

*Eötvös Loránd Tudományegyetem
Természettudományi Kar
Földrajz- és Földtudományi Intézet
Meteorológiai Tanszék*

**A magyarországi szőlőtermesztés éghajlati adottságainak
várható változása**
Diplomamunka

Készítette:
Mesterházy Ildikó
ELTE-TTK Meteorológus MSc.

Témavezetők:
Dr. Mészáros Róbert és Dr. Pongrácz Rita
ELTE Meteorológiai Tanszék



Budapest
2013.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	3
2. Szakirodalmi áttekintés	4
3. Anyag és módszer	8
3.1. A vizsgált terület	8
3.2. A felhasznált regionális klímamodellek	8
3.3. A vizsgált indexek	9
4. Eredmények	12
5. Vizsgálat a móri borvidékre	40
5.1. A móri borvidék bemutatása.....	40
5.1.1. Táj- és település-földrajzi helyzet	40
5.1.2. Földtani és talajtani jellemzők	40
5.1.3. Vízrajzi adottságok.....	41
5.1.4. Növényföldrajz.....	41
5.1.5. Éghajlati viszonyok	41
5.2. A vizsgálat módszere és az eredmények	44
6. Összegzés	60
Irodalomjegyzék	62
Köszönetnyilvánítás	66

1. Bevezetés

A magyarországi mezőgazdaság kiemelkedő ágazata a szőlőtermesztés. A szőlő életét ökológiai tényezők – klimatikus (éghajlati, 45%), edafikus (talajtani, 27%), és biotikus (élő, 27%) adottságok – és a művelésből származó hatások (1%) szabályozzák (Kozma, 2002). Jelen dolgozatban kizárólag a klimatikus hatásokkal, és azok tér- és időbeli változásaival foglalkozom. Korábbi munkáimban (Mesterházy, 2011; 2012a,b) már foglalkoztam az éghajlat és a szőlő kapcsolatával, jelen dolgozat célja a korábbi tapasztalatok alapján részletesebb adatbázist és új módszereket felhasználva átfogóbb képet adni a hazai szőlőtermesztés és a várható éghajlati változások kapcsolatáról.

Világszerte számos szőlőtermesztési indexet használnak a kutatók, melyek egy vagy több meteorológiai változó alapján írják le a vizsgált terület szőlőtermesztési lehetőségeit. Munkám során három regionális klímamodell (RegCM, ALADIN, PRECIS) hibakorrekció után kapott outputjait (minimum, maximum és átlagos napi hőmérséklet, valamint napi csapadékösszeg) felhasználva számítottam Magyarország borrégióira több, a szőlőtermesztéssel kapcsolatos mérőszám térbeli eloszlását, és vizsgáltam azok változásait az 1951-től 2100-ig terjedő időszakra. Az adatbázis alapján hőmérsékleti és csapadékhullási szélsőértékeket is elemeztem.

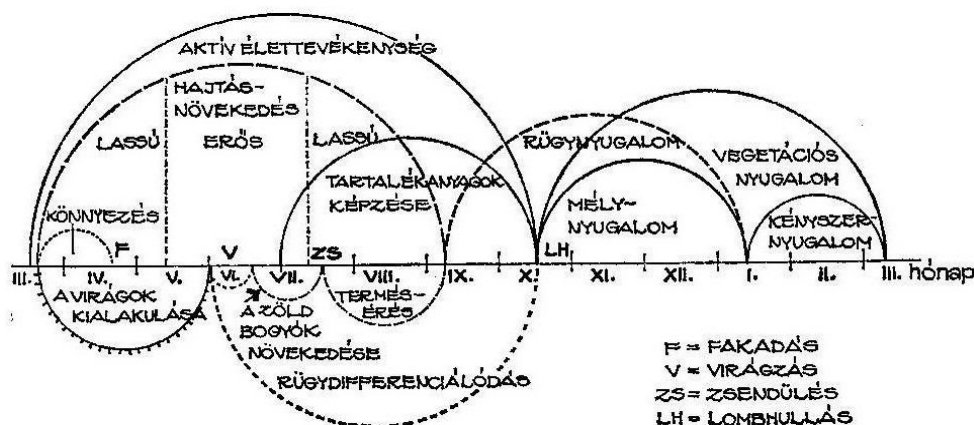
Dolgozatom első részében röviden áttekintem a szőlőtermesztés és az éghajlat kapcsolatrendszerének nemzetközi és hazai irodalmát. Ezt követően bemutatom a munkám során felhasznált három regionális klímamodell. Vizsgálataim során olyan indexeket használtam, melyek hőmérsékleti és csapadékviszonyok alapján jellemzik az ültetvények szőlőtermesztési adottságait. A vegetációs időszakot a napi középhőmérsékletek alapján számítottam, majd a kapott mérőszámok értékeit összehasonlítottam a hagyományos, április 1. és szeptember 30. közti időszakra vonatkozó értékekkel. Néhány esetben a magyarországi területre kapott értékeket térképes formában mutatom be, ám vannak olyan mérőszámok, melyeknél az egyes borrégiókra vonatkozó átlagértékeket közlöm. Dolgozatomat egy (személyes kötődés alapján) kiválasztott terület, a móri borvidék rövid jellemzésével (elsősorban a klimatikus viszonyok leírásával) és erre a térségre vonatkozó vizsgálataim eredményének részletesebb bemutatásával zárom.

2. Szakirodalmi áttekintés

Korábbi munkáimban (Mesterházy, 2011, 2012a,b) már részletesen bemutattam a szőlőtermesztés és az éghajlat kapcsolatát leíró irodalmat. A következőkben röviden összefoglalom a kutatásom során kiemelt jelentőségű szakirodalmi megállapításokat.

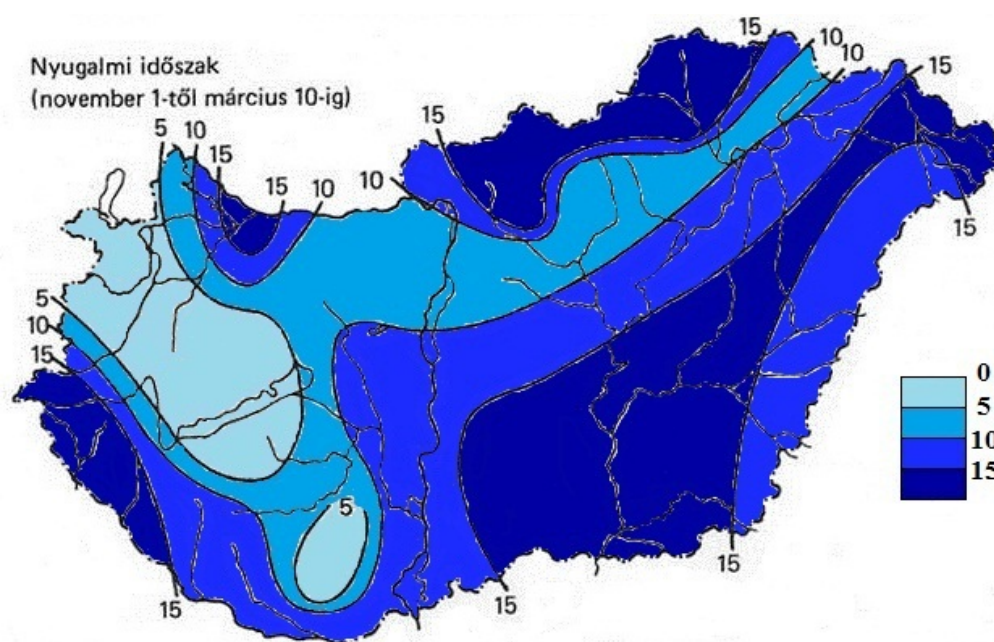
Szőlőtermesztésre döntően a 9–21 °C évi középhőmérsékletű izotermák között van lehetőség. Ez a terület az északi féltekén közelítőleg a 20. és 50., míg a déli féltekén a 20. és 40. szélességi körök közé esik. A legkiválóbb területek a 10–16 °C izotermák között helyezkednek el (Oláh, 1979, Kozma, 2002). A szőlő magyarországi termesztetőségét a száraz, meleg nyár, és az azt követő napsütéses ősz, valamint a délies lejtőkől fakadó többlépcsős sugárzás teszi lehetővé (Varga *et al.*, 2007).

A szőlő élete a mérsékelt övezetben éves ciklust követ (1. ábra). Ennek két fő szakasza (vegetációs és nyugalmi időszak) több egymást követő, illetve egymással párhuzamosan zajló fázisra bontható. Az egyes fenológiai állapotokra eltérő víz- és hőigény jellemző. A szőlő számára rendelkezésre álló nedvesség és hőmennyiség pontos mérése nehéz, így a legtöbb esetben ezeket a hőmérséklet- és csapadékviszonyokkal közelítik. A szőlő vegetációs periódusa (kőnyezés és a lombhullás közti időszak), akkor kezdődik, mikor a napi középhőmérséklet tartósan 10 °C feletti (Oláh, 1979; Kozma, 2002; Botos és Hajdú, 2004; Kissné Szabó és Marosi, 2006; Varga *et al.*, 2007).



1. ábra: A szőlő éves fenológiai ciklusa a mérsékelt övezetben (Oláh, 1979).

A szőlőskertek fény- és hőviszonyainak jellemzésére elterjedten használják a Branas-féle indexet, ám ez Magyarországra kis területi kiterjedése miatt nem alkalmazható. Dunkel *et al.* (1981) ebből kiindulva kidolgozták a radiotermikus indexet, mellyel már kisebb területeket is tudtak jellemezni. Munkájuk során rájöttek arra, hogy a lejtőkitettségnek hazánk területén elsősorban a tenyészidőszak elején és végén, valamint



3. ábra: A $-21\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nál alacsonyabb minimum hőmérsékletű napok számának területi eloszlása 1950–1979 között (Dunkel és Kozma, 1981 alapján).

A léghőmérséklet mérésén kívül a talaj hőmérsékletének figyelemmel kísérése is fontos a mezőgazdasági területeken. Mikor a talaj 20 cm-es mélységében a hőmérséklet eléri a $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot, megindulhat a nedvkeringés a szőlőben (Oláh, 1979).

Az elmúlt évtizedekben rengeteg olyan indexet hoztak létre, melyek leírják, hogy az adott területen lehetséges-e szőlőt termeszteni, illetve mely fajták termesztése javasolt. A legelterjedtebben használt ilyen típusú mérőszám az Huglin-féle heliotermikus index (Huglin, 1978) és az aktív hőösszeg (Davitaja, 1959), ám gyakran alkalmazzák a „cool night” és a „dryness” indexet is (Tonietto and Carbonneau, 2004; Keller, 2010).

Számos indexben az ültetvények csapadék- és hőmérsékleti viszonyai együttesen jelennek meg. Ezek egy része megadja, hogy az adott terület alkalmas-e szőlőtermesztésre (például a hidrotermikus koeficiens), mások a peronoszpóra-veszélyről adnak tájékoztatást (ilyen a csapadék-hőviszony index) (Kozma, 2002).

Az éghajlat állandó változásban van, ám az utóbbi évtizedekben egyértelmű tendenciák tapasztalhatók (IPCC, 2007). Emelkedett a földi átlaghőmérséklet, valamint a felszínközeli ózon és szén-dioxid mennyisége (Vingarzan, 2004). Mivel a szőlő szén-dioxid nyelőként működik, ez a megnövekedett szén-dioxid koncentráció kedvezően hathat a növény hozamára és vízhasznosítására. A hőmérséklet emelkedése azonban a termés csökkenését idézheti elő, mert egy küszöbértéken túl a fotoszintézis intenzitása erőteljesen lecsökken (Varga et al., 2007). Az átlagos léghőmérséklet változása a szőlőszemek sav- és

cukortartalmára is hatással van. A nyári hónapok átlaghőmérsékletének növekedése növeli a bogyók cukortartalmát és csökkenti a savtartalmát (*Horváth, 2008; Zanathy, 2008*). A hőmérséklet változása nemcsak a bogyók összetételére lehet hatással, hanem a szőlőtermesztés területi elhelyezkedésére is. Kutatások kimutatták, hogy 1 °C melegedés a termesztés határát akár 180 km-rel északabbra helyezheti, így a későbbiekben olyan területek is alkalmasak lehetnek szőlőtermesztésre, ahol erre jelenleg klimatikus szempontból nincs lehetőség (*Moisselin et al., 2002*). A hőmérséklet emelkedése miatt várhatóan télen ritkábban fognak fagykarak jelentkezni a szőlőnövényeken (*Szenteleki et al., 2011*).

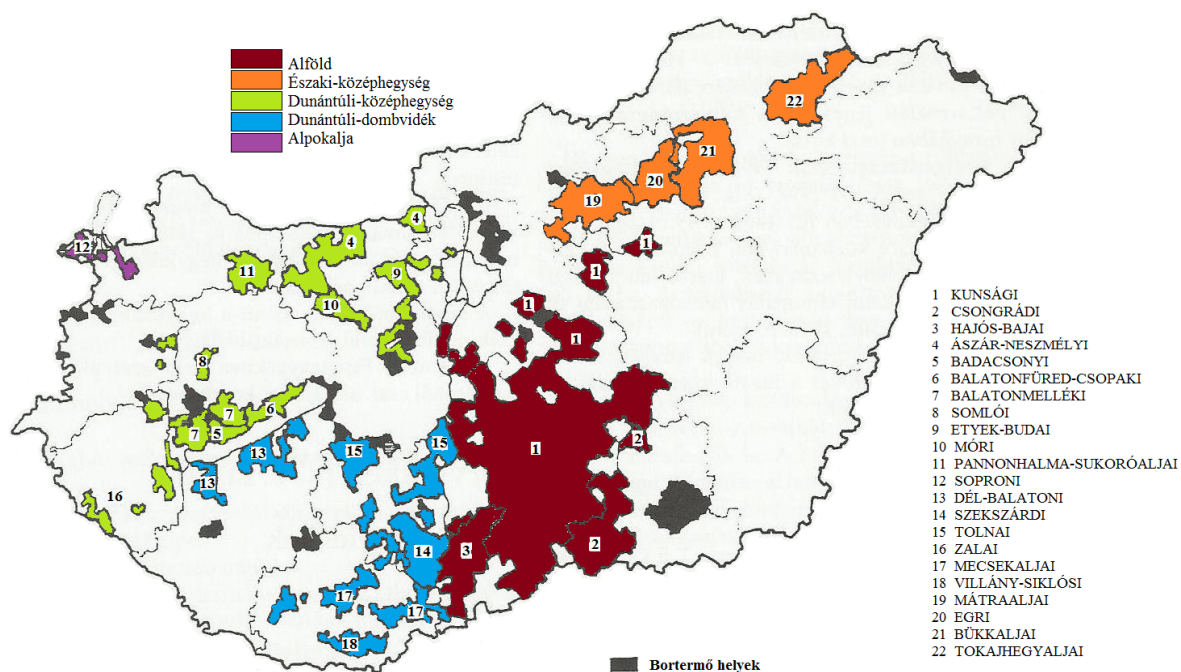
Az elmúlt évtizedekben az extrém időjárási események is gyakoribbá váltak (*Bartholy és Pongrácz, 2007*). Megnövekedett az aszályos időszakok, illetve a felhőszakadásszerű csapadékhullások éves száma. A napi középhőmérséklet menetében sem ritkák a nagy (télén akár 10–15 °C-os) ugrások. Emellett a tavaszi átmeneti időszak lerövidülése tapasztalható (*Horváth, 2008; Varga, 2005*). Ezzel párhuzamosan a szüret, illetve az egyes fenológiai fázisok is korábbra tolódtak. Az egyes fejlődési szakaszok is lerövidültek, ami előnyös lehet, mert a hajtások gyorsabban növekednek, így kisebb a nagyarányú atkás károk valószínűsége. A virágzási szakasz lerövidülésével javulnak a megporzási és megtermékenyülés feltételei is (*Stock et al., 2003; Zanathy, 2008*).

A fentiekből látszik, mennyire érzékeny a szőlő az éghajlat változásaira. Osztrák és német kutatások (*Stock et al., 2003; 2007*) azt mutatták, hogy a melegedés hatására várhatóan növekedni fog a vörösbort adó fajták aránya a fehérbort adókéval szemben. Ennek oka, hogy magasabb hőmérsékleten intenzívebbé válik a bogyók szín-, és aromaanyagának termelődése (*Zanathy, 2008*). Ezzel párhuzamosan Magyarországon biztosabbá válhat a késői érésű fajták termesztése (*Horváth, 2008; Szenteleki et al., 2011*).

3. Anyag és módszer

3.1. A vizsgált terület

A magyarországi borvidékek a szőlőtermesztés északi tartományába esnek. A termesztést elsősorban az ország változatos kistájai, és azok mezo- és mikroklímája teszi lehetővé. Az országban 22 borvidéket tartanak számon, melyek hasonló környezeti adottságaik alapján 5 régióba sorolhatók (4. ábra). A hazai borvidékeken domináns a fehérbort adó szőlőfajták termesztése, de az Alpokalján és a Dunántúli-dombvidéken nagy területen termesztnek vörösbort adó fajtákat is. A korai, közép és késői érésű fajták egyaránt megtalálhatók a Magyarországi ültetvényeken (Kozma, 2002; Hajdú, 2003).



4. ábra: Magyarország borvidékei és bortermő helyei (Kozma, 2002 és Hajdú, 2003 alapján).

3.2. A felhasznált regionális klímamodellek

Olyan kis területre, mint a Kárpát-medence, illetve Magyarország a globális klímamodellek (GCM) által nyújtott eredmények nem kielégítőek, ezért ezen területek éghajlati jellemzésére regionális klímamodelleket (RCM) használunk. Ezek finomabb térbeli felbontásúak, ezért a felszíni, domborzati adottságokat is részletesebben képesek figyelembe venni a futtatások során.

Munkám során az ENSEMBLES Európai Unió projekt (*van der Linden and Mitchell, 2009*) keretében elvégzett modellszimulációk közül a RegCM és az ALADIN regionális klímamodell (*Pongrácz et al., 2011*), illetve a Brit Meteorológiai Szolgálat Hadley Központjában kifejlesztett és a Kárpát-medence térségére adaptált PRECIS regionális klímamodell (*Wilson et al., 2007; Pieczka, 2012*) nyers outputjain végzett ún. percentilis-alapú hibakorrekciónal (*Formayer and Haas, 2009*) előállított adatsorokkal dolgoztam. Az eljárás során a szimulált napi mezősorokat az állomási méréseken alapuló E-OBS adatbázis (*Haylock et al., 2008*) rácspontonként meghatározott havi eloszlásai alapján korrigálták (*Pieczka et al., 2011*).

A fent említett regionális modellek jövőre vonatkozó számításainál a közepesnek mondható A1B forgatókönyvet (*Nakicenovic and Swart, 2000*) vették figyelembe. Ez a scenárió a légköri szén-dioxid koncentráció lassuló ütemű emelkedésével számol, mely a XXI. század végére meghaladja a 700 ppm-et.

Mindhárom modellfuttatás esetében 25 km-es horizontális felbontást alkalmaztak, így a kapott mezők a szőlészeti szempontból fontos mikroklímák pontos leírására nem alkalmasak, ám a várható tendenciák vizsgálatához kielégítőek. A feldolgozott szimulációs adatok (napi minimum-, maximum- és középhőmérséklet, valamint csapadékösszeg) az északi szélesség 44°–50°, valamint a keleti hosszúság 14°–26° közti területre és az 1951–2100 (illetve a PRECIS modell esetében 1951–2098) közti időszakokra vonatkoznak.

3.3. A vizsgált indexek

A szőlőtermesztés hatékonysága klimatikus szempontból különböző indexekkel írható le.

Az *effektív hőösszeg* – pusztán a napi középhőmérsékletek ismeretében – könnyen meghatározható, hogy az adott terület milyen hosszú érési idejű fajták termesztésére alkalmas. Ehhez a vegetációs időszak napi középhőmérsékleteit kell összegezni. Hasonló mérőszám az *aktív hőösszeg* (1. táblázat), de ez esetben a 10 °C-ot meghaladó értékeknél csak a 10 °C feletti részt adjuk össze (*Davitaja, 1959; Kozma, 2002*).

Fajta	Effektív hőösszeg (°C)	Aktív hőösszeg (°C)	Napok száma
	a rügyfakadástól a bogyók teljes éréséig		
Igen korai érésű	2200–2400	690–850	110–120
Korai érésű	2400–2600	850–1150	120–130
Középérésű	2600–2800	1150–1350	130–145
Kései és igen kései érésű	2800 felett	1350 felett	145 felett

1. táblázat: szőlőfajták csoportosítása az effektív, az aktív hőösszeg alapján (*Davitaja, 1959; Kozma, 2002*).

Az *Huglin-féle heliotermikus index* az átlaghőmérséklettel, a napi maximum hőmérséklettel, és a földrajzi szélességtől függő d változóval korrigálva ad egy értéket, mely meghatározza, hogy az adott területen mely fajtáknak kedveznek a klimatikus (elsősorban hőmérsékleti) körülmények (2. táblázat). Az Huglin-index a következő alakban írható fel:

$$HI = d \sum \frac{[(T - 10) + (T_x - 10)]}{2}, \quad (1.)$$

ahol d a földrajzi szélességtől függő érték, ami 1,02-től (északon a 40° földrajzi szélesség környéke) 1,06-ig (északon az 50° földrajzi szélesség környéke) változhat, T az átlagos, T_x pedig a maximum léghőmérséklet (°C). A fentiekhez hasonlóan, itt is csak a vegetációs időszakokra vonatkozó értékeket vesszük figyelembe (Huglin, 1978; Kozma, 2002).

