Travel Research Association, Sydney, pp. 225–240.*
- Balaton Integrációs Közhasznú Nonprofit Kft., 2009: Balaton Kiemelt Üdülőkörzet Hosszú Távú Területfejlesztési Konceptió 2020-ig, 172 p.*
- Balaton Partnerségi Program, 2007: Vízminőségvédelem és természetvédelemmel kapcsolatos együttműködés megalapozása. A fenntartható fejlődés biztosítása, a civil szervezetek és a területfejlesztés szereplői közötti együttműködés növelése érdekében. Balatonlelle 2007. szeptember 18-19-20.*
- Bergström, S., Forsman, A., 1973: Development of a conceptual deterministic rainfall-runoff model. Nord. Hydrol. 4, pp. 147-170*
- Bringfelt, B., Räisänen, J., Gollvik, S., Lindström, G., Graham, L. P., Ullerstig, A., 2001: The land surface treatment for the Rossby Centre Regional Atmospheric Climate Model version 2 (RCA2). Reports Meteorology and Climatology, 98, Swedish Meteorological and Hydrological Institute, Norrköping, Sweden, 40 p.*
- Bizikova, L., Pintér, L., 2008: Az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás során hozott döntések célterületeinek vizsgálata a Balaton Kiemelt üdülőkörzetben – A 2007 október-december folyamán Siófokon, Balatonalmádiban és Keszthelyen rendezett munkaértekezletek eredményeinek összefoglalása. Nemzetközi Fenntartható Fejlődési Intézet (IISD), Winnipeg, Kanada, 17 p.*
- Borbás, V., 1900: A Balaton tavának és partmellékének növényföldrajza és edényes növényzete. A Balaton tudományos tanulmányozásának eredményei II(2), Budapest, pp.1-413.*

- Bougeault, P.*, 1985: A simple parameterization of the large-scale effects of cumulus convection, *Mon. Wea. Rev.*, 113, pp. 2108-2121
- Cholnoky, J.*, 1936: *Balaton*. Franklin-Társulat, Budapest, 191 p.
- CPB (Bureau for Economic Policy Analysis), 1992: *Scanning the Future: A Long-term study of the World Economy 1990-2015*. Sdu Publishers, The Hague.
- Crowe, R. B., McKay, G. A., Baker, W. M.*, 1973: The tourist and outdoor recreation climate of Ontario. Volume I. Objectives and definitions of seasons. *Publications in Applied Meteorology, REC-1-73*. Meteorological Applications Branch, Atmospheric Environment Service, Canada, Department of the Environment, Toronto
- Cuxart, J., Bougeault, Ph., Redelsperger, J. L.*, 2000: A turbulence scheme allowing for mesoscale and large eddy simulations. *Q. J. R. Meteorol. Soc.* 126, pp. 1-30
- De Freitas, C. R.*, 2003: Tourism climatology: evaluating environmental information for decision making and business planning in the recreation and tourism sector. *International Journal of Biometeorology*, 48 (1), pp. 45-54.
- De Freitas, C. R., Scott, D., McBoyle, G.* 2004: A New Generation Climate Index for Tourism. In: A. Matzarakis, C.R. de Freitas, D. Scott, eds.: *Advances in Tourism Climatology*, Berichte des Meteorologischen Institutes der Universität Freiburg, Freiburg, pp.19-26.
- De Jong, A., Zalm, G.*, 1991: Scanning the Future: A long-term scenario study of the world economy 1990-2015. In: *Long-term Prospects of the World Economy*. OECD, Paris, pp. 27-74.
- Déqué M. P., Marquet, R. G. Jones*, 1998: Simulation of climate change over Europe using a global variable resolution general circulation model, *Climate Dyn.*, 14, pp. 173-189
- Döscher, R., Willén, U., Jones, C., Rutgersson, A., Meier, H. E. M., Hansson, U., Graham, L. P.*, 2002: The development of the coupled regional ocean-atmosphere model RCAO. *Boreal Env. Res.* 7, pp. 183-192
- Dümenil, L., Todini, E.*, 1992: A rainfall-runoff scheme for use in the Hamburg climate model, In *Advances in Theoretical Hydrology*, edited by J.P. O’Kane, *EGS Series of Hydrological Sciences, 1*, Elsevier, pp. 129-157