Huglin-index (°C)	Fajta
2300	<i>Aramon</i>
2200	<i>Carignan</i>
2100	<i>Cinsaut, Grenache, Syrah</i>
2000	<i>Ugni blanc</i>
1900	<i>Chenin blanc, Olaszrizling, Merlot, Cabernet Sauvignon</i>
1800	<i>Cabernet franc, Kékfrankos</i>
1700	<i>Chardonnay, Rajnai rizling, Szilváni, Sauvignon blanc, Pinot noir</i>
1600	<i>Pinot blanc, Fűszeres tramini, Gamay</i>
1500	<i>Rizlingszilváni</i>
1400	<i>Irsai Olivér</i>

2. táblázat: Az Huglin-féle index értékei és az ajánlott szőlőfajták. Álló betűvel írtak fehérbort, a dőlt betűvel írtak vörösbort adó fajták. (Huglin, 1978; Kozma, 2002 alapján).

A szőlőnövény vegetációs periódusának a tartósan 10 °C feletti napi középhőmérsékletű időszakot vettük (Kozma, 2002).

A csapadék mennyiségét a vegetációs időszakokra vonatkozó csapadékösszeggel jellemezhetjük (Szenteleki et al., 2011). A szőlő számára 240–320 mm csapadék ideális a vegetációs időszak alatt (Varga et al., 2006), ám a szőlő vízfelhasználása nagymértékben függ a vegetációs fázistól. Oláh (1979) munkájából tudjuk, hogy a szőlő a rügyfakadástól a virágzás kezdetéig a teljes vízszükségletének 2%-át, a virágzás alatt 10%-át, a kötődéstől a zsendülésig 43%-át, és a zsendüléstől a beérésig 45%-át veszi fel a talajból. Ezek alapján azt mondhatjuk, hogy a szőlő számára júniusban és júliusban 70–100 mm, augusztusban 50–70 mm, és szeptemberben 25–35 mm csapadék szükséges, de nem szabad figyelmen kívül hagynunk a talaj víztároló képességét sem.

A csapadék-hőviszony indexszel (I_p) a peronoszpóra veszélyt állapíthatjuk meg, ha az indexet a tenyészidőszak öt hónapjára (április, május, június, július, augusztus) kiszámítjuk az alábbi képlet alapján:

$$I_p = 10^{-5} XP, \quad (2.)$$

ahol X az aktív hőösszeg ($^{\circ}\text{C}$), P a csapadékösszeg (mm) a felsorolt hónapokra vonatkozóan. Ha az index 4 feletti, akkor beszélünk peronoszpóra-vésről. Hazánkban a peronoszpóramentes években ez az érték 2,3–3,5 közötti (Kozma, 2002).

A csapadék és a hőmérséklet szőlőre gyakorolt együttes hatását a *hidrotermikus koeficienssel* (HTK) is jellemezhetjük. Ezt a vegetáció vízgazdálkodását mutató mérőszámot a következőképpen számíthatjuk:

$$HTK = 10P / T^0, \quad (3.)$$

ahol P a vegetációs időszak alatt lehullott csapadék (mm), T^0 az effektív hőösszeg ($^{\circ}\text{C}$). Azokon a területeken, ahol ez az érték 0,5 alatti, ott csak magas páratartalom vagy megfelelő öntözés mellett lehet szőlőt termeszteni. A hidrotermikus koeficiens maximuma 1,5–2,5, optimuma 1 körül van (Szeljanyinov, 1928; Kozma, 2002; Mikó, 2009).

Ezen mérőszámokon túlmenően vizsgáltuk a szélsőséges hőmérsékleti és csapadék események gyakoriságát (Oláh, 1979; Dunkel és Kozma, 1981; Horváth, 2008; Szenteleki et al., 2011). Ennek során az alábbi küszöbértékeket vettük figyelembe:

- ◇ -17°C -nál alacsonyabb hőmérséklet a téli nyugalmi időszakban,
- ◇ -21°C -nál alacsonyabb hőmérséklet a téli nyugalmi időszakban,
- ◇ -1°C -nál alacsonyabb hőmérséklet a vegetációs időszakban,
- ◇ 35°C -nál magasabb hőmérséklet a vegetációs időszakban,
- ◇ egymást követő 1 mm-nél kevesebb csapadékú napok száma,
- ◇ egymást követő 5 mm-nél nagyobb csapadékú napok száma.

4. Eredmények

A most bemutatott eredmények mindegyikénél a vegetációs időszakot hőmérsékleti alapon vettem figyelembe, vagyis a tartósan 10 °C feletti napi középhőmérsékletű időszakokkal számoltam. A fejezet végén bemutatom, mekkora eltérést okoz, ha nem hőmérsékleti, hanem naptári alapon (április 1. – szeptember 30.) végezzük a számításokat. Fontos megemlíteni, hogy a számítások a vegetációs időszak egészére vonatkoznak, vagyis nem csak a beérésig végeztem a számításokat, így az 1. táblázat értékeivel való összehasonlítás nem teljesen kielégítő.

Az 1961–1990 közti időszakra Magyarországon az effektív hőösszeg 2600–3000 °C, míg az aktív 1200–1400 °C (5–6. ábra) körüli értéket vett fel a modellek szerint. Ha figyelembe vesszük, hogy ez a teljes vegetációs időszakra vonatkozik, akkor megállapíthatjuk, hogy a modellek szerint a XXI. század végén a hőmérsékleti adottságok a korai és középérésű fajták termesztését tette lehetővé. Feljegyzésekből tudjuk, hogy ezek mellett a fajták mellett Magyarországon késői érésű (elsősorban fehérbort adó) fajtákat is telepítettek. Fontos szem előtt tartani, hogy a kapott értékek átlagok, vagyis előfordulnak olyan évek, mikor az effektív, illetve az aktív hőösszeg ennél az értéknél kisebb, illetve nagyobb. Ez azt jelenti, hogy egyes években nincs, máskor van elegendő hőmennyiség a hosszabb vegetációs fázissal rendelkező fajták beéréséhez.

A modelladatok nem veszik figyelembe a lejtőkitettségből származó többletsugárzást, így a domb-, illetve hegyvidékeken (például az Alpokalja térségben) kisebb hőellátottságot mutatnak a térképek, így azt sugallják, hogy ott a kisebb hőigényű fajták beérése biztosított. A 7. és 8. ábrán is látható, hogy a heliotermikus index alapján is azt állíthatnánk, hogy az alföldi borvidékeken lehet hőigényesebb fajtákat termesztetni, az Alpokalján kevésbé hőigényeseket. Ennek épp az ellenkezője tapasztalható a gyakorlatban, melynek oka a lejtőkitettségből adódó többletsugárzás.

A hőmérsékletileg lehetséges vegetációs periódus hossza (9. ábra) a referencia időszakban mindhárom modell esetében 160–190 nap közé esett Magyarország területén, ami körülbelül egy hónappal hosszabb, mint a korai és középérésű fajták érési ideje az 1. táblázat szerint. A tapasztalataink is azt mutatják, hogy a bogyóérés és a lombhullás között akár egy hónap is eltelhet, így tulajdonképpen ismét azt kaptuk, hogy a referencia időszakban a magyarországi hőmérsékleti viszonyok a korai és középérésű fajták termesztését tették lehetővé, de tapasztalataink szerint késői érésű fajtákat is termesztettek ebben az időszakban.

Rövid- és hosszútávon egyaránt a hőösszegek növekedése várható (5–8. ábra). Ez a növekedés nem egyenletes, ugyanis mindhárom modell a század közepére kisebb ütemű emelkedést, a század végére markánsabb változást mutat.

Az ALADIN és RegCM adatokból számolt értékek jól együtt mozognak. Az effektív hőösszeg a modellszimulációk alapján 3000–3600 °C-ra, míg az aktív hőösszeg 1400–1700 °C-ra fog növekedni. Az Huglin-féle heliotermikus index Magyarország területén 1800 °C fölé fog várhatóan emelkedni, illetve az Alföld területén 2300 °C fölötti értékek is előfordulhatnak. A 8. ábráról látható, hogy az 1980-as évektől kezdve minden borrégióban a korábbiakhoz képest meredekebben emelkedik a heliotermikus index értéke.

A PRECIS modell alapján sokkal markánsabb emelkedés várható. Az effektív hőösszeg 3400–3900 °C-ra, míg az aktív 1600–2000 °C-ra emelkedhet. A heliotermikus index rövidtávon várhatóan szinte a teljes ország területén eléri a 2300 °C értéket. A 8. ábrán a PRECIS adatok görbéi emelkednek a legmeredekebben, vagyis ez a modell mutatja a legnagyobb változást a század közepére.

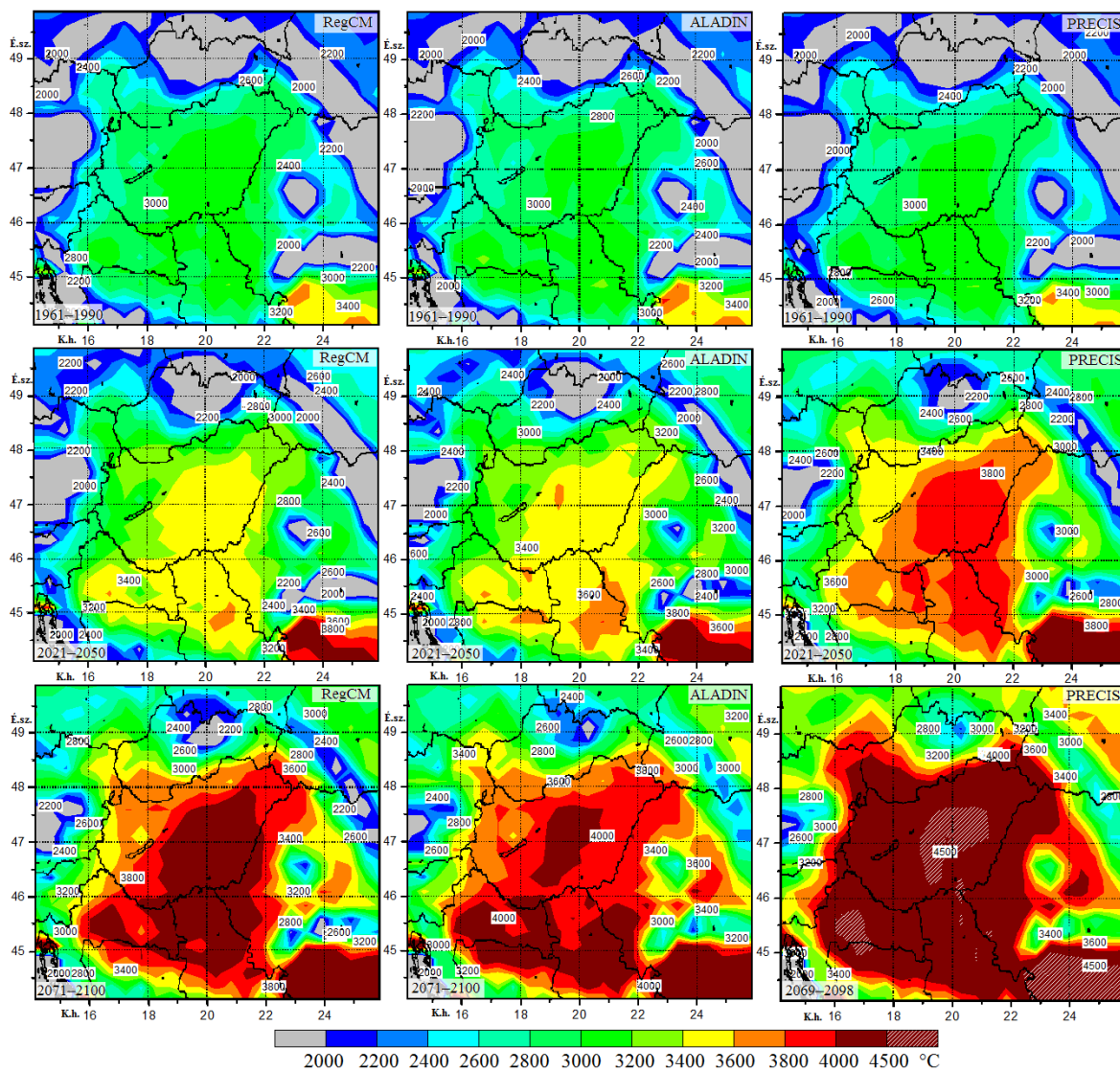
Mindhárom modell a vegetációs időszak hosszabbodását jelzi rövidtávon (9. ábra). A XXI. század közepére a szőlő meteorológiailag lehetséges vegetációs periódusa 180–210 nap is lehet, bár az ALADIN modell ennél kisebb értékeket ad (180–200 nap).

Mindezek azt sugallják, hogy a XXI. század közepére késői érésű fajták elterjedése a jelenleginél dominánsabbá válhat. Mivel a hőtöbblet lehetővé teszi a szín- és aromaanyagok kifejlődését, így lehetőség válhat számos borvidéken a vörösbort adó szőlőfajták nagyobb arányú termesztése.

Hosszútávon is az előbbiekhöz hasonló tendenciák várhatók (5–9. ábra). Az ALADIN és a RegCM modellek alapján az effektív hőösszeg 3400 °C fölé emelkedhet az országban, de az alföldi térségben 4000 °C fölötti átlagos értékek is előfordulhatnak. Ezzel párhuzamosan az aktív hőösszeg 1700–2200 °C körüli értékeket vehet fel. A PRECIS adatokból származtatott értékek markánsabb változást mutatnak. Az effektív hőösszeg 4000–4600 °C közötti, míg az aktív 2000–2500 °C közötti átlagos értékekkel rendelkezhet. Az Huglin-féle heliotermikus index hosszútávon az ország egész területén mindhárom modell alapján 2300 °C fölötti értékeket fog felvenni.

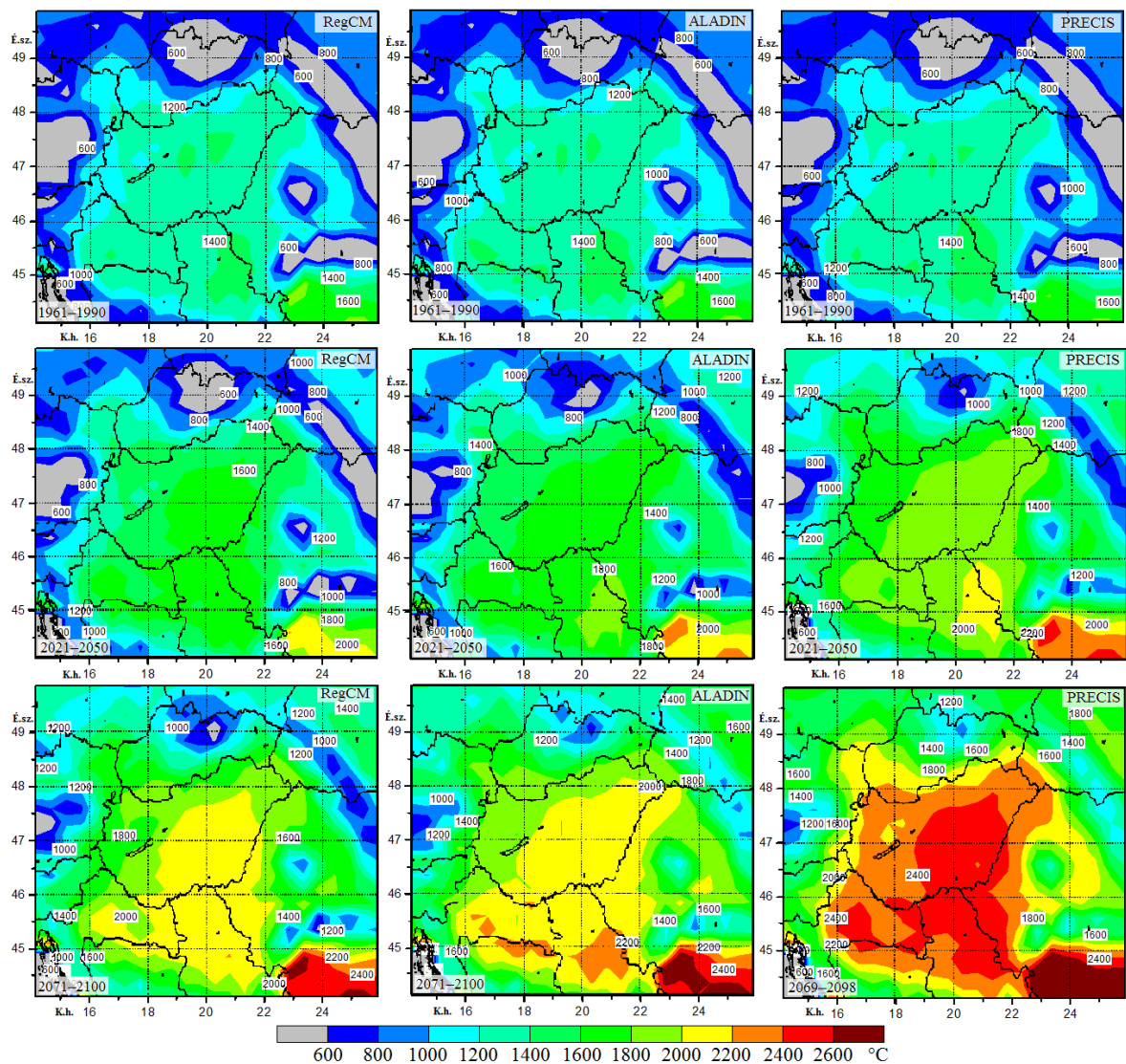
Hosszútávon a meteorológiailag lehetséges vegetációs időszak még tovább hosszabbodhat (9. ábra). Időtartama elérheti 200–220 napot, illetve a PRECIS modelladatokkal végzett számítás 210–230 napos vegetációs időszakot adott.

A fentiek alapján azt mondhatjuk, hogy a XXI. század végére a hazai borvidékek hőmérsékleti adottságai lehetővé tehetik a mediterrán vörösbort adó szőlőfajták termesztését.



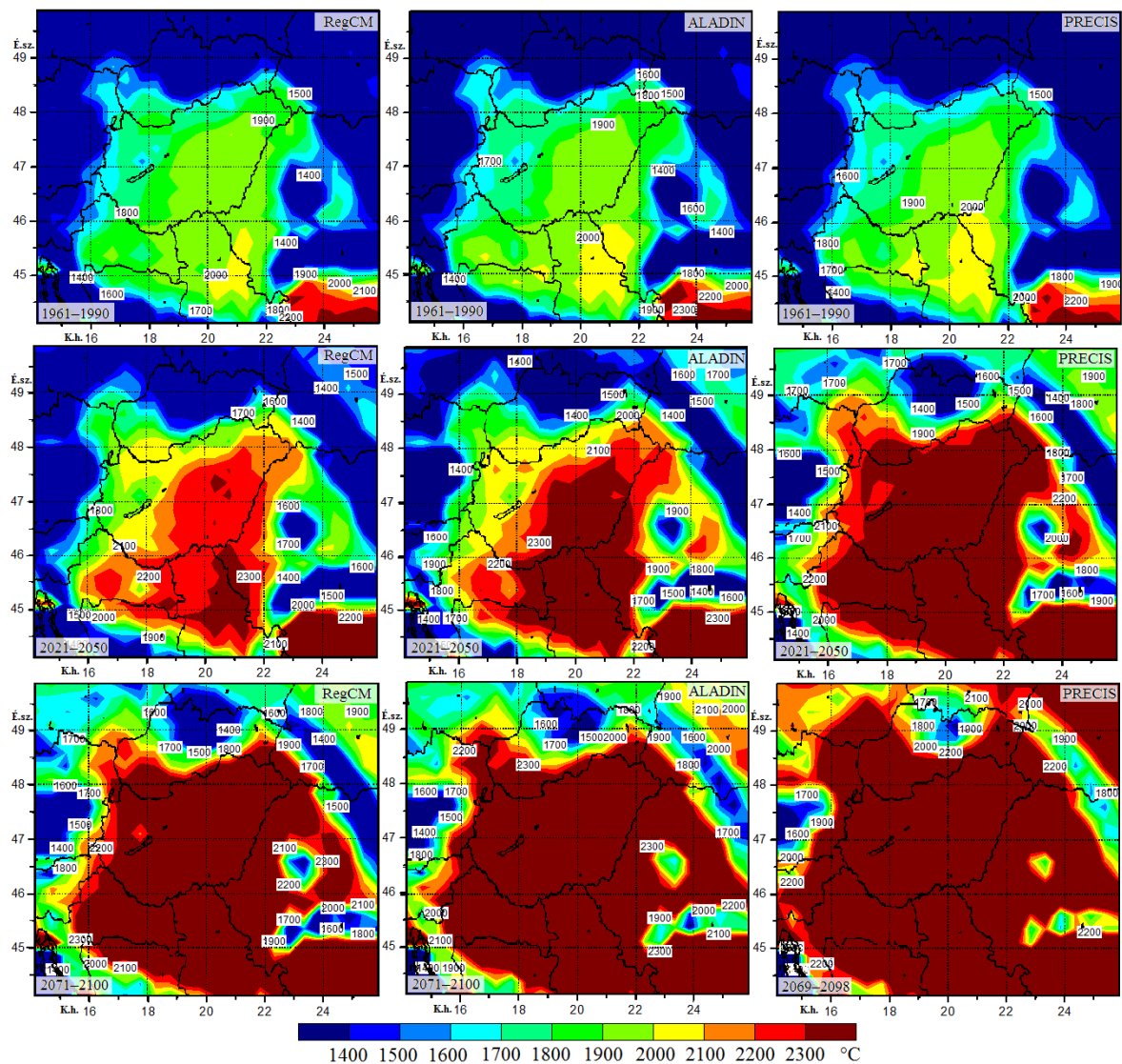
5. ábra: Az effektív hőösszeg index értékei a Kárpát-medencében a RegCM (bal), az ALADIN (közép) és a PRECIS (jobb) modell alapján az 1961–1990 (fent), 2021–2050 (középen) és az 2071–2100* (lent) időszakban.

* PRECIS modell esetében adathiány miatt 2069–2098 közötti időszakot vettem figyelembe. Ez az összes hosszútávra vonatkozó számításnál igaz.



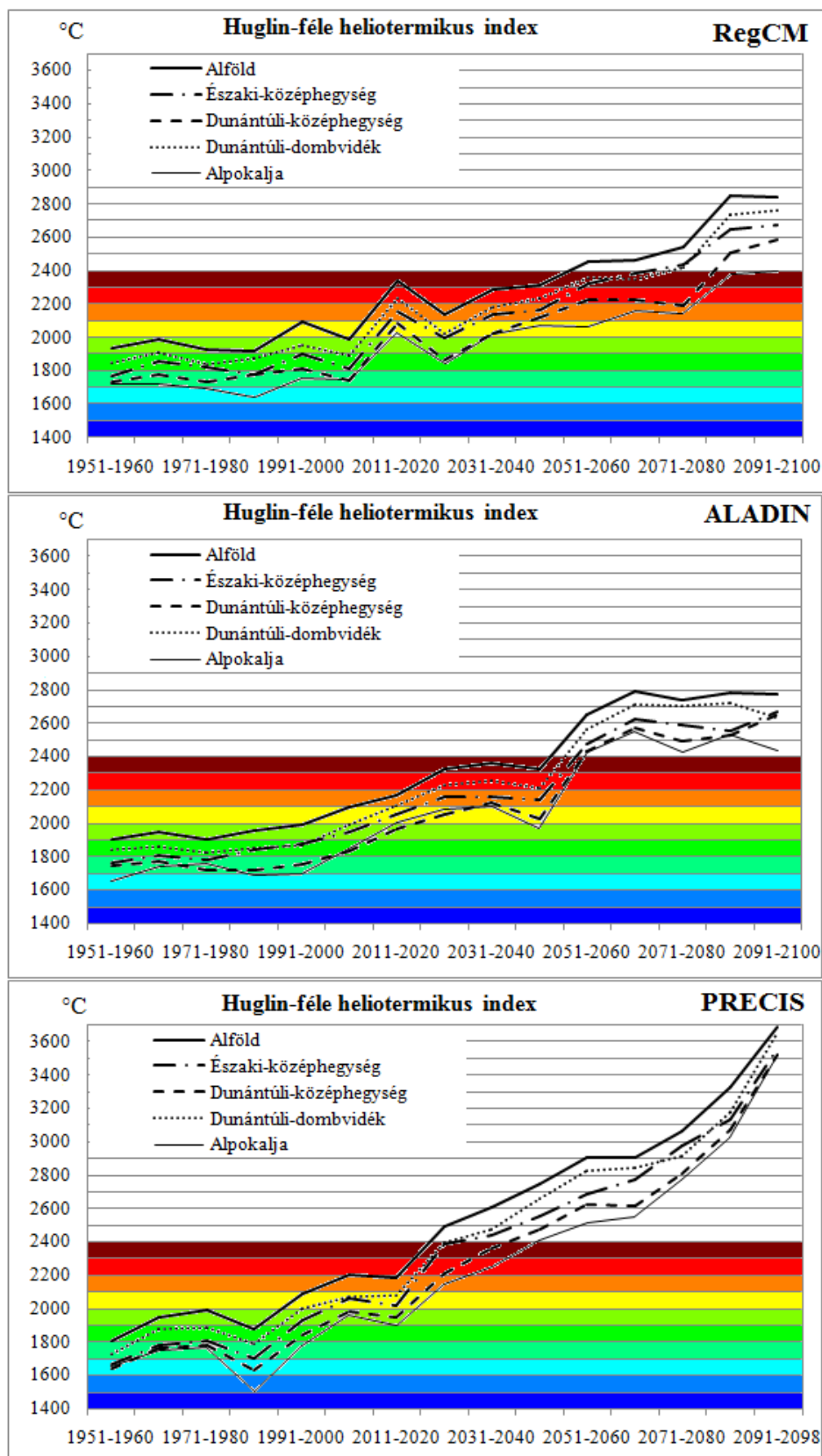
6. ábra: Az aktív hősszeg értékei a Kárpát-medencében a RegCM (bal), az ALADIN (közép) és a PRECIS (jobb) modell alapján az 1961–1990 (fent), 2021–2050 (középen) és az 2071–2100* (lent) időszakban.

* PRECIS modell esetében adathiány miatt 2069–2098 közötti időszakot vettem figyelembe. Ez az összes hosszútávra vonatkozó számításnál igaz.



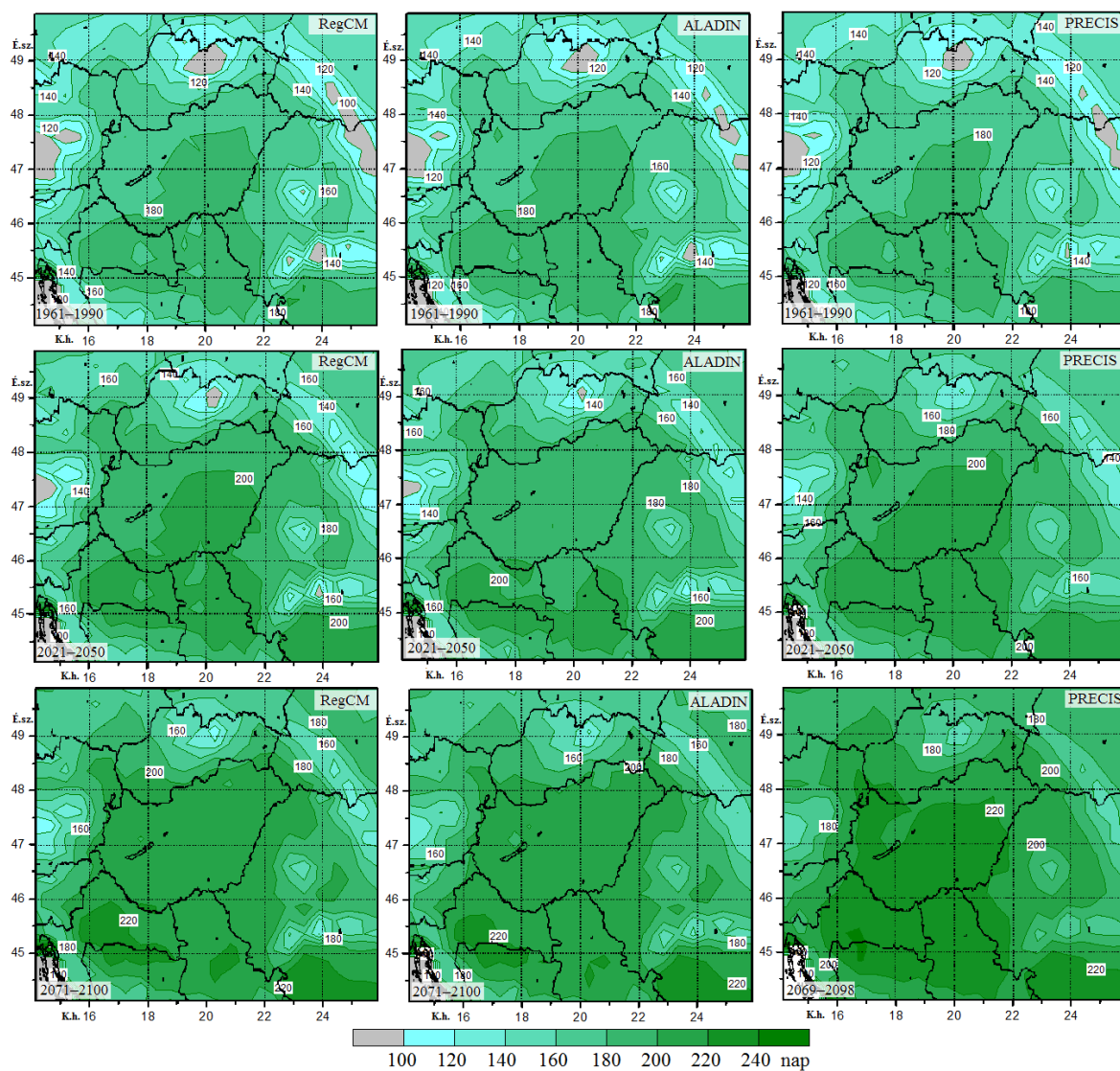
7. ábra: Az Huglin-féle heliotermikus index értékei a Kárpát-medencében a RegCM (bal), az ALADIN (közép) és a PRECIS (jobb) modell alapján az 1961–1990 (fent), 2021–2050 (középen) és az 2071–2100* (lent) időszakban.

* PRECIS modell esetében adathiány miatt 2069–2098 közötti időszakot vettem figyelembe. Ez az összes hosszútávra vonatkozó számításnál igaz.



8. ábra: A Huglin-féle heliothermikus index évtizedes várható változása a Kárpát-medencében, 1951–2100*.

* PRECIS modell esetében adathiány miatt 1951–2098 közötti időszakot vettem figyelembe. Ez az összes hosszútávra vonatkozó számításnál igaz.



9. ábra: A vegetációs időszak átlagos hossza a Kárpát-medencében a RegCM (bal), az ALADIN (közép) és a PRECIS (jobb) modell alapján az 1961–1990 (fent), 2021–2050 (középen) és az 2071–2100* (lent) időszakban.

* PRECIS modell esetében adathiány miatt 2069–2098 közötti időszakot vettem figyelembe. Ez az összes hosszútávra vonatkozó számításnál igaz.

Az éves átlagok mellett a szélsőséges hőmérsékleti értékek előfordulásának is jelentős szerepe van.

A PRECIS modellel végzett munkám során nem fordultak elő $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatti hőmérsékleti minimumok, így csak a RegCM és ALADIN modellre végeztem el az elemzést.

Látható, hogy a mérésekből számított az 1950–1979 közti időszakra vonatkozó $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatti minimum hőmérsékletű napok számát (2. ábra) a RegCM és az ALADIN modell jól közelíti (10. ábra és 3. táblázat). Az eltérés egyik oka lehet, hogy a referencia és a mérési időszak nem teljesen fedik egymást. A referencia időszakban minden 2–3. évben várható a kevésbé fagyűrő fajtáknál fagykárosodás, ami a század közepére lecsökken, így csak minden 5–10. évben kell nagyobb téli fagykárrel számolni. A modellek elsősorban az Északi-középhegységet minősítették fagyveszélyesnek. Az Alpoknál szinte nem is adtak $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatti minimum hőmérsékletű napot. A RegCM és ALADIN modell alapján hosszútávon szinte teljesen eltűnnek az ilyen fagykárveszélyes évek Magyarországról. Mindössze 10–30 évente jelentkezhet fagyveszély.

A $-21\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatti minimum hőmérsékletű napok számát a modellek alulbecslik (3. és 11. ábra és 4. táblázat), habár ez a hiba az összehasonlítandó két időszak nem tökéletes fedéséből is következhet. Az 1961–1990 közti időszakban a modellek szerint a magyarországi borrégiókban átlagosan 5–10 évente fordultak elő $-21\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatti minimum hőmérsékletű napok. Rövid- és hosszútávon az ilyen események szinte teljesen el fognak tűnni a RegCM és ALADIN modell szerint.

A vegetációs időszakban a kifakadt rügyek már $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ léghőmérsékleten károsodhatnak. Sajnos ilyen esetekre nem találtam méréseken alapuló tanulmányt, így most csak származó saját eredményeimet mutatom be.

A felhasznált szimulációk alapján a referencia időszakban 2–3 évente jelentkezett $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatti léghőmérsékletet a vegetációs periódusban a magyarországi borvidékeken (12. ábra és 9. táblázat /lásd később/). A számítások alapján ez sem rövid-, sem hosszútávon nem fog jelentősen módosulni. Eredményeim szerint a legfagyveszélyesebb Magyarország középső, valamint a délnyugati és északnyugati területe. A fagyveszélyes években átlagosan 3–6 alkalommal fordult elő a vegetációs időszakban -1°C -nál alacsonyabb léghőmérsékleti érték.

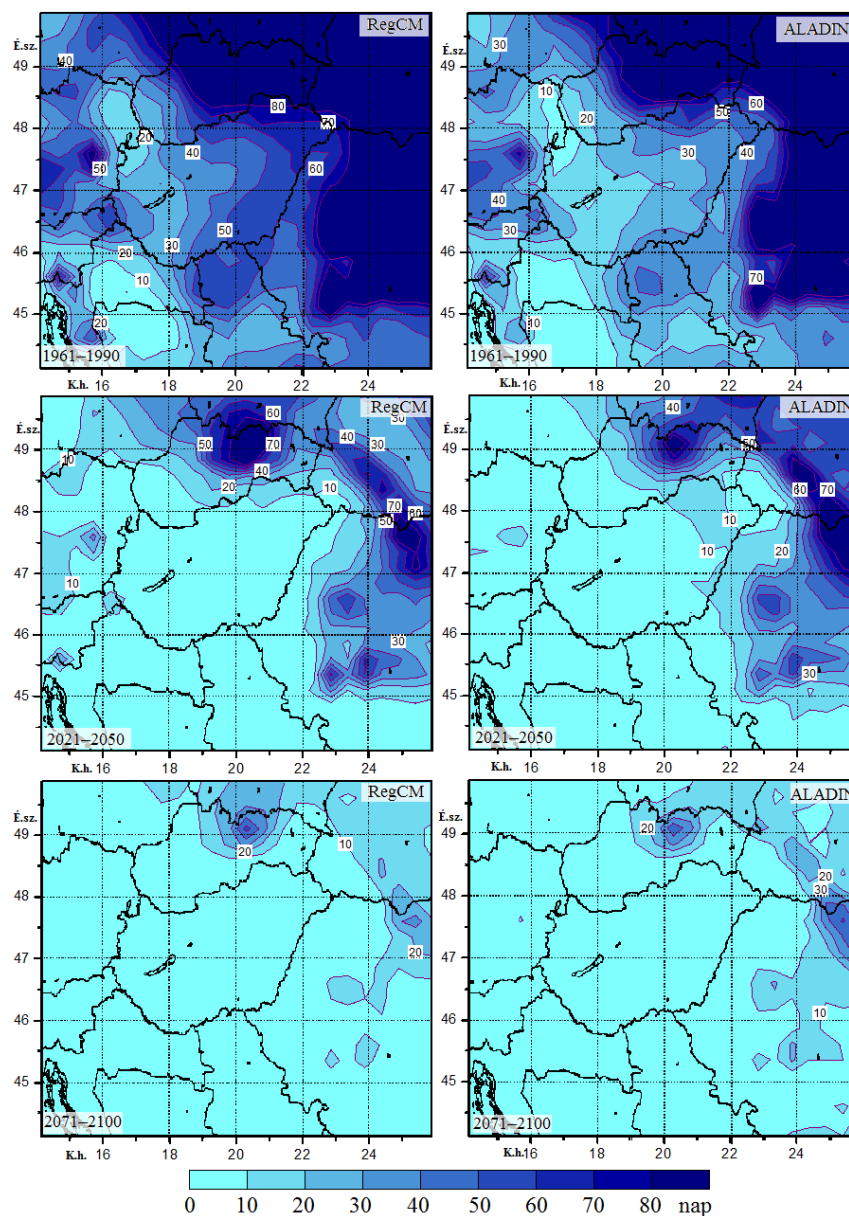
Rövidtávon azokban az években, mikor ilyen fagyos esemény történt, a RegCM esetén a déli, az ALADIN esetében az északi területeken tapasztalhatunk enyhe, 1–2 napos növekedést. A PRECIS modell az ország középső, és délkeleti részére ad 2–3 napos

csökkenést.

Hosszútávon a RegCM és a PRECIS modell az északi területeken a fagyos napok terén jelentős csökkenést mutat. Ez azt jelenti, hogy azokban az években, mikor tavaszi fagy jelentkezik, csak 1–3 nap mérhetnek $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatti léghőmérsékletet. Érdekes, hogy a két említett modell a nyugati területen ellentétes változást jelez. A RegCM szerint akár 10 napig is tarthat a fagy, míg a PRECIS szerint csak 3–4 napig. Az ALADIN modell a középső és nyugati területekre mutat néhány napos hosszabbodást a tavaszi fagyos napok területén.

A vegetációs időszaki extrém meleg napokat is megsínyli a szőlő. A referencia időszakban a modelleredmények alapján átlagosan 2–8 évente jelentkeztek $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ feletti maximum hőmérsékletű napok (5. táblázat). A RegCM modell szerint gyakran, míg az ALADIN alapján ritkán várhatók ilyen évek. Abban az évben, mikor ilyen nap jelentkezik, átlagosan 1–4 nap emelkedhet $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ fölé a napi maximum hőmérséklet (13. ábra).

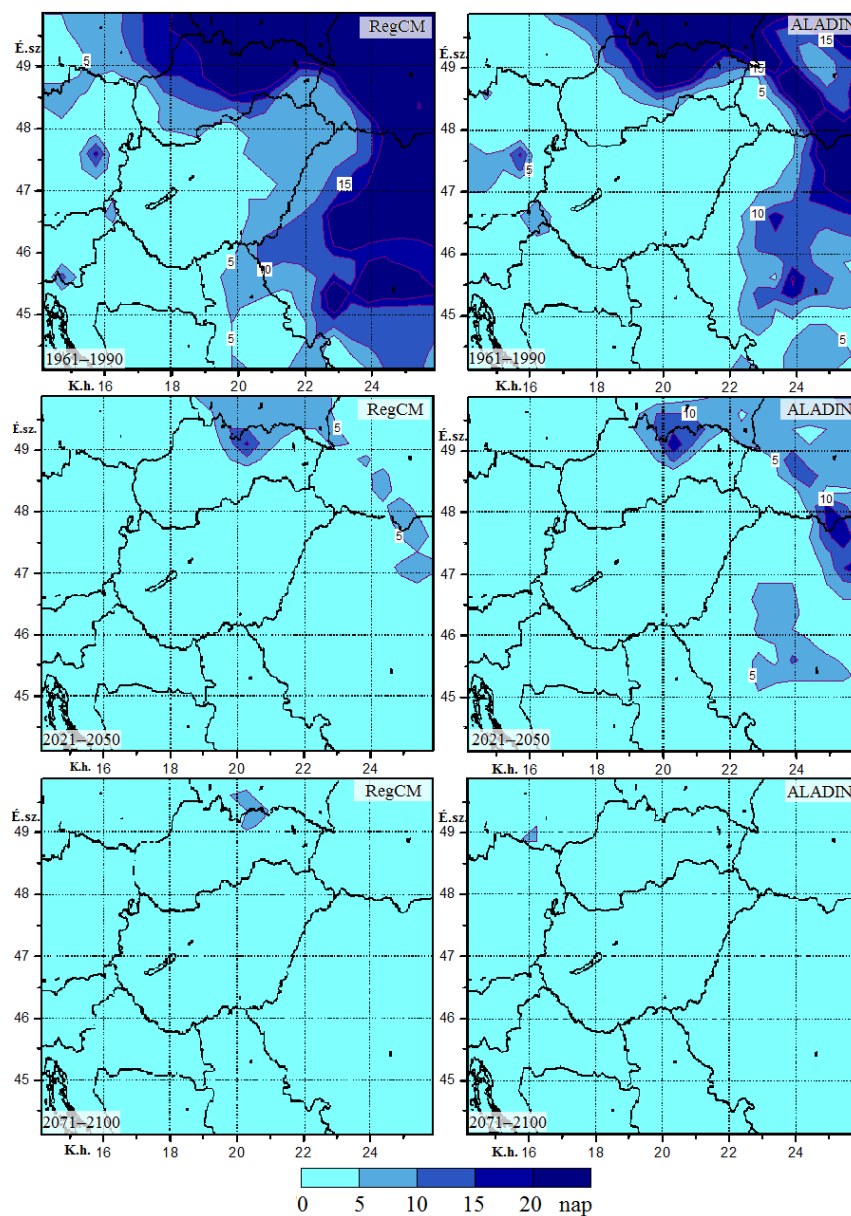
Rövid- és hosszútávon drasztikusan megnő az extrém magas hőmérsékletű napú évek száma (5. táblázat). Mindhárom modell szerint rövidtávon minden, vagy minden második, míg hosszútávon minden évben kell ilyen eseményre számítani. Azokban az években, mikor előfordul $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ feletti hőmérséklet, rövid és hosszútávon egyaránt többször jelennek meg éves szinten ilyen forró napok (13. ábra). Leggyakrabban az alföldi régiókban számíthatunk ilyen extrém hőmérsékletű eseményekre. A RegCM modell szerint rövidtávon 2–4 nap lesz ilyen az adott években, ám hosszútávon ez az érték 5–13 napot is elérhet. Az ALADIN és a főleg PRECIS modell esetében drasztikusabb ez a változás. Rövidtávon átlagosan 8–16 ilyen napra lehet évente számítani, de hosszútávon akár évente 27–40 $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ feletti maximum hőmérsékletű nap is előfordulhat.



10. ábra: A -17°C alatti minimum hőmérsékletű napok száma a Kárpát-medencében a RegCM (bal) és az ALADIN (jobb) modell alapján az 1961–1990 (fent), 2021–2050 (középen) és az 2071–2100 (lent) időszakban.