- Frich, P., Alexander, L. V., Della-Marta, P., Gleason, B., Haylock, M., Klein Tank, A. M. G., Peterson, T., 2002: Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century. *Climate Research*, 19, pp. 193-212.
- Gaffin, S. R., Rosenzweig C., Xing X., Yetman G., 2004: Downscaling and geo-spatial gridding of socio-economic projections from the IPCC Special Report on Emissions Scenarios (SRES). *Global Environmental Change* 14, pp. 105-123
- Gewin, V., 2002: Ecosystem health: the state of the planet. *Nature* 417, pp. 112–113
- Giorgi, F., Marinucci, M. R., Bates, G. T. 1993a: Development of a second generation regional climate model (REGCM2). Part I: Boundary layer and radiative transfer processes. *Monthly Weather Review*, 121, pp. 2794-2813
- Giorgi, F., Marinucci, M. R., Bates, G. T., DeCanio, 1993b: Development of a second generation regional climate model (REGCM2). Part II: Cumulus cloud and assimilation of lateral boundary conditions. *Monthly Weather Review*, 121, pp. 2814-2832
- Giorgi, F., Huang, Y., Nishizawa, K., Fu, C., 1999: A seasonal cycle simulation over eastern Asia and its sensitivity to radiative transfer and surface processes. *Journal of Geophysical Research*, 104, pp. 6403-6423
- Hibbs, J. R., 1966: Evaluation of weather and climate by socioeconomic sensitivity indices. In: Sewell WRD (ed) *Human dimensions of weather modification*. Research paper no 105. University of Chicago, Department of Geography, Chicago, pp. 91–110
- IPCC, 2007: *Climate Change 2007 – The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Edited by S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor, and H. L. Miller. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. 996 p.
- Jones, C. G., Willén, U., Ullerstig, A., Hansson, U., 2004: The Rossby Centre Regional Atmospheric Climate Model Part I: Model Climatology and Performance for the Present Climate over Europe. *Ambio*33:4-5, pp.199-210

- Kain, J., Fritsch, J. M.*, 1990: A one dimensional entraining/detraining plume models and its application to convective parameterization. *J. Atmos. Sci.* 47, pp. 2784-2802
- Källén, E.*, 1996: *HIRLAM Documentation Manual, System 2.5*, The Swedish Meteorological and Hydrological Institute (Available from SMHI, S-60176 Norrköping, Sweden)
- Klein Tank, A. M. G., Können, G. P.*, 2003: Trends in indices of daily temperature and precipitation extremes in Europe, 1946-99. *J. Climate.*, 16, pp. 3665-3680.
- Lenderink, G., van den Hurk, B., van Meijgaard, E., van Ulden, A., Cuijpers, H.*, 2003: Simulation of present-day climate in RACMO2: first results and model development. KMNI, Technical Report TR-252
- Lindström, G., Johansson, B., Persson, M., Gardelin, M., Bergström, S.*, 1997: Development and test of the distributed HBV-96 model. *J. Hydr.* 201, pp. 272-288
- Ljungemyr, P., Gustafsson, N., Omstedt, A.*, 1996: Parameterization of lake thermodynamics in a high resolution weather forecasting model. *Tellus* 48A, pp. 608-621
- Machenhauer, B., Windelband, M., Botzet, M., Hesselbjerg, J., Déqué, M., Jones, G. R., Ruti, P. M., Visconti, G.*, 1998: Validation and analysis of regional present-day climate and climate change simulations over Europe, Max-Planck Institute of Meteorology Hamburg, Report No. 275, 87 p.
- Magyar Turizmus Zrt.*, 2006a: Észak-Magyarország Régió Turizmusfejlesztési stratégiája 2007-2013, Miskolc, 117 p.
- Magyar Turizmus Zrt.*, 2006b: A Budapest-közép-dunavidéki régió turisztikai stratégiája 2007-2013, 101 p.
- McDonald, A., Haugen, J. E.*, 1992: A two time level, three dimensional semi-lagrangian, semi-implicit limited area grid point model of the primitive equations. *Mon. Wea. Rev.* 120, pp. 2603-2621

- Meier, H. E. M., Döscher, R., Faxén, T., 2003: A multiprocessor coupled ice-ocean model for the Baltic Sea: Application to salt inflow. *J. Geophys. Res.* 108:C8, 3273
- Mersich, I., Práger, T., Ambrózy, P., Hunkár, M., Dunkel, Z., 2001: *Magyarország éghajlati atlasza*, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 108 p.
- Michalkó, G., 2007: *Magyarország modern turizmusföldrajza*. Dialog Campus Kiadó, Pécs, 288 p.
- Morcrette, J. J., 1990: Impact of changes to the radiation transfer parameterizations plus cloud optical properties into the ECMWF model, *Mon. Wea. Rev.* 118, pp. 847-873
- Nakicenovic, N., Swart, R. (Eds.), 2000: Emissions Scenarios. A Special Reports of IPCC Working Group III, Cambridge University Press, Cambridge, UK. 570 p.
- Oláh, M., 2003: Egy rendhagyó régió - A Balaton kiemelt üdülőkörzet, mint kiemelt turisztikai térség strukturális problémáiról röviden a legújabb kutatások eredményeinek tükrében; Balaton Fejlesztési Tanács, 14 p.
- Omstedt, A. 1999. Forecasting ice on lakes, estuaries and shelf seas. In J. S. Wettlaufer, J. G. Dash and N. Untersteiner (eds), *Ice Physics in the Natural and Endangered Environment*, NATO ASI Vol I 56, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pp. 185-208
- Országos Területfejlesztési Konceptió, 2005: Az Országgyűlés 97/2005. (XII.25.) OGY. Határozatával elfogadott JELENTÉS a területi folyamatok alakulásáról. A Magyar Köztársaság Kormánya, 87 p.
- Pal, J. S., Small, E. E., Eltahir, E. A. B., 2000: Simulation of regional-scale water and energy budgets: Representation of subgrid cloud and precipitation processes within RegCM. *Journal of Geophysical Research*, 105, pp. 29579-29594
- Perczel, Gy., 2003: Idegenforgalom. In: *Magyarország társadalmi-gazdasági földrajza*. (Perczel, Gy. Szerk.) ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, pp. 436-454.
- Perry, A. H. 1997: Recreation and tourism. In: Thompson, R. D., Perry, A. (szerk): *Applied climatology: principles and practice*. Roudledge, London, pp. 240-248.

- Peterson, T. C., Folland, C., Gruza, G., Hogg, W., Mokssit, A., Plummer, N., 2001: Report of the Activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Rapporteurs, Tech. Doc. 1071, World Meteorol. Organ., Geneva, Switzerland 146 p.*
- Puczkó, L., Rácz, T., 2001: A turizmus hatásai. Aula Kiadó, Budapest, 482 p.*
- Rasch, P. J., Kristjánsson, J. E., 1998: A comparison of the CCM3 model climate using diagnosed and predicted condensate parameterizations. J. Climate 11, pp. 1587-1614*
- Ricard J. L., Royer, J. F., 1993: A statistical cloud scheme for use in an AGCM, Ann. Geophysicae, 11, pp. 1095-1115*
- Roeckner, E., Arpe, K., Bengtsson, L., Christoph, M., Claussen, M., Dümenil, L., Esch, M., Giorgetta, M., Schlese, U., Schulzweida, U., 1996: The atmospheric general circulation model ECHAM-4: Model description and simulation of present-day climate, Report No 218, Max-Planck-Institut für Meteorologie, MPI, Hamburg, 90 p.*
- Rummukainen, M., Räisänen, J., Bringfelt, B., Ullerstig, A., Omstedt, A., Willén, U., Hansson, U., Jones, C., 2001: A regional climate model for northern Europe: model description and results from the downscaling of two GCM control simulations. Clim. Dyn. 17, pp. 339-359*
- Sass, B. H., Rontu, L., Räisänen, P., 1994: HIRLAM-2 Radiation Scheme: Documentation and Tests. HIRLAM Technical Report No. 16, SMHI, SE-60176 Norrköping, 43 p.*
- Savijärvi, H., 1990: Fast radiation parameterization schemes for mesoscale and short-range forecast models. J. Appl. Meteor. 29, pp. 437-447*
- Shell, 1993: Global Scenarios 1992-2020. PL-93-S-04, Group Planning, Shell International, London*
- Simmons, A. J., Burridge, D. M., 1981: An energy and angular momentum conserving vertical finite-difference scheme and hybrid vertical coordinates. Mon. Wea. Rev. 109, pp. 758-766*
- Tasnádi, J., 2002: A turizmus rendszere, Aula Kiadó, Budapest, 280 p.*