–17 °C alatti minimum hőmérsékletű napú évek száma										
	Alföld		Északi-középhegység		Dunántúli-középhegység		Dunántúli-dombvidék		Alpokalja	
	Re	AL	Re	AL	Re	AL	Re	AL	Re	AL
1961–1990	17	15	22	18	17	17	15	12	7	5
2021–2050	3	6	7	8	8	3	5	2	1	1
2071–2100	1	1	1	2	3	2	1	1	0	1

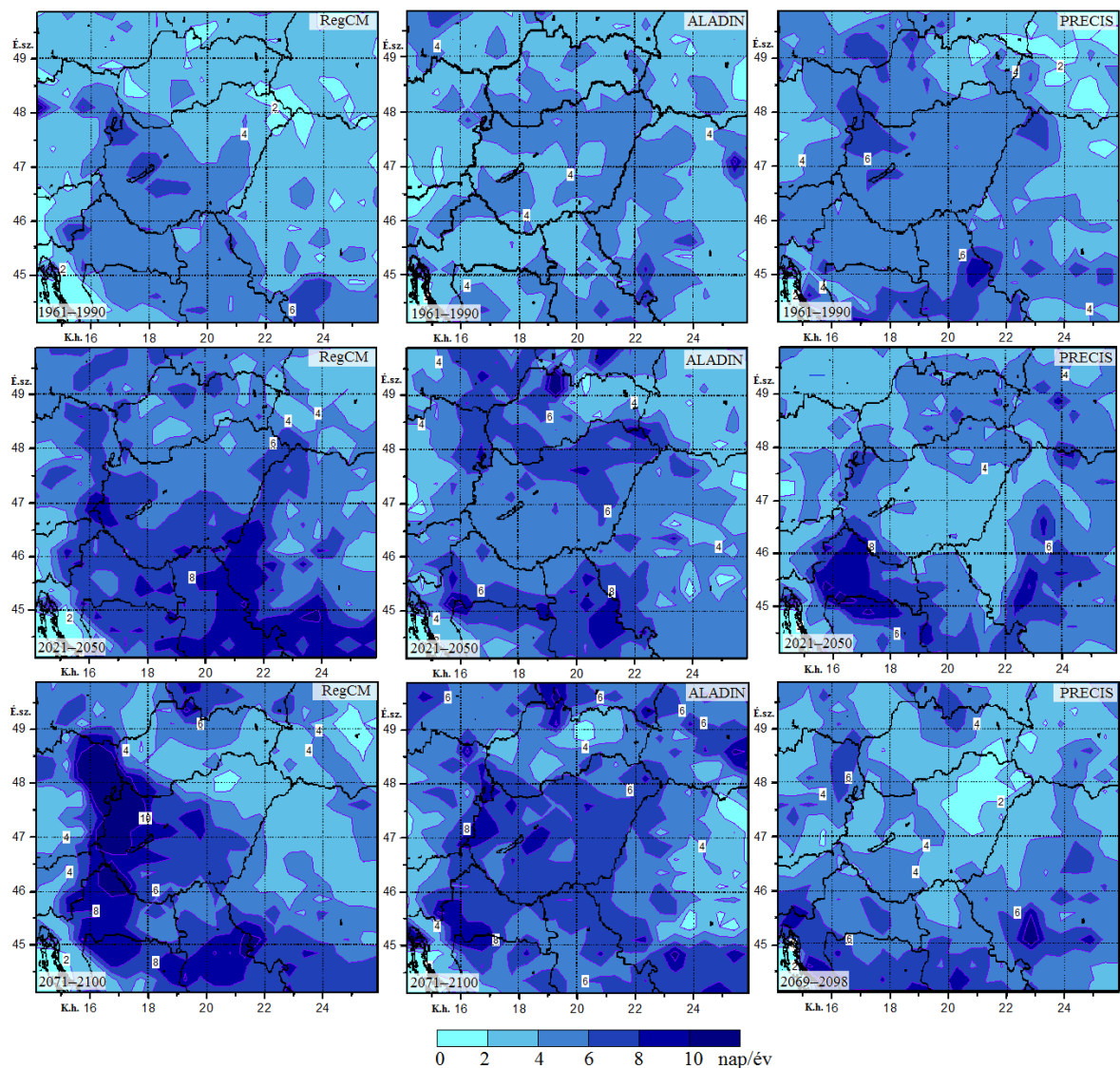
3. táblázat: A -17°C alatti minimum hőmérsékletű napú évek számának változása a magyarországi borrégiókban a RegCM (Re), az ALADIN (AL) modell alapján (1961–1990, 2021–2050, 2071–2100).



11. ábra: A -21 °C alatti minimum hőmérsékletű napok száma a Kárpát-medencében a RegCM (bal) és az ALADIN (jobb) modell alapján az 1961–1990 (fent), 2021–2050 (középen) és az 2071–2100 (lent) időszakban.

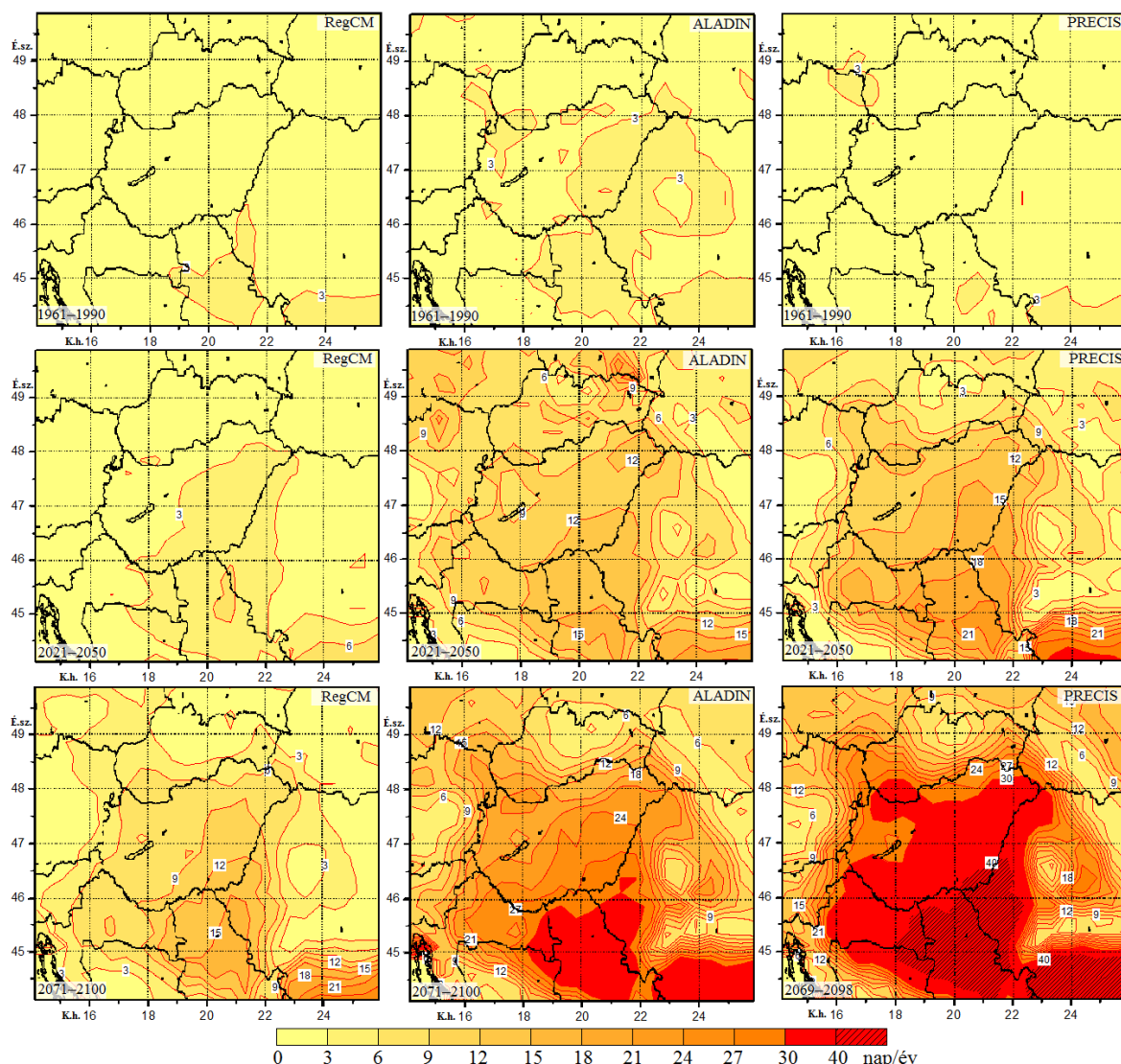
–21 °C alatti minimum hőmérsékletű napú évek száma										
	Alföld		Északi-középhegység		Dunántúli-középhegység		Dunántúli-dombvidék		Alpokalja	
	Re	AL	Re	AL	Re	AL	Re	AL	Re	AL
1961–1990	4	6	7	5	3	3	3	3	1	0
2021–2050	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0
2071–2100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

4. táblázat: A -21 °C alatti minimum hőmérsékletű napú évek számának változása a magyarországi borrégiókban a RegCM (Re), az ALADIN (AL) modell alapján (1961–1990, 2021–2050, 2071–2100).



12. ábra: $A -1\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatti minimum hőmérsékletű napok éves átlagos száma a vegetációs időszak során a Kárpát-medencében a RegCM (bal), az ALADIN (közép) és a PRECIS (jobb) modell alapján az 1961–1990 (fent), 2021–2050 (középen) és az 2071–2100* (lent) időszakban.

* PRECIS modell esetében adathiány miatt 2069–2098 közötti időszakot vettem figyelembe. Ez az összes hosszútávra vonatkozó számításnál igaz.



13. ábra: A 35 °C feletti maximum hőmérsékletű napok éves átlagos száma a Kárpát-medencében a RegCM (bal), az ALADIN (közép) és a PRECIS (jobb) modell alapján az 1961–1990 (fent), 2021–2050 (középen) és az 2071–2100* (lent) időszakban.

35 °C feletti maximum hőmérsékletű napú évek száma															
	Alföld			Északi-középhegység			Dunántúli-középhegység			Dunántúli-dombvidék			Alpokalja		
	Re	AL	PR	Re	AL	PR	Re	AL	PR	Re	AL	PR	Re	AL	PR
1961–1990	19	12	15	13	7	7	12	7	8	15	12	12	6	4	4
2021–2050	25	26	30	18	21	30	19	20	29	21	24	30	14	12	28
2071–2100*	30	29	30	30	28	30	30	28	30	30	28	30	25	27	30

5. táblázat: A 35 °C feletti maximum hőmérsékletű napú évek számának változása magyarországi borrégiókban a RegCM (Re), az ALADIN (AL), és a PRECIS (PR) modell alapján (1961–1990, 2021–2050, 2071–2100*).

* PRECIS modell esetében adathiány miatt 2069–2098 közötti időszakot vettem figyelembe. Ez az összes hosszútávra vonatkozó számításnál igaz.

A növények szempontjából a másik fontos tényező a nedvesség. Ezt a vegetációs időszak alatti csapadékösszeggel jellemezhetjük. A referencia időszakban ez a csapadékösszeg mindhárom modell alapján többnyire az ideálisnak mondható 240–320 mm között alakult, bár az Alpokaljára a kedvezőnél kicsivel több csapadékot jeleznek (10. táblázat /lásd később/). Az Alföld és a Dunántúli-dombvidék bizonyult a legszárazabbnak. Rövidtávon a modellek minden bórregióban többnyire nedvesedést mutatnak. Egyes területeken (például a Dunántúli-középhegységben) az ideális fölé emelkedhet a csapadékösszeg. Hosszútávon a RegCM modell a referencia időszakhoz képest minden régióban nedvesedést mutat. Az ALADIN az Északi-középhegységben szárazodást, az Alpokalján nedvesedést adott. A többi régióban nem adott jelentősebb változást. A PRECIS az Északi-középhegységben szárazodást, az Dunántúli-dombvidéken nedvesedést jelez a XXI. század végére. A többi régióban nem adott jelentősebb változást az 1961–1990 közti időszakhoz képest.

Vizsgáltam a vegetációs időszaki (április – szeptember) csapadék eloszlását az egyes borvidékeken, illetve hogyan fog ez változni a jövőben (14–16. ábra). A szőlő számára a nyári csapadék nagyon fontos. A magyarországi bórregiókban nyáron havi körülbelül 60 mm csapadék hullik mindhárom modell szerint. Június hónapban nem ritkák a 70 mm-es csapadékok sem, ami a szőlő virágzási fázisában kedvezően hathat. Tapasztalataink szerint a magyarországi bórregiók csapadéka elegendő a szőlő számára. Öntözésre nincs szükség.

A csapadék eloszlásának változását tekintve nem adnak egységes képet a modellek. Rövidtávon (15. ábra) a RegCM modell áprilisban szárazodást, a vegetációs időszak további részében nedvesedést ad (kivétel: Északi-középhegység, július). A nyári nedvesedés akár kedvező is lehet a szőlő növekedése szempontjából. Az őszi nedvesedés azonban veszélyest jelenthet, mert könnyebben kialakulhatnak gombás megbetegedések. Az ALADIN modell tavaszra nedvesedést, nyár elejére gyenge szárazodást, nyár végére és ősz elejére többnyire nedvesedést adott (kivétel az Északi-középhegység, ahol a nyári hónapokban egyértelmű szárazodás látszik). A júniusi szárazodás, ha a virágzáskor éri a szőlőt jelentős termés kiesést okozhat. Ezt eredményezheti a szeptemberi sok csapadék is. A PRECIS modell a tavasz végén enyhe nedvesedést, nyáron erőteljesebb szárazodást, míg szeptemberben enyhe nedvesedést jelez rövidtávra. Ez a változás kifejezetten káros lehet a szőlő életére, ugyanis a megfelelő nyári csapadék hiányában nem tud a növény megfelelően fejlődni. A szeptemberi többletcsapadék szintén csökkentheti a termés mennyiségét és minőségét.

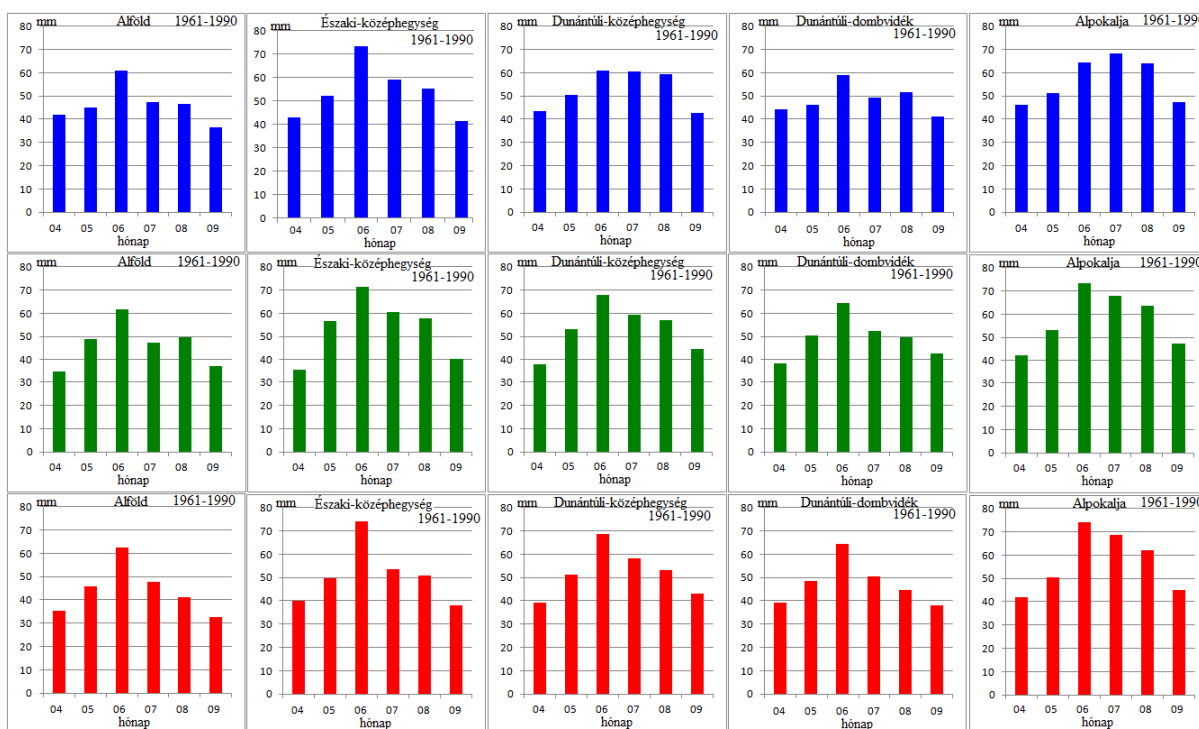
A hosszútávú változások irányai (16. ábra) nem minden esetben egyeznek meg a rövidtávú változások irányával. RegCM modell hosszútávon egyértelmű szárazodást adott tavasz végére és nyár elejére, és markáns nedvesedést szeptemberre. Ez a változás kimondottan csökkenti a termés mennyiségét, ha a virágzás időszakában jelentkezik a csapadékhiány, illetve a vegetációs időszak végi párás környezetben könnyen alakulnak ki gombás megbetegedések. Az ALADIN és a PRECIS modell a nyári hónapokra és szeptemberre erőteljes szárazodást adott. A megfelelő mennyiségű vízutánpótlás gondot jelenthet nyáron, de a szeptemberi szárazabb körülmények között csökkenhet a gombás fertőzések száma.

Vizsgáltam az éves maximális csapadékos, illetve az aszályos időszak hosszának változását is. A referencia időszakban az éves maximális napi 1 mm-nél kisebb csapadékú időszak hossza (17. ábra és 20. ábra /lásd később/) a RegCM és PRECIS modell alapján 22–36 nap közti átlagos értéket mutat. Az ALADIN modelladatok 24–32 napos éves maximális aszályidőszakot adnak.

Rövidtávon a RegCM esetében országosan néhány nap csökkenés várható. Ez leginkább az Alpokalja térségére jellemző. Az ALADIN modell változatos képet mutat. Általánosságban nagyobb szélsőségek lehetnek jellemzőek a XXI. század közepén az éves maximális aszályos időszakok hosszát tekintve. A délebbi országrészekre rövidülést vagy stagnálást, az északi területekre és az Alpokalja térségére enyhe hosszabbodást adott a modell. A PRECIS modell a XXI. század közepére az ország szinte teljes területére (elsősorban azonban a keleti területekre) néhány nap hosszabbodást jelzett (kivétel az Alpokalja, ahol nem mutatkozott jelentősebb változás).

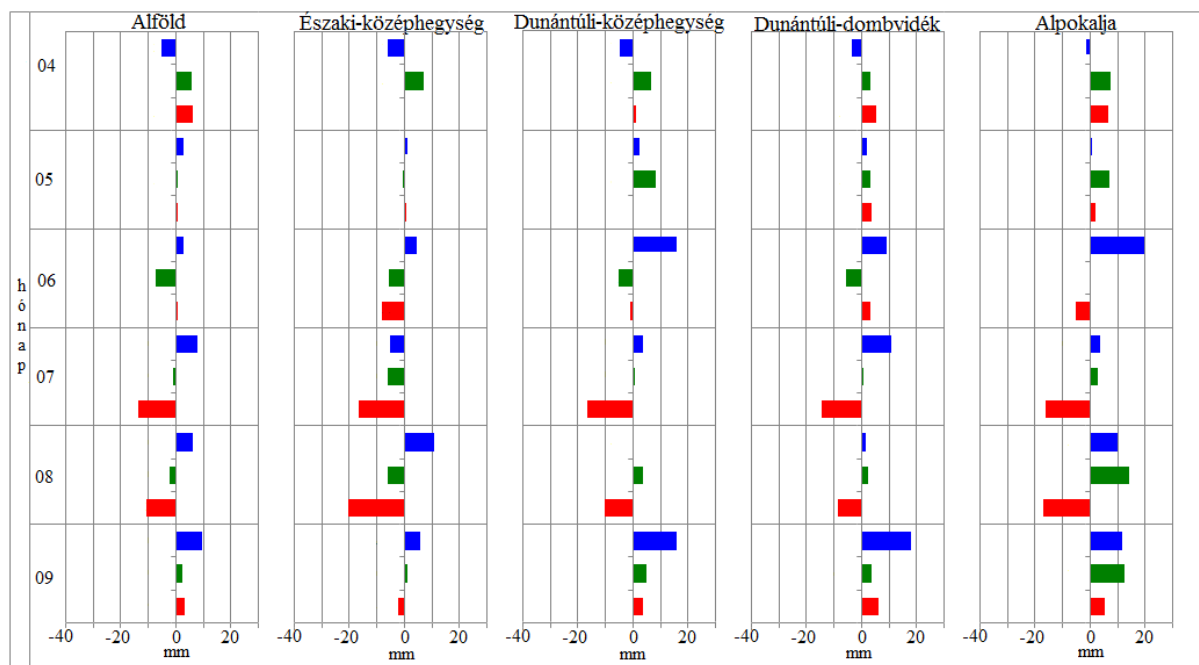
Hosszútávon a kép sokkal egységesebb. Minden modell az éves maximális napi 1 mm-nél kisebb csapadékú időszak hosszabbodását mutatta. A 20. ábrán az is látszik, hogy sokkal szélsőségesebb lehet az egyes évek közti eltérés. A legjelentősebb hosszabbodást az ALADIN és a PRECIS modell adta. Ezek szerint hosszútávon akár 8–10 nappal is növekedhet az átlagos éves maximális aszályidőszak hossza.