Tiedtke, M., 1989: A comprehensive mass flux scheme for cumulus parameterization in large-scale models, *Mon. Wea. Rev.*, 117, pp. 1779-1800

<http://ensemblesrt3.dmi.dk>

Ábrajegyzék

1. ábra. Az átlagos évi napfénytartam (óra) összegei Magyarországon	6
2. ábra. A turizmus és az éghajlat kapcsolata (de Freitas et al., 2004)	7
3. ábra. A turisztikai potenciál és a klíma kapcsolata Perry (1997) szerint	8
4. ábra. A négy alapszcenário fő szempontjai.....	15
5. ábra. A mérésekből és a szimulált idősorokból meghatározott nyári napok számának összehasonlítása, 1961-2009, Siófok	22
6. ábra. A mérésekből és a szimulált idősorokból meghatározott nyári napok számának összehasonlítása, 1961-2009, Budapest.....	23
7. ábra. A mérésekből és a szimulált idősorokból meghatározott nyári napok számának összehasonlítása, 1961-2009, Kékestető.....	24
8. ábra. A mérésekből és szimulált idősorokból meghatározott hőségnapok számának összehasonlítása, 1961-2009, Siófok	24
9. ábra. A mérésekből és szimulált idősorokból meghatározott hőségnapok számának összehasonlítása, 1961-2009, Budapest.....	25
10. ábra. A mérésekből és szimulált idősorokból meghatározott hőségnapok számának összehasonlítása, 1961-2009, Kékestető.....	26
11. ábra. A mérésekből és szimulált idősorokból meghatározott túl meleg éjjelek számának összehasonlítása, 1961-2009, Siófok	27
12. ábra. A mérésekből és szimulált idősorokból meghatározott túl meleg éjjelek számának összehasonlítása, 1961-2009, Budapest	28
13. ábra. A mérésekből és szimulált idősorokból meghatározott túl meleg éjjelek számának összehasonlítása, 1961-2009, Kékestető	29
14. ábra. A mérésekből és szimulált idősorokból meghatározott fagyos napok számának összehasonlítása, 1961-2009, Siófok	30
15. ábra. A mérésekből és szimulált idősorokból meghatározott fagyos napok számának összehasonlítása, 1961-2009, Budapest.....	30
16. ábra. A mérésekből és szimulált idősorokból meghatározott fagyos napok számának összehasonlítása, 1961-2009, Kékestető.....	31
17. ábra. A mérésekből és szimulált idősorokból meghatározott téli napok számának összehasonlítása, 1961-2009, Siófok	32
18. ábra. A mérésekből és szimulált idősorokból meghatározott téli napok számának összehasonlítása, 1961-2009, Budapest.....	33
19. ábra. A mérésekből és szimulált idősorokból meghatározott téli napok számának összehasonlítása, 1961-2009, Kékestető.....	33
20. ábra. A mérésekből és szimulált idősorokból meghatározott 1 mm-nél nagyobb csapadékú napok számának összehasonlítása, 1961-2009, Siófok.....	36
21. ábra. A mérésekből és szimulált idősorokból meghatározott 1 mm-nél nagyobb csapadékú napok számának összehasonlítása, 1961-2009, Budapest.....	37

22. ábra. A mérésekből és szimulált idősorokból meghatározott 1 mm-nél nagyobb csapadékú napok számának összehasonlítása, 1961-2009, Kékestető.....	37
23. ábra. A mérésekből és szimulált idősorokból meghatározott 5 mm-nél nagyobb csapadékú napok számának összehasonlítása, 1961-2009, Siófok.....	38
24. ábra. A mérésekből és szimulált idősorokból meghatározott 5 mm-nél nagyobb csapadékú napok számának összehasonlítása, 1961-2009, Budapest.....	38
25. ábra. A mérésekből és szimulált idősorokból meghatározott 5 mm-nél nagyobb csapadékú napok számának összehasonlítása, 1961-2009, Kékestető.....	39
26. ábra. Magyarország kiemelt üdülőkörzetei és nemzeti parkjai 2004 (forrás: Országos Fejlesztési Konceptió Jelentés, 2005)	43
27. ábra. A fagyos napok számának várható változása 2021-2050-re az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest Kékestetőn.....	46
28. ábra. A fagyos napok számának változása 2071-2100-re az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest Kékestetőn	47
29. ábra. A téli napok számának változása 2021-2050-re az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest Kékestetőn	48
30. ábra. A téli napok számának változása 2071-2100-re az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest Kékestetőn	48
31. ábra. Az átlag-, a maximum- és a minimumhőmérséklet várható változása 2021-2050 és 2071-2100 a kontrollidőszakhoz viszonyítva a modelleredmények átlaga alapján, Kékestetőn	49
32. ábra. Az 1 mm-t meghaladó csapadékú napok számának várható változása az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest 2021-2050-re Kékestetőn.....	50
33. ábra. Az 1 mm-t meghaladó csapadékú napok számának várható változása az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest 2071-2100-ra Kékestetőn.....	51
34. ábra. A havi csapadékösszegek 1961-1990-hez képest vett eltérése a modelleredmények átlaga alapján 2021-2050-re és 2071-2100-ra Kékestetőn.....	52
35. ábra. A fagyos napok számának változása 2021-2050-re az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest Budapesten.....	56
36. ábra. A fagyos napok számának változása 2071-2100-ra az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest Budapesten.....	57
37. ábra. A nyári napok számának változása 2021-2050-re az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest Budapesten.....	58
38. ábra. A nyári napok számának változása 2071-2100-ra az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest Budapesten.....	59
39. ábra. Az átlag-, a maximum- és a minimumhőmérséklet változása 2021-2050-re és 2071-2100-ra a kontrollidőszakhoz viszonyítva a modelleredmények átlaga alapján, Budapesten	61
40. ábra. Az 1 mm-t meghaladó csapadékú napok számának változása az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest 2021-2050-re Budapesten	62
41. ábra. Az 1 mm-t meghaladó csapadékú napok számának változása az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest 2071-2100-ra Budapesten	63
42. ábra. Az 5 mm-t meghaladó csapadékú napok számának változása az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest 2021-2050-re Budapesten	64
43. ábra. Az 5 mm-t meghaladó csapadékú napok számának változása az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest 2071-2100-ra Budapesten	64

44. ábra. A havi csapadékösszegek 1961-1990-hez képest vett eltérése a modelleredmények átlaga alapján 2021-2050-re és 2071-2100-ra Budapesten	65
45. ábra. Az időjárás várható változása a megkérdezettek véleménye alapján, Budapesten	70
46. ábra. A turisták által legjobban kedvelt tevékenységek megoszlása Budapesten.....	71
47. ábra. A fagyos napok számának változása 2021-2050-re az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest Siófokon.....	74
48. ábra. A fagyos napok számának változása 2071-2100-re az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest Siófokon.....	74
49. ábra. A nyári napok számának változása 2021-2050-re az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest Siófokon.....	76
50. ábra. A nyári napok számának változása 2071-2100-ra az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest Siófokon.....	77
51. ábra. A hőségnapok számának változása 2021-2050-re az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest Siófokon.....	78
52. ábra. A hőségnapok számának változása 2071-2100-ra az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest Siófokon.....	78
53. ábra. A forró napok számának változása 2021-2050-re az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest Siófokon.....	79
54. ábra. A forró napok számának változása 2071-2100-re az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest Siófokon.....	80
55. ábra. A túl meleg éjjelek számának változása 2021-2050-re az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest Siófokon.....	81
56. ábra. A túl meleg éjjelek számának változása 2071-2100-re az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest Siófokon.....	81
57. ábra. Az átlag-, a maximum- és a minimumhőmérséklet várható változása 2021-2050-re és 2071-2100-ra az 1961-1990 kontroll időszakhoz viszonyítva a modelleredmények átlaga alapján, Siófokon	82
58. ábra. Az 1 mm-t meghaladó csapadékú napok számának változása az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest 2021-2050-re Siófokon	83
59. ábra. Az 1 mm-t meghaladó csapadékú napok számának változása az 1961-1990 kontroll időszakhoz képest 2071-2100 Siófokon.....	84
60. ábra. A havi csapadékösszegek 1961-1990-hez képest vett eltérése a modelleredmények átlaga alapján 2021-2050-re és 2071-2100-ra Siófokon	85
61. ábra. A nemek legmagasabb iskolai végzettség szerinti megoszlása (fő)	90
62. ábra. Az jövőbeli időjárás változásáról alkotott vélemény a Balaton térségében, nyáron	91
63. ábra. A strandolást érintő veszélyek figyelembevételének aránya	92
64. ábra. A 2009-es nyaralás alkalmával választott szállástípusok eloszlása.....	93
65. ábra. A szabadidős tevékenységek megoszlása a strandolás mellett a Balaton körzetében	94