Az éves maximális, legalább napi 5 mm csapadékú időszak (18. ábra) egyik modell alapján sem fog jelentősen változni (2,5–4 nap), ám egyes területeken rövidtávon minimális növekedést (RegCM a Dunántúli-középhegységben), máshol csökkenést (ALADIN az Alföldre) mutatnak a modellek (21. ábra /lásd később/). A XXI. század végére első sorban az ALADIN és a PRECIS modell az éves maximális csapadékhullási időszak gyenge rövidülését mutatja. A RegCM modell esetében az látszik, hogy a 25%-os és 75%-os percentilis értékei közelebb kerülnek egymáshoz.



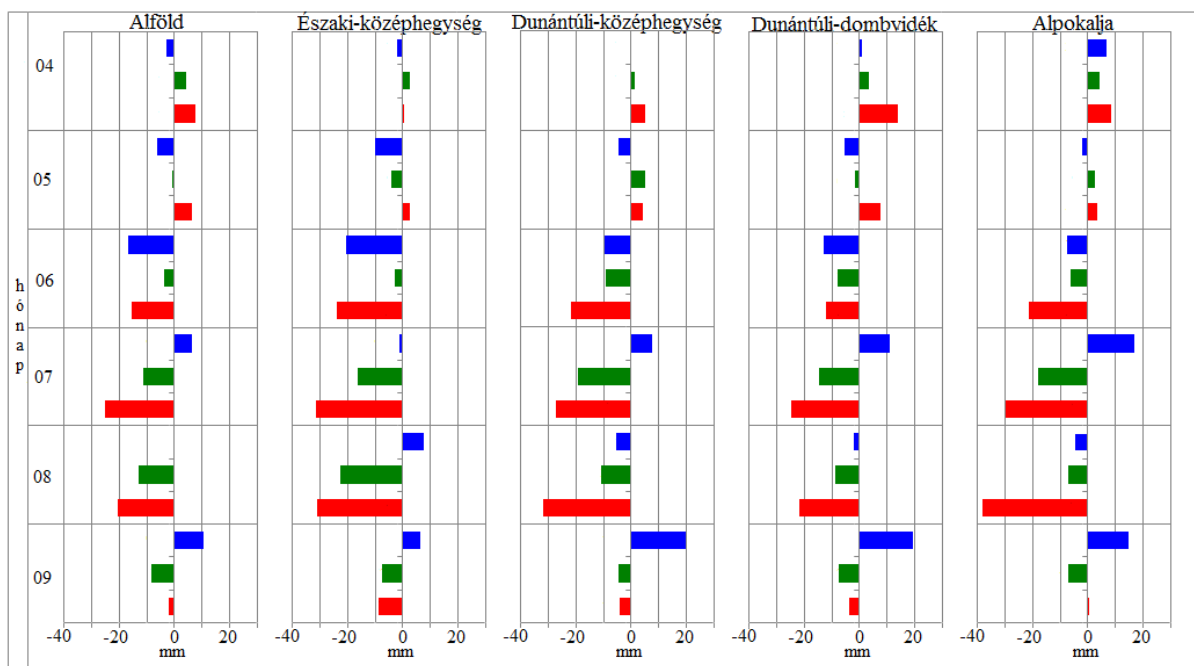
14. ábra: A vegetációs időszak alatti havi csapadékösszeg a magyarországi borrhégekben 1961–1990 közti időszakban.

A diagramokon a különböző színek jelzik az egyes RCM-szimulációkból származó eredményeket, kék: RegCM, zöld: ALADIN, piros: PRECIS.



15. ábra: A vegetációs időszak alatti havi csapadékösszeg változása a magyarországi borrhégekben 2021–2050 és 1961–1990 között (pozitív értékek: növekedés, negatív értékek: csökkenés).

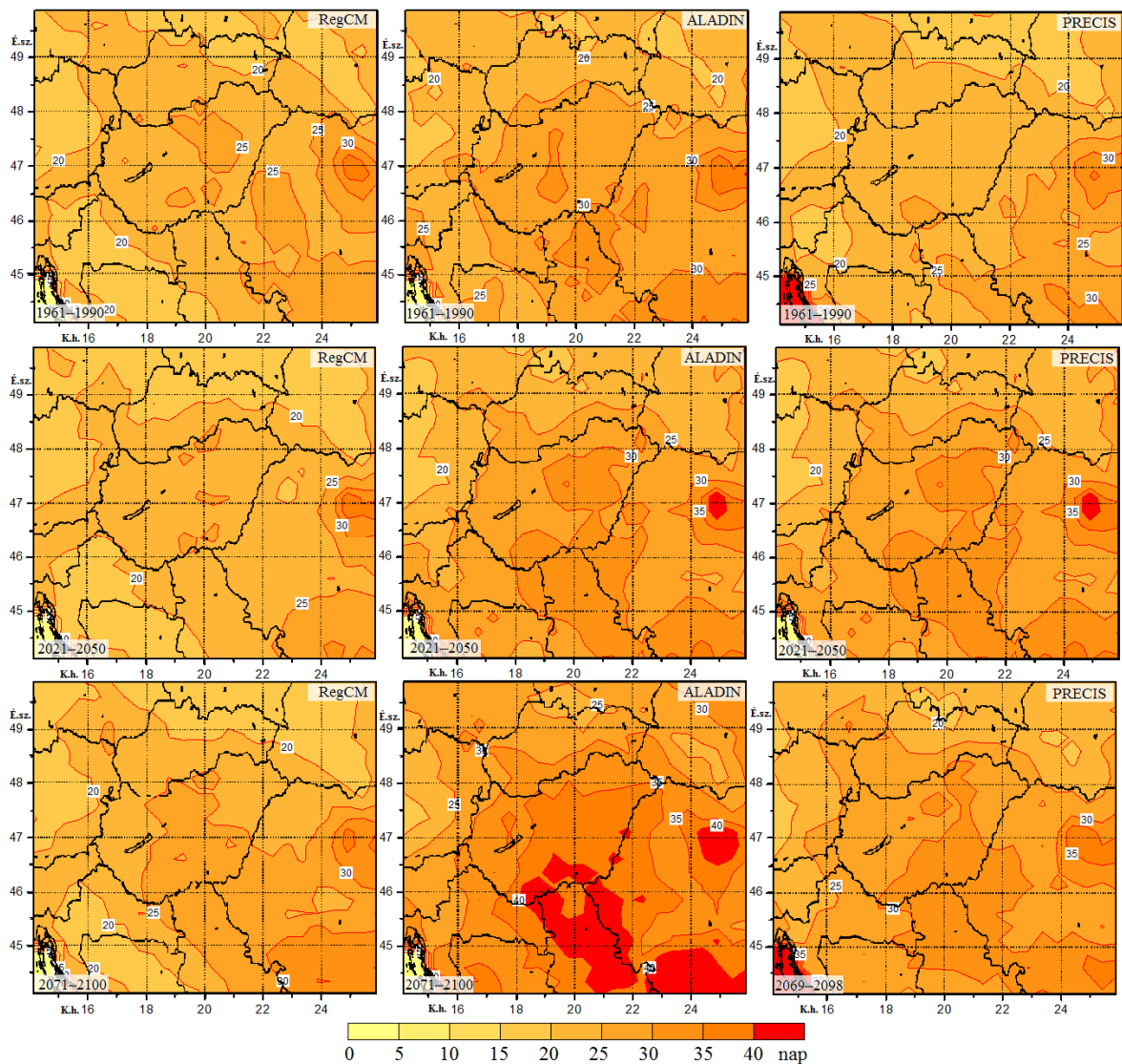
A diagramokon a különböző színek jelzik az egyes RCM-szimulációkból származó eredményeket, kék: RegCM, zöld: ALADIN, piros: PRECIS.



16. ábra: A vegetációs időszak alatti havi csapadékösszeg változása a magyarországi borrégiókban 2071–2100* és 1961–1990 között (pozitív értékek: növekedés, negatív értékek: csökkenés).

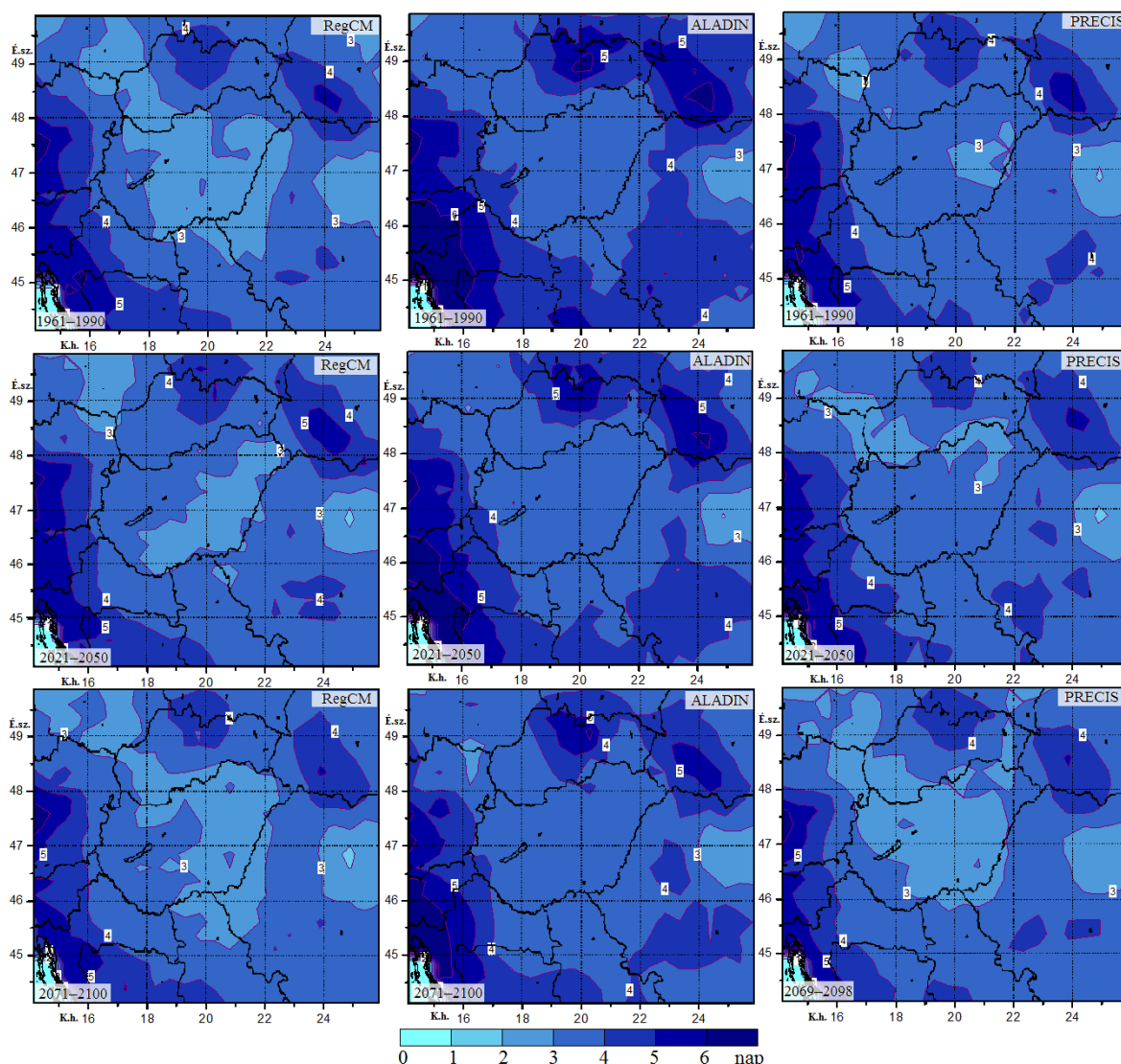
A diagramokon a különböző színek jelzik az egyes RCM-szimulációkból származó eredményeket, kék: RegCM, zöld: ALADIN, piros: PRECIS.

* PRECIS modell esetében adathiány miatt 2069–2098 közötti időszakot vettem figyelembe. Ez az összes hosszútávra vonatkozó számításnál igaz.



17. ábra: Az éves maximális aszályidőszak (legfeljebb napi 1 mm csapadékú időszak) hossza a Kárpát-medencében a RegCM (bal), az ALADIN (közép) és a PRECIS (jobb) modell alapján az 1961–1990 (fent), 2021–2050 (középen) és az 2071–2100* (lent) időszakban.

* PRECIS modell esetében adathiány miatt 2069–2098 közötti időszakot vettem figyelembe. Ez az összes hosszútávra vonatkozó számításnál igaz.



18. ábra: Az éves maximális csapadékhullási (legalább napi 5 mm csapadékú) időszak hossza a Kárpát-medencében a RegCM (bal), az ALADIN (közép) és a PRECIS (jobb) modell alapján az 1961–1990 (fent), 2021–2050 (középen) és az 2071–2100* (lent) időszakban.

A hő- és nedvességellátottságot együttesen veszi figyelembe a csapadék-hőviszony index, valamint a hidrotermikus koefficiens.

A három modellel végzett vizsgálataim kimutatták (10. táblázat /lásd később/), hogy a hidrotermikus koefficiens, mely a szőlőskertek nedvesség- és hőellátottságát jellemzi, sem most, sem a közeli vagy távoli jövőben nem éri el a kritikus 0,5-ös értéket, ami azt jelenti, hogy a későbbiekben is kielégítőek lesznek a klimatikus adottságok a hazai borrégiókban a szőlőtermesztésre. Azt, hogy javulnak vagy romlanak a termőhelyi adottságok, az határozza meg, hogy a hidrotermikus koefficiens értéke mennyivel tér el egytől.

* PRECIS modell esetében adathiány miatt 2069–2098 közötti időszakot vettem figyelembe. Ez az összes hosszútávra vonatkozó számításnál igaz.

A referencia időszakban az Alföldi régióit mindhárom modell alapján hőtöbblet, míg az Északi-középhegység, a Dunántúli-középhegység és az Alpokalja régiót csapadéktöbblet jellemzett. Az Dunántúli-dombvidéket az ALADIN modell optimálisnak, míg a RegCM és a PRECIS hőtöbbséggel rendelkező területnek mutatta.

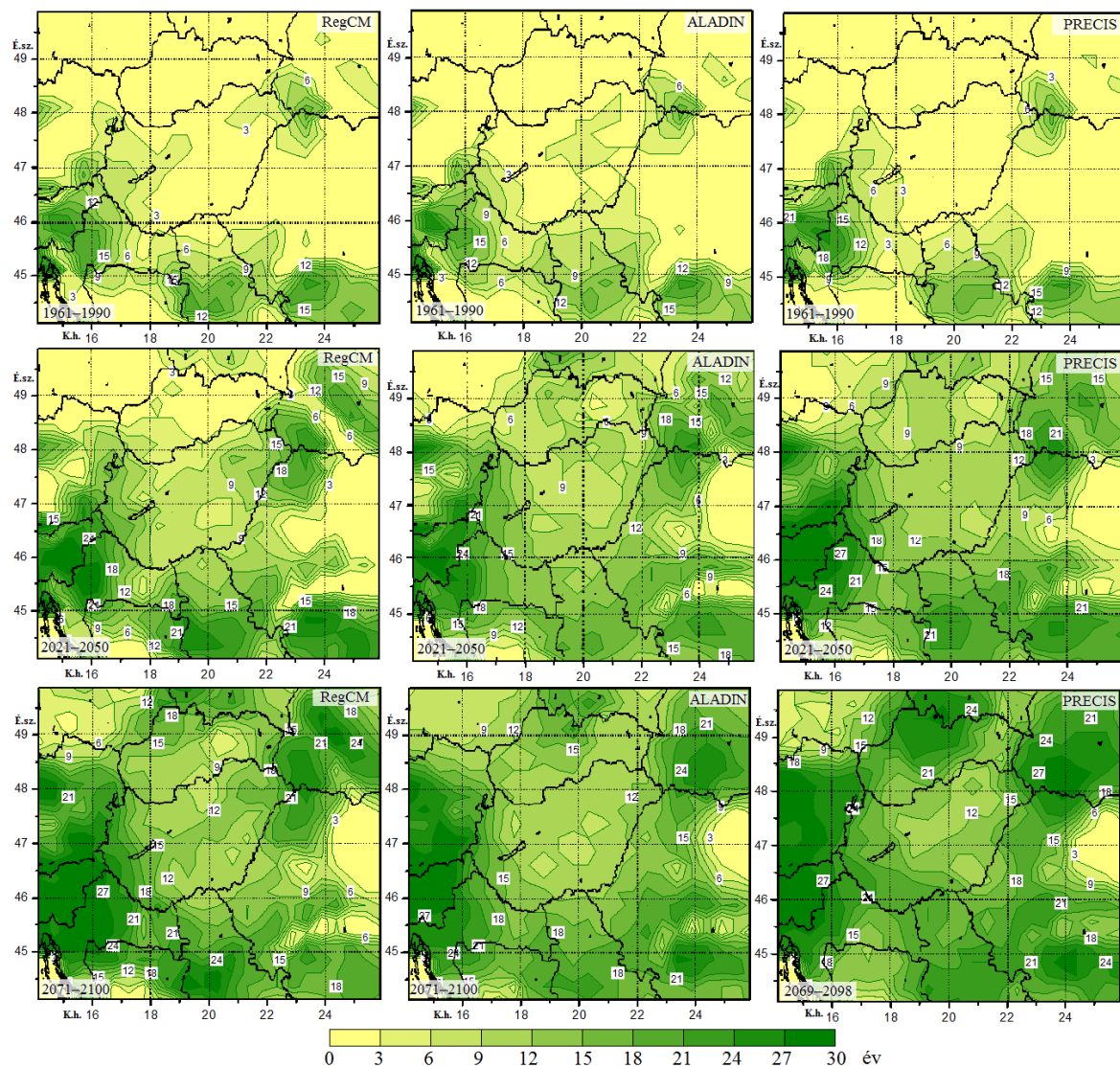
Rövidtávon a változások nem egyértelműek. A RegCM adatok az Alföldre nem adnak változást. A Dunántúli-középhegységre és az Alpokalja térségére enyhe nedvességtöbblet növekedést ad a RegCM modell. Az Északi-középhegység és a Dunántúli-dombvidék klimatikus körülményeiben a szőlőtermesztés szempontjából javulás várható. Az ALADIN modell minden borrégióra szárazodást jelez, mely az Alpokalján nem okoz jelentősebb változást. Az Alföldön és a Dunántúli-dombvidéken a klimatikus feltételek romlását, az Északi-középhegységben és a Dunántúli-középhegységben javulását mutatják az eredmények. A PRECIS modell az ALADIN-hoz hasonlóan minden borrégióban szárazodást mutat, ami ez esetben az Alpokalján javulást, a többi területen a termesztési feltételek tekintetében romlást eredményez.

Hosszútávon mindhárom modell egységes képet mutat, mely szerint a referencia időszakhoz képest minden borrégióban szárazodás várható, mely az Alpokalja régióban javulást, a többi borrégióban romlást eredményezhet.

A szőlőskerteket túlzott nedvességtartalom esetén gombás fertőzések kialakulása veszélyezteti. A peronoszpóra kialakulásának valószínűségét a csapadék-hőviszony indexszel jellemezhetjük. A modellek szerint a referencia időszakban szinte nem kellett tartani peronoszpóra fertőzéstől, bár a hegyvidéki területeken körülbelül 10 évente megjelent ez a gombás fertőzés (19. ábra).

Rövid- és hosszútávon egyaránt a peronoszpóra gyakoribb megjelenése várható. Rövidtávon 2–4 évente, míg hosszútávon átlagosan minden második évben számítani lehet ilyen fertőzésekre. Mindegyik modell az Alpokalja régiót ítélte a leginkább veszélyeztetettnek, ám fontos kiemelnünk, hogy a modellek nem veszik figyelembe a borvidékek mikroklímáját, ezért ezek a becslések csak egy általános jellemzésnek tekinthető.

Látható, hogy a csapadék- és hőmérsékleti viszonyok együttes vizsgálatakor két egymásnak ellentmondó eredményt kaptunk. Ennek feloldása több tényező (például a talaj) bevonásával talán lehetséges.



19. ábra: A peronoszpóra-vészes évek száma a Kárpát-medencében a RegCM (bal), az ALADIN (közép) és a PRECIS (jobb) modell alapján az 1961–1990 (fent), 2021–2050 (középen) és az 2071–2100* (lent) időszakban.

* PRECIS modell esetében adathiány miatt 2069–2098 közötti időszakot vettem figyelembe. Ez az összes hosszútávra vonatkozó számításnál igaz.

A továbbiakban bemutatom, mekkora eltérést ad, ha hőmérsékleti (tartósan 10 °C feletti időszak), illetve naptári (április 1. – szeptember 30.) módszerrel határozzuk meg a vegetációs időszakot. A korábbiakban bemutatott eredmények hőmérsékleti módszerrel készültek.

Az effektív és aktív hőösszeg minden régióban minden modell esetében növekedést mutat (6–7. táblázat). Általánosságban azt mondhatjuk, hogy a referencia időszakban a naptári módszer eredményei nagyobbak, rövidtávon közel egyenlők, hosszútávon többnyire kisebbek, mint a hőmérsékleti módszerrel kapott értékek. A naptári módszerrel végzett számítások így az 1961–1990 közti időszakra inkább a közép és késő érésű fajták termesztését javasolták. A XXI. századra a korábbiakban leírtak érvényesek, vagyis hőmérsékleti szempontból előtérbe kerülhetnek a kései érésű, illetve a vörösbort adó fajták.