1. melléklet: A balatoni közvélemény- kutatáshoz összeállított kérdőív

Életkor: Nem: férfi nő Lakhely:.....
Üdülési hely:..... Dátum:.....
Legmagasabb iskolai végzettség:
a.) szakmunkás b.) érettségi c.) felsőfokú szakképesítés
d.) egyetem-főiskola e.) egyéb:.....

- Hallott a globális felmelegedésről?**
a.) Igen b.) Nem
- Gondolja, hogy a globális felmelegedés hatással van a Balaton időjárására?**
a.) Igen b.) Nem c.) Nem tudom
- Érez változást az utóbbi években a Balaton időjárásában?**
a.) Igen b.) Nem
- Ön szerint hogy fog változni az időjárás a jövőben a Balaton környékén?**
a.) Melegedni fog b.) Hűlni fog c.) Több csapadék lesz
d.) Kevesebb csapadék lesz e.) Kevesebb vihar f.) Több vihar
g.) Ritkábban, de egyszerre több csapadék h.) Nem változik
- Mit gondol, a változás pozitív, vagy negatív hatással lesz a Balaton turizmusára?**
a.) Pozitív b.) Negatív
- Ha az idő megfelelő lenne, jönne nyaralni tavasszal vagy ősszel?**
a.) Igen, tavasszal b.) Igen, ősszel c.) Igen, bármikor d.)
Nem
- Ha a melegedés olyan mértékű lenne, hogy a jelenleg nyári idő tavasszal, ill. ősszel következne be, akkor is nyáron jönne, vagy inkább tavasszal vagy ősszel?**
a.) Nyáron b.) Máskor c.) Nem jönnék
- Ha tudná, hogy tovább tart a strandszezon, meghosszabbítaná nyaralását?**
a.) Igen b.) Nem
- Esetleg tervezne plusz hétvégéket?**
a.) Igen b.) Nem
- Ha tudná, hogy a Balatonon folyamatosan melegszik az éghajlat (35-40 fok gyakoribb, tartósabb), akkor is ide jönne nyaralni, vagy keresne egy hűvösebb helyet?**
a.) Ide jönnék b.) Keresnék másik helyet
- Bízik Ön a Balaton időjárásában? (hétvégére mindig elromlik az idő, hirtelen nagy változások lehetnek)**
a.) Igen, lehet előre tervezni b.) Nem, mindig bizonytalan az idő

12. Mit gondol, a következő években mekkorát változik a Balaton környékén az átlaghőmérséklet?

- a.) Nem változik b.) Alig változik c.) Jelentősen változik

13. Mennyire fontos Önnek a Balaton vízhőfoka? Figyelemmel kíséri a nyaralás előtt?

- a.) Fontos, figyelem b.) Fontos, de nem figyelem c.) Nem fontos

14. Mennyire fontosak a nyaralás megtervezésekor a következő szempontok?

	Nem fontos	Kissé fontos	Fontos	Nagyon fontos
Ár				
Éjszakai élet				
Sportolási lehetőség				
Víztől való távolság				
Szállás állapota				
Szállásadó időjárás előrejelzést adjon				

15. Hazai vagy külföldi üdülési helyeket részesít előnyben?

- a.) Hazai b.) Külföldi

16. Mennyivel a nyaralás előtt tervezte meg az utat?

- a.) Hónapokkal korábban kiválasztottam a helyet és lefoglaltam a szállást
 b.) Utazás előtt nem sokkal foglaltam, ahol volt hely
 c.) Nem foglaltam szállást
 d.) Egyéb:.....

17. Hányadszor nyaral a Balatonon?

18. Minden évben jön?

- a.) Igen b.) Nem

19. Fog még a Balatonon nyaralni?

- a.) Igen b.) Nem c.) Nem tudom

20. A strandolás mellett milyen egyéb programokat tervez, ill. vett részt?

- a.) Kirándulás (hova?)
 b.) Borkóstoló
 c.) Szórakozóhelyek látogatása
 d.) Helyi kulturális programokon való részvétel
 e.) Sport
 f.) Egyéb:.....

21. Milyen szállástípust választott?

- a.) Hotel b.) Apartman c.) Kemping d.)
 Magánház
 e.) Rokonoknál lakunk f.) egyéb:.....

22. Ügyel a strandolás veszélyeire?

- a.) Figyelem a viharjelzést
 b.) A déli órákban nem megyek ki a napra
 c.) Naptejet használok
 d.) Felhevült testtel nem ugrom a vízbe
 e.) Hosszú ideig nem maradok a napon

2. melléklet: A budapesti közvélemény- kutatáshoz összeállított kérdőív

Nem: férfi nő

Munkahely/beosztás:

Dátum:.....

- Hallott a globális klímaváltozásról?**
 - Igen
 - Nem
- Gondolja, hogy a globális klímaváltozás hatással van Budapest időjárására?**
 - Igen
 - Nem
 - Nem tudom
- Érez változást az utóbbi években Budapest időjárásában?**
 - Igen
 - Nem
- Ön szerint hogy fog változni az időjárás a jövőben Budapesten? (többet is bejelölhet)**
 - Melegedni fog
 - Hűlni fog
 - Több csapadék lesz
 - Kevesebb csapadék lesz
 - Kevesebb vihar
 - Több vihar
 - Ritkábban, de egyszerre több csapadék
 - Nem változik
- Mit gondol, a változás pozitív, vagy negatív hatással lesz Budapest turizmusára?**
 - Pozitív
 - Negatív
 - Nem lesz hatással rá
- Mit gondol, a következő években hogyan változik Budapesten az átlaghőmérséklet?**
 - Nem változik
 - Alig változik
 - Jelentősen változik
- Ön szerint, ha melegebb lesz az idő nyáron, több turista jön Budapestre?**
 - Igen
 - Nem
 - Nem tudom
- Ön szerint a turistákat elcsalja a melegebb idő a vízpartra városnézés helyett?**
 - Igen
 - Nem
 - Nem tudom
- Ön szerint melegedés esetén télen többen, vagy kevesebben jönnek Budapestre?**
 - Többen
 - Kevesebben
 - Nem változik
- Ön szerint, jelenleg melyik évszakban van a legtöbb turista Budapesten?**
 - Tavaszi
 - Nyári
 - Őszi
 - Téli
- Mit gondol, változik ez a jövőben, ha változik a klíma?**
 - Igen
 - Nem
 - Nem tudom
- Ha igen, akkor mit gondol, melyik évszakban lesznek a legtöbben?**
 - Tavaszi
 - Nyári
 - Őszi
 - Téli
- Ön szerint külföldi, vagy belföldi turisták vannak többen Budapesten?**
 - Külföldi
 - Hazai
 - Kb. egyenlő

- 14. Ön szerint mennyire befolyásolja a budapesti turistákat az időjárás?**
 a.) Nagyon b.) Kevésbé c.) Egyáltalán nem
- 15. Ön szerint milyen programokat terveznek leggyakrabban a turisták Budapesten?**
 a.) Buszos városnézés b.) Egyéni városnézés c.) Vásárlás d.) Szórakozás
 e.) Kulturális programok f.) Gasztronómiai programok g.) Strand/Wellness
- 16. Ön szerint lehet bízni Budapest időjárásában?**
 a.) Nem, mindig bizonytalan az idő b.) Igen, lehet előre tervezni
- 17. Tapasztalatai alapján milyen időben vannak többen a turisták Budapesten?**
 a.) meleg, napos b.) hűvösebb, napos c.) borult d.) esős
- 18. Mit gondol, tartanak-e a turisták a veszélyesebb időjárási helyzetektől budapesti tartózkodásuk alatt (hirtelen nagy viharok, szélvihar, hőség, szmog)?**
 a.) Igen b.) Nem
- 19. Adnak Önök a turistáknak időjárás előrejelzést (pl. programokra vonatkozóan)?**
 a.) Igen b.) Nem c.) egyéb:.....
- 20. Programok tervezésekor figyelembe veszik-e az időjárás előrejelzést?**
 a.) Igen b.) Nem
- 21. Jó és rossz idő esetén egyaránt tudnak programot ajánlani?**
 a.) Igen b.) Nem