Az Huglin-féle heliothermikus indexre (8. táblázat) is a fent leírtak érvényesek, vagyis a referencia időszakban a naptári módszer eredményei nagyobbak, rövidtávon közel azonosak, hosszútávon pedig többnyire kisebbek a hőmérsékleti módszerrel kapott értékekhez viszonyítva. A referencia időszakra vonatkozóan nem ritka, hogy a naptári eredmények eggyel magasabb kategóriába tartozó szőlőfajták telepítését javasolják.

effektív hőösszeg (°C)				
		RegCM	ALADIN	PRECIS
Alföld	1961–1990	3052 (3140)	3031 (3131)	3039 (3064)
	2021–2050	3485 (3385)	3552 (3491)	3840 (3635)
	2071–2100*	4077 (3799)	4015 (3934)	4513 (4077)
Északi-középhegység	1961–1990	2887 (2970)	2872 (2959)	2801 (2884)
	2021–2050	3277 (3206)	3324 (3340)	3636 (3482)
	2071–2100*	3865 (3612)	3832 (3778)	4336 (3921)
Dunántúli-középhegység	1961–1990	2852 (2977)	2809 (2970)	2796 (2901)
	2021–2050	3209 (3203)	3263 (3293)	3547 (3475)
	2071–2100*	3734 (3601)	3803 (3764)	4274 (3911)
Dunántúli-dombvidék	1961–1990	2993 (3092)	2947 (3079)	2961 (3017)
	2021–2050	3390 (3327)	3455 (3427)	3746 (3587)
	2071–2100*	3991 (3738)	3964 (3895)	4414 (4028)
Alpokalja	1961–1990	2806 (2999)	2849 (3003)	2770 (2903)
	2021–2050	3224 (3217)	3305 (3289)	3493 (3471)
	2071–2100*	3650 (3597)	3754 (3767)	4273 (3881)

6. táblázat: Az effektív hőösszeg értéke az egyes borrhégekben a RegCM, az ALADIN és a PRECIS modell alapján (1961–1990, 2021–2050, 2071–2100*). A vegetációs időszak hosszát hőmérsékleti és naptári (zárójeles eredmények) alapon is figyelembe vettem.

* PRECIS modell esetében adathiány miatt 2069–2098 közötti időszakot vettem figyelembe. Ez az összes hosszútávra vonatkozó számításnál igaz.

aktív hőösszeg (°C)				
		RegCM	ALADIN	PRECIS
Alföld	1961–1990	1383 (1431)	1374 (1424)	1376 (1396)
	2021–2050	1636 (1621)	1743 (1743)	1950 (1904)
	2071–2100*	2070 (2001)	2124 (2148)	2448 (2320)
Északi-középhegység	1961–1990	1259 (1296)	1256 (1290)	1223 (1257)
	2021–2050	1482 (1471)	1583 (1606)	1801 (1770)
	2071–2100*	1894 (1829)	1979 (2004)	2303 (2176)
Dunántúli-középhegység	1961–1990	1241 (1298)	1228 (1295)	1217 (1261)
	2021–2050	1445 (1464)	1536 (1568)	1748 (1762)
	2071–2100*	1829 (1822)	1962 (1998)	2261 (2168)
Dunántúli-dombvidék	1961–1990	1338 (1391)	1321 (1383)	1324 (1356)
	2021–2050	1569 (1570)	1673 (1688)	1883 (1860)
	2071–2100*	2005 (1947)	2078 (2114)	2378 (2275)
Alpokalja	1961–1990	1221 (1315)	1246 (1316)	1203 (1261)
	2021–2050	1450 (1473)	1547 (1561)	1708 (1755)
	2071–2100*	1780 (1817)	1923 (1998)	2245 (2138)

7. táblázat: Az aktív hőösszeg értéke az egyes borrégiókban a RegCM, az ALADIN és a PRECIS modell alapján (1961–1990, 2021–2050, 2071–2100*). A vegetációs időszak hosszát hőmérsékleti és naptári (zárójeles eredmények) alapon is figyelembe vettem.

Huglin-féle heliotermikus index (°C)				
		RegCM	ALADIN	PRECIS
Alföld	1961–1990	1942 (2018)	1933 (2013)	1937 (1972)
	2021–2050	2248 (2228)	2336 (2342)	2614 (2538)
	2071–2100*	2744 (2624)	2761 (2780)	3196 (2992)
Északi-középhegység	1961–1990	1818 (1870)	1808 (1867)	1764 (1817)
	2021–2050	2096 (2075)	2149 (2193)	2459 (2402)
	2071–2100*	2585 (2459)	2602 (2627)	3064 (2852)
Dunántúli-középhegység	1961–1990	1761 (1847)	1737 (1849)	1722 (1798)
	2021–2050	2004 (2036)	2066 (2125)	2350 (2369)
	2071–2100*	2426 (2410)	2557 (2596)	2962 (2818)
Dunántúli-dombvidék	1961–1990	1872 (1953)	1846 (1948)	1851 (1907)
	2021–2050	2144 (2152)	2229 (2259)	2512 (2475)
	2071–2100*	2639 (2540)	2684 (2724)	3085 (2929)
Alpokalja	1961–1990	1686 (1836)	1728 (1845)	1675 (1779)
	2021–2050	1976 (2015)	2051 (2086)	2269 (2345)
	2071–2100*	2305 (2374)	2464 (2573)	2922 (2771)

8. táblázat: Az Huglin-féle heliotermikus index értéke az egyes borrégiókban a RegCM, az ALADIN és a PRECIS modell alapján (1961–1990, 2021–2050, 2071–2100*). A vegetációs időszak hosszát hőmérsékleti és naptári (zárójeles eredmények) alapon is figyelembe vettem.

A vegetációs időszaki fagyok terén érdekes dolgot tapasztalhatunk. Míg az eddigi hőmérsékleti alapú vizsgálatoknál nem láthattunk egyértelmű, markáns változást, addig a

* PRECIS modell esetében adathiány miatt 2069–2098 közötti időszakot vettem figyelembe. Ez az összes hosszútávra vonatkozó számításnál igaz.

naptári alapú módszer esetében azt tapasztalhatjuk, hogy a vegetációs időszaki fagyeseeményes évek száma és az ekkor jelentkező fagyos napok száma jelentősen le fog csökkenni (9. táblázat). A modellek 1–2 évente jeleznek vegetációs időszaki fagyot. Kivételt képez az Alpokalja, ahol csak minden harmadik év fagyveszélyes. Rövidtávon ezen események száma felére, de akár harmadára is lecsökkenhet. A XXI. század utolsó harmadára nem vagy csak egyszer adott fagyot. A többi régióra a RegCM modell 3–5 évente jelzett vegetációs időszaki fagyot. Az ALADIN modell az Északi-középhegység területére négyévente mutatott fagyot. A maradék három régióban várhatóan 8–10 évente fordul elő $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatti minimum hőmérsékletű év. A PRECIS alapján a XXI. század utolsó harmadában a vizsgált régiókban mindössze 1–3 alkalommal várható vegetációs időszaki fagyos év.

A referencia időszakban a fagyeseeményes években általában 2–4 olyan nap volt, mikor a napi minimum hőmérséklete $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatti értéket vett fel. Ez rövidtávon 1–3 napra, hosszútávon pedig 1–2 napra csökkenhet a modellek szerint.

		–1 °C alatti minimum hőmérsékletű napok száma a vegetációs periódusban (nap/ fagyos év)			–1 °C alatti minimum hőmérsékletű napú évek száma a vegetációs periódusban		
		RegCM	ALADIN	PRECIS	RegCM	ALADIN	PRECIS
Alföld	1961–1990	4,3 (2,1)	4,7 (2,4)	5,5 (3,4)	21 (23)	20 (21)	15 (17)
	2021–2050	7,4 (2,2)	5,2 (1,5)	4,2 (1,3)	20 (13)	20 (12)	13 (3)
	2071–2100*	6,3 (1,8)	7,5 (1,0)	3,8 (1,0)	15 (6)	19 (4)	16 (1)
Északi- középhegység	1961–1990	4,3 (4,3)	4,7 (3,8)	4,8 (4,3)	14 (23)	17 (23)	16 (22)
	2021–2050	5,4 (3,1)	5,6 (2,1)	4,0 (1,8)	21 (18)	21 (15)	16 (9)
	2071–2100*	2,4 (1,9)	6,7 (1,3)	2,6 (1,7)	16 (10)	23 (7)	18 (3)
Dunántúli- középhegység	1961–1990	4,7 (3,2)	5,6 (2,6)	5,2 (3,4)	16 (23)	17 (20)	18 (21)
	2021–2050	6,0 (2,3)	5,3 (1,4)	4,9 (3,3)	20 (15)	19 (14)	18 (6)
	2071–2100*	7,0 (1,6)	5,6 (1,0)	4,5 (2,0)	16 (8)	20 (3)	19 (1)
Dunántúli- dombvidék	1961–1990	4,4 (2,4)	4,9 (2,0)	6,8 (3,7)	19 (18)	21 (21)	16 (14)
	2021–2050	8,4 (2,6)	5,7 (1,8)	5,8 (2,3)	19 (8)	18 (6)	17 (4)
	2071–2100*	5,9 (1,2)	6,7 (1,0)	5,0 (1,3)	16 (6)	22 (3)	22 (3)
Alpokalja	1961–1990	7,4 (2,1)	4,2 (1,4)	6,5 (3,1)	12 (10)	17 (11)	12 (8)
	2021–2050	5,8 (1,5)	5,2 (1,2)	7,4 (2,3)	12 (4)	13 (5)	12 (4)
	2071–2100*	13,2 (2,0)	6,6 (0)	3,6 (1,0)	9 (1)	13 (0)	14 (1)

9. táblázat: A vegetációs időszaki $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatti minimum hőmérsékletű napok száma, ha volt ilyen nap az évben (bal oldalon) és a vegetációs időszaki $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatti minimum hőmérsékletű napú évek száma (jobb oldalon) az egyes borrhíókban a RegCM, az ALADIN és a PRECIS modell alapján (1961–1990, 2021–2050, 2071–2100*) A vegetációs időszak hosszát hőmérsékleti és naptári (zárójeles eredmények) alapon is figyelembe vettem.

* PRECIS modell esetében adathiány miatt 2069–2098 közötti időszakot vettem figyelembe. Ez az összes hosszútávra vonatkozó számításnál igaz.

A vegetációs időszaki csapadékösszeg naptár alapú módszerrel a referencia időszakban minden esetben 10–15 mm-rel nagyobb volt, mint a hőmérsékleti alapon meghatározott vegetációs időszakra kapott csapadék (10. táblázat). A RegCM modell naptár alapú módszerrel minden régióban rövidtávon növekedést mutat, amit a XXI. század végére vonatkozó eredmények szerint egy csökkenő tendencia fog követni. Ennek eredményeként az Alföldön és az Északi-középhegységben a referencia időszakhoz képest szárazabb körülmények alakulhatnak ki a XXI. század végére. Érdekes, hogy az ALADIN éppen a másik három régióra ad ilyen tendenciát, vagyis, hogy a rövidtávú növekedést nagyobb mértékű csapadékcsökkenés követi. Az Alföld és az Északi-középhegység vegetációs periódusbeli csapadékviszonyait az ALADIN modell szerint folyamatos szárazodás fogja jellemezni. A PRECIS modell a vizsgált időszakokban minden régióban folyamatos szárazodást mutat. Az Alföldön a XXI. század végére a vegetációs periódusbeli csapadék mennyisége a szőlő számára a minimálisan szükséges alá csökkenhet.

csapadékösszeg a vegetációs időszakban (mm)				
		RegCM	ALADIN	PRECIS
Alföld	1961–1990	272 (281)	273 (281)	261 (265)
	2021–2050	313 (305)	287 (280)	269 (250)
	2071–2100*	302 (271)	271 (249)	259 (222)
Északi-középhegység	1961–1990	310 (327)	309 (324)	290 (306)
	2021–2050	344 (337)	314 (313)	268 (258)
	2071–2100*	333 (307)	289 (274)	257 (227)
Dunántúli-középhegység	1961–1990	301 (320)	305 (322)	295 (314)
	2021–2050	351 (352)	335 (339)	302 (290)
	2071–2100*	349 (328)	301 (286)	290 (253)
Dunántúli-dombvidék	1961–1990	282 (294)	288 (299)	277 (285)
	2021–2050	335 (330)	312 (306)	300 (280)
	2071–2100*	335 (304)	288 (262)	295 (253)
Alpokalja	1961–1990	323 (344)	337 (350)	329 (343)
	2021–2050	388 (387)	386 (392)	332 (318)
	2071–2100*	394 (370)	345 (320)	326 (284)

10. táblázat: Csapadékösszeg a vegetációs időszakban az egyes borrhíóókban a RegCM, az ALADIN és a PRECIS modell alapján (1961–1990, 2021–2050, 2071–2100*). A vegetációs időszak hosszát hőmérsékleti és naptári (zárójeles eredmények) alapon is figyelembe vettem.

A szőlő a vegetációs periódusában érzékenyebb a csapadék eloszlására, mint a nyugalmi időszakban. Ezért vizsgáltam az éves maximális aszály és csapadékhullási időszak hosszán kívül ezeknek a vegetációs fázisra vonatkozó értékeit is. A vegetációs

* PRECIS modell esetében adathiány miatt 2069–2098 közötti időszakot vettem figyelembe. Ez az összes hosszútávra vonatkozó számításnál igaz.

periódus alatti maximális aszályidőszak hosszában (20. ábra) nem tapasztalunk jelentős eltérést a hőmérsékleti és a naptár alapú módszerrel kapott eredmények között. Az azonban látszik, hogy a vegetációs időszakra vonatkozó értékek akár 5–10 nappal rövidebb aszályos időszakot is adhatnak, mint az éves esetben.

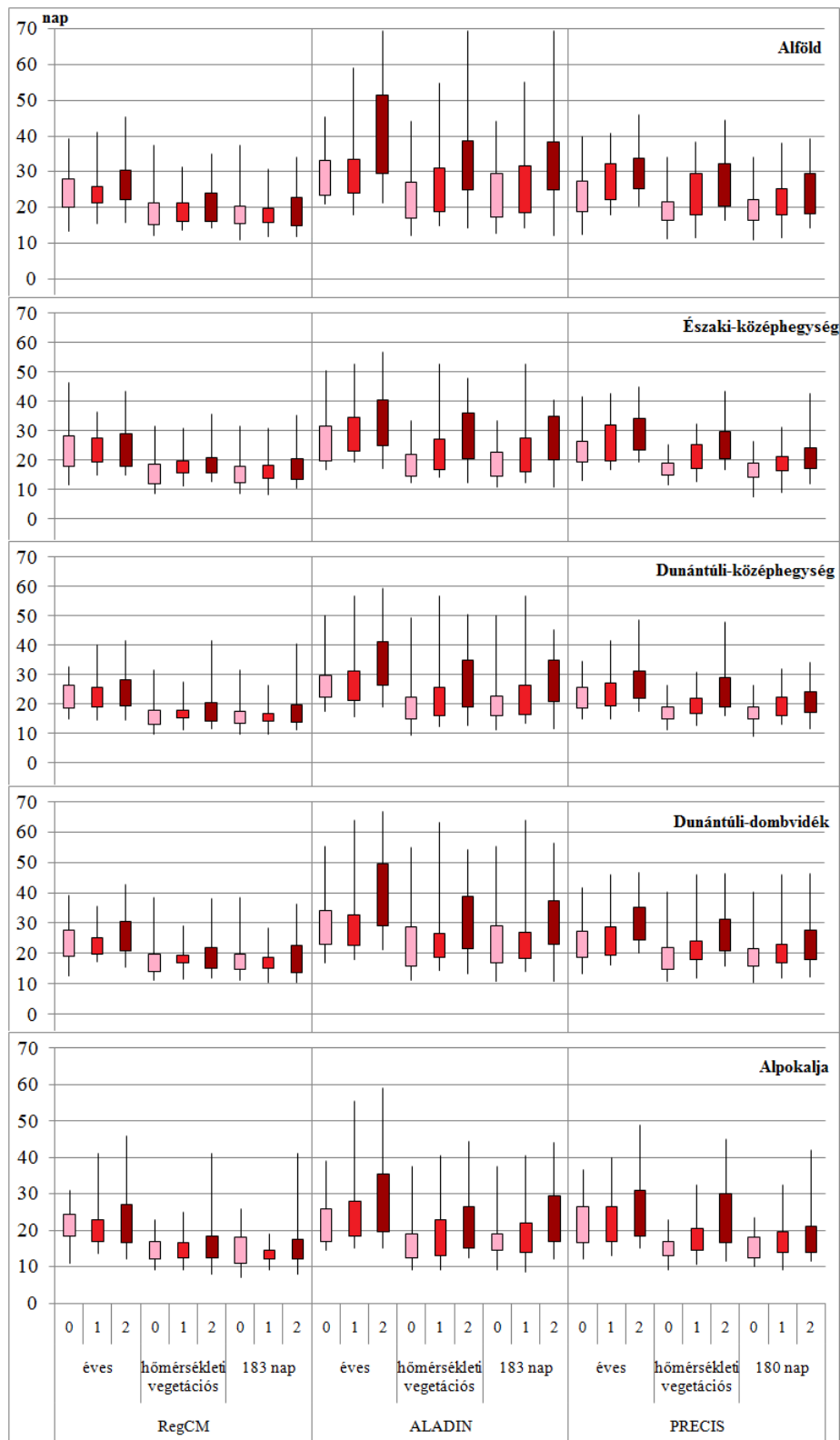
A maximális csapadékhullási időszak hosszában sem a hőmérsékleti, sem a naptár alapú számítás nem ad jelentős eltérést az éves értékektől (21. ábra).

A hidrotermikus koefficiens esetében szinte teljesen azonos eredményt kaptunk a kétféle számítás során (11. táblázat). A trendek minden esetben megegyeznek, de a naptári módszerrel kapott értékek általában pár századdal kisebbek.

hidrotermikus koefficiens ($\text{mm}^\circ\text{C}^{-1}$)				
		RegCM	ALADIN	PRECIS
Alföld	1961–1990	0,90 (0,90)	0,93 (0,92)	0,89 (0,88)
	2021–2050	0,90 (0,90)	0,83 (0,82)	0,71 (0,70)
	2071–2100*	0,75 (0,72)	0,71 (0,65)	0,59 (0,55)
Északi-középhegység	1961–1990	1,09 (1,12)	1,11 (1,13)	1,07 (1,09)
	2021–2050	1,06 (1,06)	0,97 (0,96)	0,74 (0,75)
	2071–2100*	0,87 (0,86)	0,79 (0,75)	0,60 (0,59)
Dunántúli-középhegység	1961–1990	1,06 (1,08)	1,13 (1,11)	1,09 (1,11)
	2021–2050	1,10 (1,10)	1,07 (1,05)	0,87 (0,85)
	2071–2100*	0,95 (0,92)	0,83 (0,78)	0,71 (0,66)
Dunántúli-dombvidék	1961–1990	0,95 (0,96)	1,01 (0,99)	0,96 (0,97)
	2021–2050	0,99 (1,00)	0,93 (0,91)	0,81 (0,80)
	2071–2100*	0,85 (0,82)	0,76 (0,69)	0,69 (0,64)
Alpokalja	1961–1990	1,17 (1,15)	1,23 (1,19)	1,22 (1,20)
	2021–2050	1,21 (1,21)	1,22 (1,22)	0,96 (0,93)
	2071–2100*	1,09 (1,03)	0,96 (0,87)	0,79 (0,74)

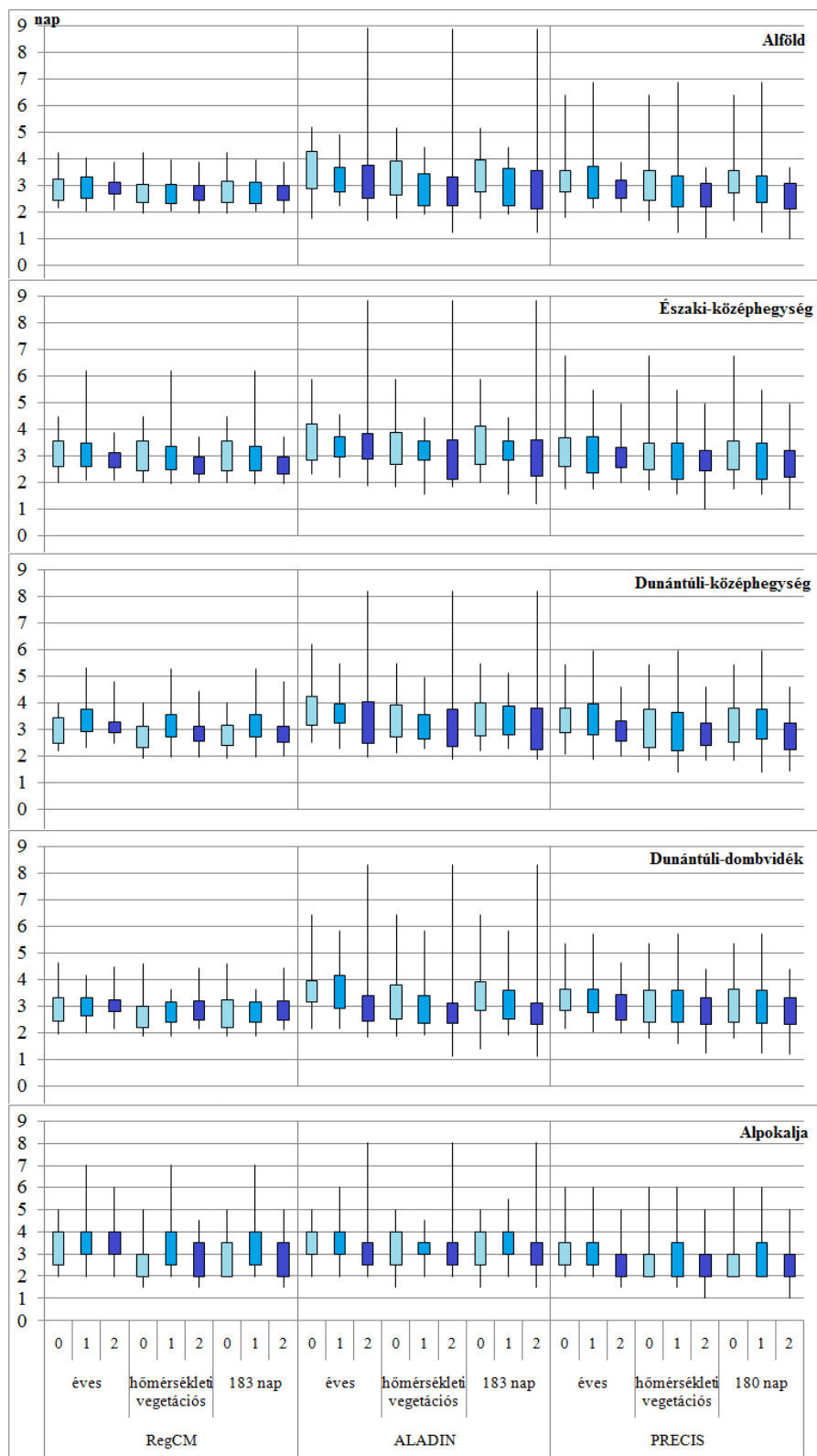
11. táblázat: Az hidrotermikus koefficiens értéke az egyes borrhíóókban a RegCM, az ALADIN és a PRECIS modell alapján (1961–1990, 2021–2050, 2071–2100*). A vegetációs időszak hosszát hőmérsékleti és naptári (zárójeles eredmények) alapon is figyelembe vettem.

* PRECIS modell esetében adathiány miatt 2069–2098 közötti időszakot vettem figyelembe. Ez az összes hosszútávra vonatkozó számításnál igaz.



20. ábra: Az éves, hőmérsékleti, illetve naptári vegetációs időszaki maximális aszályidőszak (legfeljebb napi 1 mm csapadéku időszak) hossza a magyarországi borrégiókban a RegCM, az ALADIN, és a PRECIS modell alapján. A boxplotok alsó és felső értékei a 25%-os és 75%-os percentilisek.
(Bemutatott időszakok: 0: 1961–1990, 1: 2021–2050, 2: 2071–2100*).

* PRECIS modell esetében adathiány miatt 2069–2098 közötti időszakot vettem figyelembe. Ez az összes hosszútávra vonatkozó számításnál igaz.



21. ábra: Az éves, hőmérsékleti, illetve naptári vegetációs időszaki maximális csapadékhullási (legalább napi 5 mm csapadékú) időszak hossza a magyarországi borrégiókban a RegCM, az ALADIN, és a PRECIS modell alapján. A boxplotok alsó és felső értékei a 25%-os és 75%-os percentilisek.
(Bemutatott időszakok: 0: 1961–1990, 1: 2021–2050, 2: 2071–2100*).

* PRECIS modell esetében adathiány miatt 2069–2098 közötti időszakot vettem figyelembe. Ez az összes hosszútávra vonatkozó számításnál igaz.

5. Vizsgálat a móri borvidékre

5.1. A móri borvidék bemutatása

5.1.1. Táj- és település-földrajzi helyzet

A móri borvidék hazánk egyik legkisebb, ám történelmileg jelentős szőlőtermesztő vidéke a Dunántúli-középhegység borrhíó része. Területe a Bakony és Vértes hegység között fekvő Móri-árok Vérteshez közelebbi oldalán található. Közigazgatásilag hat település tartozik hozzá: Mór (É.sz. 47,372 – K.h. 18,209), Csókakő (É.sz. 47,355 – K.h. 18,273), Csákberény (É.sz. 47,352 – K.h. 18,328), Pusztavám (É.sz. 47,433 – K.h. 18,229), Söréd (É.sz. 47,326 – K.h. 18,277), és Zámoly (É.sz. 47,317 – K.h. 18,411). A móri borvidéken területe (1990-es feljegyzések alapján) közelítőleg 1273 ha (Kiss, 1992; Kozma, 2002).

5.1.2. Földtani és talajtani jellemzők

A Móri-árok szerkezetét tekintve sasbérce szerkezetű árkos süllyedék, amely többszöri szakaszos süllyedés eredményeként jött létre. A Mezozoikumban keletkeztek a területet alkotó fő kőzetek: a triász földolomit (a Vértes délkeleti részére jellemző) és a dachsteini mészkő (a Vértes északnyugati részét alkotja) (Kiss, 1992). Ezeket agyagos, homokos, homokköves, márgás rétegsorok fedik. Fiatalabb szárazföldi, és tengeri üledékek, valamint homokos, kavicsos folyóvízi hordalék – az Össárvíz hordaléka – teszi még változatossá a móri borvidék földtani képét. A táj szerkezetében az utolsó jelentősebb változásokat a pleisztocén alatti függőleges kéregmozgások okoztak, mely során északnyugati–délkeleti irányban feldarabolódott az árokfenék. Ezalatt az árokfelszínt az erózió és a löszképződés alakította át.

A táj mai felszínére a sasbérce szerű hegyhátak, a keskeny vízválasztó gerincek, a töréslépcsős felszínek, valamint a tanúhegyek jellemzők (Erdős, 2002).

A Móri-árok (mely területileg nem egyezik a móri borvidékkel, de gyakran fedi egymást a két terület) talajai túlnyomórészt agyagbemosódásos barna erdőtalajok és réti talajok (Dövényi, 2010). Emellett a móri szőlőskertek talajaként előfordulnak különféle váztalajok és közethatású talajok (Kiss, 1992).

A szőlőskertek talajainak minőségi jellemzésére a szőlőtermőhelyi katasztert használjuk Ennek alapján a móri borvidék szőlőskertjeinek talajainak 3/4 része kiválóan, míg 1/4 része alkalmas szőlő telepítésre (Kiss, 1992).

5.1.3. Vízirajzi adottságok

A térség vízhálózata fiatal, újpleisztocén–holocénkori. Vizei két dunai részvízgyűjtőhöz – a Sárvíz és az Általér vízgyűjtőjéhez – tartoznak. Legjelentősebb felszíni vízfolyása a Mór–Bodajki vízfolyás, melynek több mellékvize van, de ezek közül számos csak időszakos. Így a Móri-árok mérsékelten vízhiányos terület. Felszín alatti vizekben sem bővelkedik, bár talajvízkészlete 2–4 m mély, ami jelentékeny mennyiségnek tekinthető. Természetes állóvíze nincs (Kiss, 1992; Dövényi, 2010).

5.1.4. Növényföldrajz

A körzetről északkelet–délnyugati metszetet készítve látható a növénytakaró zónás szerkezete. A természetes és a kultúrtáj növényei rendre elkülönülnek egymástól. A Csóka-hegy legmagasabb régióit a csereszömörce, molyhos tölgyes karsztbokor erdők uralják. Ez alatt sziklagyepek, majd molyhos tölgy- csererdők jellemzik a területet. Lefelé haladva ezt követi a szőlő zóna és a szántóföldi művelés zónája. A Móri-árok belsejére vízi és ártéri növénytársulások jellemzők (Kiss, 1992).

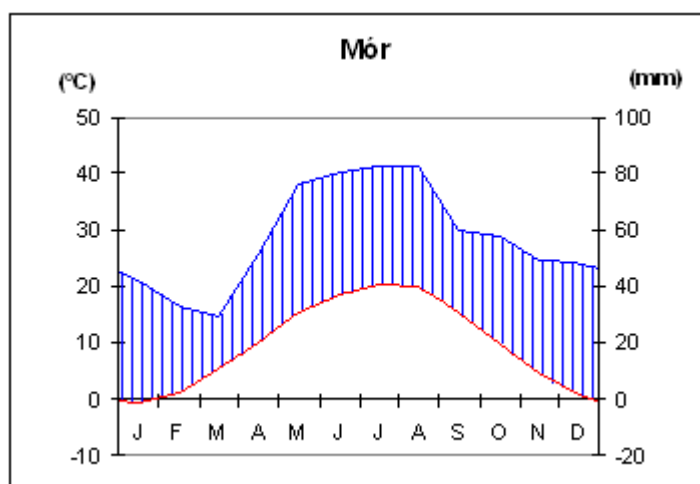
Kiss (1992) munkája alapján tudjuk, hogy 1990-ben a nagyüzemi szőlőtermesztésben a Leányka (20%), az Ezerjó (19%), és a Tramini (14%) fajta volt domináns. Ez az elmúlt évtizedben kissé megváltozott. A 2005–2012 közti időszak szüreti eredményei alapján (melyekről Frey Szabolcs hegybíró adott tájékoztatást) a következő fajtákat termesztették jellemzően a móri borvidéken: Tramini (21%), Ezerjó (18%), Chardonnay (13%), Zöld veltelini (10%). Az imént felsorolt fajták mindegyike fehérbort ad, és többnyire korán érik.

5.1.5. Éghajlati viszonyok

A Köppen-féle rendszerben a móri borvidéket cfbxx” betűkkel jellemezhetjük, mely meleg, mérsékelt övi, kontinentális jellegű, nedves (csapadék minden hónapban esik) területet jelent, ahol a legmelegebb hónap középhőmérséklete 22 °C alatt marad, a csapadékmaximum tavaszvégén vagy nyáron jelentkezik, illetve ritkán, de előfordulhat őszi csapadékmaximum. Péczely György a Móri-árok északi részét mérsékelten hűvös és mérsékelten száraz, míg a déli területeket mérsékelten hűvös és száraz éghajlatúnak írja le (Kiss, 1992; Péczely, 1979).

Az árokjelleg jelentős szerepet játszik a móri borvidék éghajlatában. A Csóka-, illetve az Antal-hegyről leszálló hideg légtömeg többszöri ütközés után turbulens mozgást végez. Az így létrejött orografikus felhők száraz évszázad esetén ritkán, ám nedves évben sok csapadékot adnak. Ezért Mór térségében a környékhez képest gyakrabban esik az eső

(évente átlagosan 692 mm). Az árokjelleg további következménye, a gyakori északnyugat–délkelet irányú légmozgás. Az intenzívebb légmozgás gátolja a szőlők gombás betegségeinek kialakulását és a fagyokat is mérsékli (Kiss, 1992). Ezenkívül a Vértes védelmet jelent a szőlőskertek számára az északi légáramlatokkal szemben és így a téli erősebb lehűlések ellen is, mert a lesikló hideg légtömeg a 200 m-es magasságkülönbség miatt többnyire a szőlők felett vonul el (Halász, 1981). A Vértes délnyugati kitettséű lankái biztosította többlétsugárzás kedvező a szőlőtermesztés szempontjából.



22. ábra: Mór klímadiagramja 1959–1988 közti mérési adatok alapján (Kiss, 1992 alapján).

A szőlőtermesztés szempontjából kiemelt jelentőségű a térség sugárzási és hőmérsékleti viszonyainak tárgyalása. A móri borvidéken a napsütéses órák száma átlagosan 1900–2000 óra/év, mely idő alatt 4400–4500 MJ/(m²év) energia jut a felszínre. A tenyészidőszakban megközelítőleg 1450–1500 órán át éri direkt sugárzás a felszínt, mely időszakban átlagosan 3300 MJ/m² energiát kap a felszín (Kiss, 1992).

Az éves átlagos léghőmérséklet 2 méteres magasságban Mór térségében 9–11 °C. Egy 1959–1988 között zajló mérésorozat is hasonló eredményt adott (10,1 °C) (22. ábra). Emellett mezőgazdasági szempontból fontos a tenyészidőszak (itt: április 1. – szeptember 30.) alatti átlaghőmérséklet, ami a Móri-árokban az 1959–1988 időszakban 16,6 °C volt (Kiss, 1992; Dövényi, 2010).

Az átlagos érték mellett lényeges a hőmérséklet évi menete is. Az évi közepes hőingás 21 °C körüli értéket mutat. Az 1959–1988 közti időszakban az első fagy többnyire október első felében, míg az utolsó tavaszi fagy április második felében jelentkezett. Éves átlagban 100 fagyos nap (0 °C alatti minimum hőmérséklet) volt a területen. A téli napok (maximum hőmérséklet 0 °C) száma körülbelül 30 nap évente. Zord nap (a minimum

hőmérséklet $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatti) mindössze 12 alkalommal jelentkezett éves szinten (Kiss, 1992). Dunkel és Kozma (1981) a szőlő téli kritikus hőmérsékletével kapcsolatban végzett vizsgálatokat az 1950–1979 időszakra, mely alapján elmondható, hogy a móri borvidéken legfeljebb 4–5 évente fordul elő $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nál alacsonyabb hőmérséklet 2 méteres magasságban a szőlő mélynyugalmi szakaszában (november 1. – január 10.), míg a kényszernyugalmi fázisban (január 11. – március 10.) évente akár többször is előfordulhatnak $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nál kisebb értékek. $-21\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nál alacsonyabb hőmérséklet 2 méteres magasságban a szőlő mélynyugalmi szakaszában legfeljebb 10–30 évenként jelentkezik, ám a kényszernyugalmi szakaszban 2–3 évente kell számítani $-21\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nál alacsonyabb hőmérsékleti értékekre.

A magas hőmérsékleti értékekkel kapcsolatban beszélhetünk nyári napokról (maximum hőmérséklet $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ feletti), illetve hőségnapokról (maximum hőmérséklet $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ feletti), melyek rendre 50–60, illetve 25–30 alkalommal fordulnak elő átlagosan egy évben (Kiss, 1992).

Dunkel et al. (1981) az egyes területek sugárzási és hőmérsékleti viszonyait figyelembe véve megalkották a radiotermikus indexet, mely a kiválasztott terület szőlőtermesztésre való alkalmasságát jellemzi. A sík területre vonatkozó számítások szerint az 1951–1975 közti időszakra a móri borvidék a nem jó kategóriába esik, ám ha az expozíció hatását is figyelembe vesszük, már a jó, illetve a kiváló minősítést kap ez a terület.

Az 1961–1990 közti időszak adatai alapján a Móri-árok északi területein éves szinten 580–610 mm, míg délen 550–580 mm csapadék hullik. A móri borvidék területére hulló csapadék éves menetét követ (22. ábra): a tél végi mélypontot követően tavaszi emelkedő tendencia figyelhető meg, mely egy tartós nyári maximumban csúcsosodik ki, és zárul egy augusztus–szeptemberi kisebb mélypontot követő, a nyárinál alacsonyabb őszi–téli maximummal (Kiss, 1992; Dövényi, 2010).

A területen a csapadékos napok (legalább 1 mm csapadék) átlagos száma – a XX. századi méréseket figyelembe véve – 95, míg 10 mm-t elérő csapadéku nap mindössze 15–20 van egy évben. A hótakarós napok (legalább 1 cm összefüggő hótakaró) száma közelítőleg 40. Ezeken a napokon 1–85 cm között változik az átlagos hóvastagság. Ez a mennyiség az éves csapadéknak 15–20%-a (Kiss, 1992).

5.2. A vizsgálat módszere és az eredmények

A móri borvidék nagy része az északi szélesség $47,375^\circ$ és a keleti hosszúság $18,375^\circ$ középpontú rácsterületen helyezkedik el. Megvizsgáltam, mekkora eltérést adnak az egyes indexek értékei abban az esetben, ha ezt a rácspontot, illetve ha a borvidék középpontja körüli 9 rácspontra vonatkozó értékek súlyozott átlagát veszem. A súlyozást a borvidék középpontjától vett távolsággal végeztem.

Vizsgáltam azt is, mennyit változnak az indexek értékei, ha hőmérsékleti, illetve ha naptári alapon számítjuk a vegetációs időszakot.

Az effektív és aktív hőösszeggel végzett vizsgálatok (12–13. táblázat) azt mutatják, hogy a referencia időszakban az effektív hőösszeg $2700\text{--}2900^\circ\text{C}$ ($2850\text{--}3050^\circ\text{C}$) közötti, míg az aktív hőösszeg $1150\text{--}1300^\circ\text{C}$ ($1250\text{--}1350^\circ\text{C}$) közötti értékeket vett fel. A naptári alapú számítás minden esetben magasabb hőösszeget adott. Emellett ha 9 rácspont alapján végezzük a számításokat, minden modell esetén minden vizsgált időszakban magasabb effektív, illetve aktív hőösszeghez jutunk. A számítások azt sugallják, hogy a móri borvidéken a referencia időszakban középérésű fajták termesztésére voltak ideálisak a hőmérsékleti körülmények, bár tapasztalataink szerint ekkor a korai fajták termesztése volt domináns. Az eltérés oka az lehet, hogy ez egy történelmi jelentőségű borvidék, így egyes fajták telepítését a tapasztalatok mellett a hagyomány is befolyásolja. Emellett a szőlőtőkék magyarországi körülmények között 25–30 évig hoznak hasznat, így a fajtaválasztás hosszútávon meghatározza a terület fajtaösszetételét.

Kiss (1992) méréseken alapuló számításai az 1961–1990 közti időszakra 3012°C effektív hőösszeget adtak. Ebből, és a 12. táblázat adataiból arra következtethetünk, hogy a referencia időszak effektív hőösszegét a RegCM és az ALADIN modell 9 pontos és naptár alapú módszerrel adta meg a legpontosabban.

A XXI. század közepére a RegCM modell $3150\text{--}3300^\circ\text{C}$, az ALADIN $3200\text{--}3400^\circ\text{C}$, míg a PRECIS $3450\text{--}3650^\circ\text{C}$ effektív hőösszeget adott. A RegCM és az ALADIN modell esetében a hőmérsékleti és naptári módszer eredménye körülbelül megegyezik, míg a PRECIS-nél közel 100°C -kal kisebb értéket ad a naptár alapú módszer. Az aktív hőösszeg is növekedést mutat rövidtávon. A RegCM $1400\text{--}1500^\circ\text{C}$, az ALADIN $1500\text{--}1600^\circ\text{C}$, míg a PRECIS $1750\text{--}1800^\circ\text{C}$ aktív hőösszeget adott. A RegCM és ALADIN modell esetén a naptári, ám a PRECIS-nél a hőmérsékleti alapú számítás adott magasabb értékeket, de egyik eltérés sem haladta meg a 40°C -ot. Az eredmények azt

mutatják, hogy rövidtávon a kései és az igen kései érésű szőlőfajták termesztése is lehetővé válhat.

Hosszútávon további növekedést tapasztalhatunk a hőösszegekben. A RegCM adatok alapján az effektív hőösszeg 3550–3850 °C, az ALADIN szerint 3700–3900 °C, míg a PRECIS alapján 3900–4300 °C értékűnek adódott a XXI. század végére. Mindhárom modell esetében a naptári módszer kisebb hőösszeget adott, mint a hőmérsékleti módszer. Az aktív hőösszeg a RegCM szerint 1800–1900 °C, az ALADIN alapján 1950–2050 °C és a PRECIS szerint 2200–2300 °C értéket vesz fel hosszútávon. Az RegCM és a PRECIS modell a hőmérsékleti módszer esetén magasabb, míg az ALADIN modell alacsonyabb aktív hőösszeget adott a naptári módszerhez viszonyítva. A hőösszegek növekedése azt jelezheti, hogy a kései és igen kései érésű fajták széles körben elterjedhetnek a móri borvidéken.

	effektív hőösszeg (°C)					
	RegCM		ALADIN		PRECIS	
	1 rácspont	9 rácspont	1 rácspont	9 rácspont	1 rácspont	9 rácspont
1961–1990	2814 (2941)	2929 (3025)	2727 (2933)	2862 (3017)	2784 (2890)	2855 (2939)
2021–2050	3167 (3171)	3298 (3255)	3224 (3277)	3343 (3351)	3582 (3465)	3636 (3510)
2071–2100*	3707 (3571)	3838 (3657)	3787 (3736)	3865 (3815)	4216 (3900)	4302 (3946)

12. táblázat: Az effektív hőösszeg értékei a móri borvidéken a RegCM, az ALADIN, és a PRECIS modell alapján (1961–1990, 2021–2050, 2071–2100*). A vegetációs időszak hosszát hőmérsékleti és naptári (zárójeles eredmények) alapon is figyelembe vettem.

	aktív hőösszeg (°C)					
	RegCM		ALADIN		PRECIS	
	1 rácspont	9 rácspont	1 rácspont	9 rácspont	1 rácspont	9 rácspont
1961–1990	1215 (1270)	1291 (1338)	1187 (1268)	1270 (1335)	1215 (1257)	1258 (1295)
2021–2050	1417 (1438)	1503 (1508)	1517 (1556)	1594 (1619)	1769 (1755)	1807 (1794)
2071–2100*	1818 (1798)	1897 (1870)	1954 (1974)	2006 (2040)	2234 (2161)	2290 (2200)

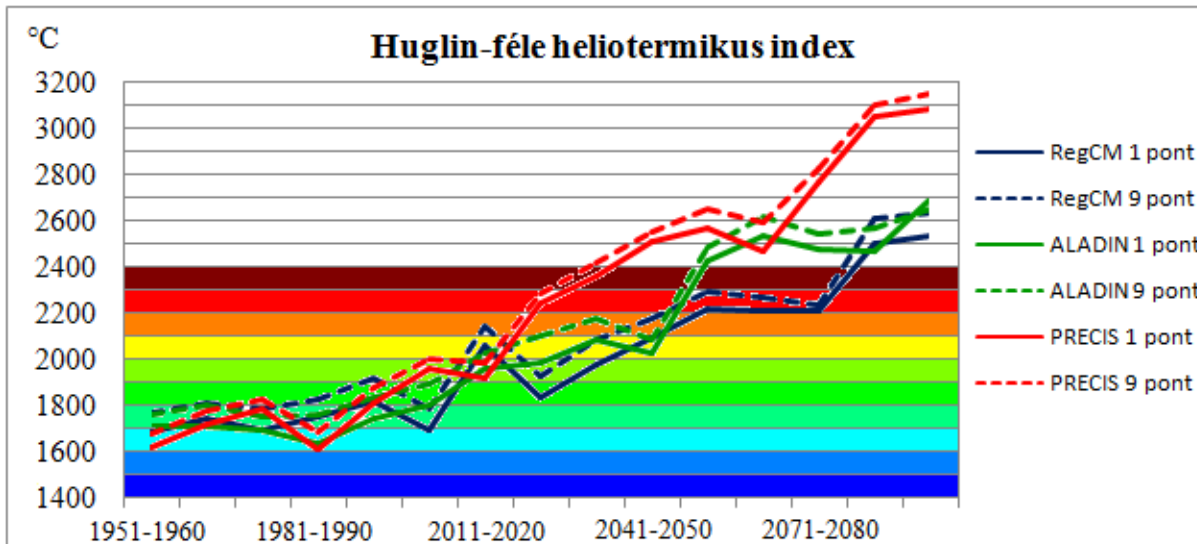
13. ábra: Az aktív hőösszeg értékei a móri borvidéken a RegCM, az ALADIN, és a PRECIS modell alapján (1961–1990, 2021–2050, 2071–2100*). A vegetációs időszak hosszát hőmérsékleti és naptári (zárójeles eredmények) alapon is figyelembe vettem.

A 23. ábrán jól látható, hogy az Huglin-féle heliotermikus index értékeinek hőmérsékleti alapú számításánál, ha 9 rácspontot veszünk figyelembe, minden esetben 25–100 °C-kal magasabb értéket kapunk, mintha csak 1 rácspontot vonunk be a számításba. A naptári alapú számítással kapott értékek minden esetben 50–100 °C-kal magasabbak voltak a hőmérsékleti alapú eredményeknél a referencia időszakban (14.

* PRECIS modell esetében adathiány miatt 2069–2098 közötti időszakot vettem figyelembe. Ez az összes hosszútávra vonatkozó számításnál igaz.

táblázat). A XX. század végén mindhárom modell azt mutatja, hogy a móri borvidék hőmérsékleti adottságai többnyire korai és középérésű, fehérbort adó fajták termesztésének kedveztek. Tapasztalataink is azt mutatják, hogy a XX. század végén a móri borvidéken termesztettek ilyen fajtákat, de dominánsan inkább korai érésűeket.

Rövid- és hosszútávon egyaránt a heliotermikus index értékének növekedése várható, de az emelkedés mértéke különbözik a három klímamodell esetében. A leglassabban a RegCM, a leggyorsabban a PRECIS eredményei növekednek. Az ALADIN és a PRECIS értékek már a XXI. század második harmadában túllépi a skála felső határát, míg a RegCM esetében ez csak a XXI. század végén következik be. Az ALADIN modell esetén a naptári, míg a PRECIS-nél a hőmérsékleti alapú számítás adott 30–130 °C-kal magasabb értékeket rövid- és hosszútávon. A RegCM-nél rövidtávon a naptári, hosszútávon a hőmérsékleti alapú számítás során kaptunk 10–50 °C-kal magasabb értéket (14. táblázat). A heliotermikus index növekedése a gyakorlatban azt jelenti, hogy a XXI. században a termesztés egyre inkább a késői érésű, és ezzel párhuzamosan a vörösbort adó fajták irányába tolódhat el.



23. ábra: Az Huglin-féle heliotermikus index változása a móri borvidéken évtizedenként a RegCM, ALADIN és PRECIS modellek alapján hőmérsékleti alapú vegetációs időszak meghatározással 1, illetve 9 pontos számítási módszerrel, 1951–2100*.

* PRECIS modell esetében adathiány miatt 1951–2098 közötti időszakot vettem figyelembe. Ez az összes hosszútávra vonatkozó számításnál igaz.

	Huglin-féle heliotermikus index					
	RegCM		ALADIN		PRECIS	
	1 rácspont	9 rácspont	1 rácspont	9 rácspont	1 rácspont	9 rácspont
1961–1990	1731 (1812)	1810 (1879)	1677 (1813)	1771 (1880)	1706 (1775)	1763 (1825)
2021–2050	1969 (2004)	2062 (2071)	2032 (2103)	2119 (2168)	2373 (2344)	2421 (2393)
2071–2100*	2417 (2381)	2497 (2449)	2548 (2564)	2591 (2628)	2900 (2792)	2977 (2840)

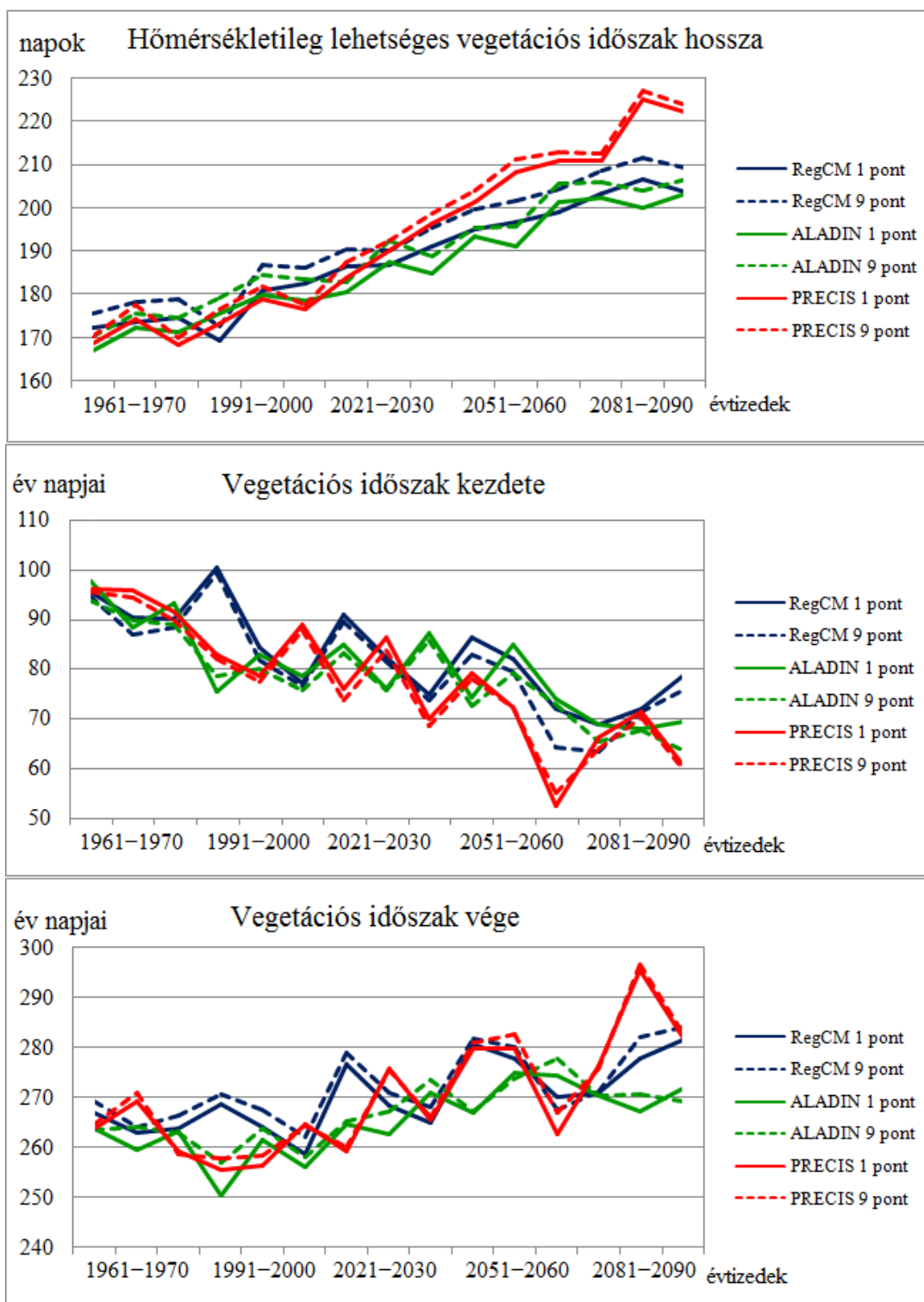
14. ábra: Az Huglin-féle heliotermikus index értékei a móri borvidéken a RegCM, az ALADIN, és a PRECIS modell alapján (1961–1990, 2021–2050, 2071–2100*). A vegetációs időszak hosszát hőmérsékleti és naptári (zárójeles eredmények) alapon is figyelembe vettem.

A hőmérsékletileg lehetséges vegetációs periódus a vizsgált időszakban egyértelmű növekedést mutat. A 24. ábrán látható, hogy a 9 pontos módszer eredménye minden esetben magasabb értéket adott. A referencia időszakban minden modell esetén 170–180 napig tartott a hőmérsékletileg lehetséges vegetációs periódus. A naptári alapú módszer 183 nap, illetve 30 napos hónapokkal számolva 180 nap hosszú vegetációs periódust definiál. Tehát a referencia időszakban a hőmérsékleti és naptári módszer eredménye közel megegyezik egymással. Rövidtávon 190–200 napos hőmérsékletileg lehetséges vegetációs periódust adtak a modellek. Ez az időtartam hosszútávon még hosszabbá válhat. A RegCM és az ALADIN modellek 200–210 napos, a PRECIS pedig 220–230 napos vegetációs időszakot jelzett.

Számításaim szerint a vegetációs időszak a XX. század végén többnyire a 90. naptári napon kezdődött, vagyis március végén, április elején. Ez megegyezik a naptári alapú meghatározással. A 9 pontos módszer eredménye a nedvkeringés korábbi megindulását mutatja. Az eltérés többnyire csak pár nap, de akár egy hét is lehet (például a RegCM esetében a XXI. század második felének kezdetén). Rövid- és hosszútávon a vegetációs periódus korábbi megkezdődése várható. Ez rövidtávon március közepére, illetve végére, hosszútávon március elejére, közepére tehető.

A hőmérsékletileg lehetséges vegetációs időszak vége tekintetében a 9 pontos módszer szinte minden esetben pár nappal későbbi időpontot adott, mint az 1 pontos. A referencia időszakban körülbelül a 255.–265. napon fejeződhetett be a vegetációs időszak, tehát szeptember közepére, végére tehető. Azt láthatjuk, hogy rövid- és hosszútávon enyhén kitolódhat a vegetációs időszak szeptember vége (ALADIN), október elejére (RegCM és PRECIS).

* PRECIS modell esetében adathiány miatt 2069–2098 közötti időszakot vettem figyelembe. Ez az összes hosszútávra vonatkozó számításnál igaz.



24. ábra: A móri borvidéken hőmérsékletileg lehetséges vegetációs időszak, valamint a vegetációs időszak kezdetének és végének időpontja évtizedes bontásban a RegCM, ALADIN és PRECIS modell alapján, 1 és 9 pontos módszerrel számolva, 1951–2100*.

Vizsgáltam a szélsőséges hőmérsékletek előfordulási gyakoriságát is. Néhány esetben lehetőségem volt a modellek eredményeit mérési értékekkel összehasonlítani.

* PRECIS modell esetében adathiány miatt 1951–2098 közötti időszakot vettem figyelembe. Ez az összes hosszútávra vonatkozó számításnál igaz.

A 15. táblázat azt mutatja, hogy a 9 pontos módszerrel minden esetben 5–8 nappal több fagyos (minimum hőmérséklet $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatti) napot kaptunk, mint az 1 pontos módszerrel. A referencia időszakban a modellek jól visszaadják a szakirodalomban említett 100 napos értéket. Rövid- és hosszútávon egyértelműen csökkenés várható a fagyos napok számában. A RegCM és ALADIN modell esetében rövidtávon 75–85 napra, hosszútávon 50–65 napra csökkenhet az érték. A PRECIS esetében már rövidtávon 50–60 napra, hosszútávon 30–40 napra rövidülhet ez az időszak.

A téli napok (maximum hőmérséklet $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatti) számának változásában is a fentiekhez hasonló tendencia látható (16. táblázat). Ebben az esetben is a 9 pontos módszer értékei magasabbak, és a referencia időszak eredményei jól visszaadják a szakirodalmi adatokat. Rövidtávra a RegCM 22 nap, az ALADIN 15 nap, a PRECIS 12 nap körüli téli napot adott. Hosszútávon az előbbi modellsorrendben az eredmények rendre 9 nap, 12 nap, 4 nap lettek. Tehát a téli napok számában egyértelmű csökkenést várhatunk.

A szakirodalomban leírt zord napok (minimum hőmérséklet $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatti) számát az 1961–1990 közti időszakban jól közelíti a RegCM és az ALADIN modell (17. táblázat). A PRECIS modell mindössze egy esetben adott zord napot ebben az időszakban, és a későbbiekben nem is jelzett ilyen eseményt. Rövidtávon a zord napok száma a felére, míg hosszútávon negyedére csökkenhet ezen események száma, így hosszútávon csak évente 2–3 alkalommal mérhetnek $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatti minimum hőmérsékletet.

Vizsgáltam a szőlő számára kritikus téli hőmérsékletek ($-17\text{ }^{\circ}\text{C}$ és $-21\text{ }^{\circ}\text{C}$) gyakoriságát is. A borrégiók jellemzésénél már említettem, hogy a PRECIS modell nem adott ilyen alacsony hőmérsékletet. A korábbiakhoz hasonlóan ennél a vizsgálatnál is a 9 pontos módszer jelzett gyakrabban ilyen eseményt. A kapott gyakoriságok nem pontosan adják vissza *Dunkel és Kozma* (1981) eredményeit, melynek oka az lehet, hogy az általam és az említett szerzők által vizsgált időszak nem pontosan fedt egymást. Eredményeim az 1961–1990 közti időszakra a szőlő mélynyugalmi fázisában gyakrabban (3–4 évente) jelentkező $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatti minimum hőmérsékletet adtak (18. táblázat). A RegCM szerint évente akár többször, míg az ALADIN szerint 1–2 évente jelentkezhetett ilyen alacsony hőmérséklet a kényszernyugalmi szakaszban. Rövid- és hosszútávon a mély- és a kényszernyugalmi szakaszban egyaránt jelentős csökkenés várható a kritikus fagyveszélyes napok terén. A RegCM szerint rövidtávon a mélynyugalmi szakaszban mindössze 10 évente, míg a kényszernyugalmi fázisban szinte soha, vagy esetleg 10–30 évente fordulhat elő a fagyérzékeny egyedeken fagykár. Hosszútávon a mélynyugalmi időszaki fagykár eltűnhet, de a kényszernyugalmi szakaszban 10–30 évente jelentkezhet

–17 °C alatti minimum hőmérséklet. Az ALADIN modell sem rövid-, sem hosszútávra nem jelzett a mélynyugalmi szakaszban fagyveszélyt. A kényszernyugalmi szakaszban 6–10 évente fordulhat elő ilyen alacsony hőmérséklet.

A –21 °C-nál alacsonyabb hőmérsékletek esetében sem a PRECIS, sem az ALADIN modell nem jelzett ilyen eseményt. A RegCM által mutatott értékek is jelentősen elmaradnak Dunkel és Kozma (1981) eredményeitől. Eredményeim szerint a referencia időszakban a mélynyugalmi fázisban nem, a kényszernyugalmiban 10–15 évente jelentkezett ez a kritikus hőmérséklet. Ezzel szemben rövidtávon a mélynyugalmi szakaszban 15–30 évente jelentkezhethet fagyveszély. A kényszernyugalmi szakaszban a modell nem adott ilyen esetet. Hosszútávon egyáltalán nem jeleztek –21 °C-nál alacsonyabb hőmérsékletet a modellek.

	fagyos napok (minimum hőmérséklet 0 °C alatti) száma egy évben					
	RegCM		ALADIN		PRECIS	
	1 rácspont	9 rácspont	1 rácspont	9 rácspont	1 rácspont	9 rácspont
1961–1990	97	104	93	100	93	101
2021–2050	81	86	75	81	53	61
2071–2100*	50	56	59	64	32	37

15. táblázat: Fagyos napok száma a móri borvidéken a RegCM, az ALADIN, és a PRECIS modell alapján (1961–1990, 2021–2050, 2071–2100*).

	téli napok (maximum hőmérséklet 0 °C alatti) száma egy évben					
	RegCM		ALADIN		PRECIS	
	1 rácspont	9 rácspont	1 rácspont	9 rácspont	1 rácspont	9 rácspont
1961–1990	28	31	25	27	26	29
2021–2050	21	23	15	16	11	13
2071–2100*	9	10	12	13	3	5

16. táblázat: Téli napok száma a móri borvidéken a RegCM, az ALADIN, és a PRECIS modell alapján (1961–1990, 2021–2050, 2071–2100*).

	zord napok (minimum hőmérséklet –10 °C alatti) száma egy évben					
	RegCM		ALADIN		PRECIS	
	1 rácspont	9 rácspont	1 rácspont	9 rácspont	1 rácspont	9 rácspont
1961–1990	10	12	9	10	0	1
2021–2050	5	6	4	5	0	0
2071–2100*	2	2	2	3	0	0

17. táblázat: Zord napok száma a móri borvidéken a RegCM, az ALADIN, és a PRECIS modell alapján (1961–1990, 2021–2050, 2071–2100*).

* PRECIS modell esetében adathiány miatt 2069–2098 közötti időszakot vettem figyelembe. Ez az összes hosszútávra vonatkozó számításnál igaz.

	–17 °C alatti minimum hőmérsékletű napok száma az időszakban					
	RegCM		ALADIN		PRECIS	
	1 rácspont	9 rácspont	1 rácspont	9 rácspont	1 rácspont	9 rácspont
1961–1990	36 (7, 29)	50 (11, 39)	23 (9, 14)	31 (9, 22)	0 (0, 0)	0 (0, 0)
2021–2050	3 (3, 0)	5 (3, 2)	3 (0, 3)	4 (0, 4)	0 (0, 0)	0 (0, 0)
2071–2100*	2 (0, 2)	3 (0, 3)	4 (0, 4)	5 (0, 5)	0 (0, 0)	0 (0, 0)

18. táblázat: –17 °C alatti minimum hőmérsékletű napok száma a móri borvidéken a RegCM, az ALADIN, és a PRECIS modell alapján (1961–1990, 2021–2050, 2071–2100*). Az értékek a nov.1.–márc.10. időszakra vonatkoznak, míg a zárójeles értékek rendre a nov.1.–jan.10. és a jan.11.–márc.10. időszakra.

A vegetációs időszakban történt fagyokra nincs szakirodalmi adatom. A továbbiakban a saját eredményeimet mutatom be. A 9 pontos módszer a korábbiakhoz hasonlóan itt is gyakrabban jelzett a kritikus érték alatti hőmérsékletet (9–26 esettel). A 19. táblázatban közölt adatok azt mutatják, hogy a referencia időszakban akár évente több alkalommal is jelentkezhettek tavaszi fagyok. A RegCM esetében a hőmérsékleti és naptári alapú számítás közel azonos eredményt adott. Az ALADIN esetében közel 25 alkalommal, a PRECIS-nél 6–7 alkalommal kevesebbszer fordulhatott elő vegetációs időszaki fagy a naptár alapú módszer szerint. Rövidtávon a hőmérsékleti módszerrel a RegCM közel kétszer annyi fagy esetet mutat, mint a referencia időszakban. Az ALADIN is növekedést mutat, de enyhébb mértékűt. A PRECIS a fagyok csökkenését adta hőmérsékleti módszerrel. Ebben az esetben a rövidtávú értékek a referencia értékek 2/3-ára csökkenhetnek. Hosszútávon az ALADIN 1 pontos eset kivételével, mikor nem tapasztalható jelentős változás, a tavaszi fagy terén egyértelmű gyakoribbá válást mutat a 19. táblázat a referencia időszakhoz képest.

A naptár alapú módszer teljesen más eredményt mutat. A RegCM modell rövidtávon a vegetációs időszaki fagyos napok feleződését, az ALADIN modell pedig a referencia időszaki érték negyedét adta. A legerősebb gyengülést a PRECIS adta. Akár a tizedére is csökkenhet ezen esetek száma. Hosszútávon a RegCM szerint 3–4 évente, az ALADIN és PRECIS esetében 10–30 évente fordulhat elő vegetációs időszaki fagy a móri borvidéken.

A hőmérsékleti és naptári módszer kapott eredmények eltéréséből arra lehet következtetni, hogy a jövőben már az év első negyedében – amikor a szőlő kényszernyugalmi fázisban van – előfordulhatnak akár egy hétig tartó melegebb periódusok, mikor a szőlő nedvkeringése beindulhat, így egy későbbi hideg időszak nagy károkat okozhat a növény számára.

* PRECIS modell esetében adathiány miatt 2069–2098 közötti időszakot vettem figyelembe. Ez az összes hosszútávra vonatkozó számításnál igaz.

	-1 °C alatti minimum hőmérsékletű napok száma a vegetációs periódusban a vizsgált időszakban					
	RegCM		ALADIN		PRECIS	
	1 rácspon	9 rácspon	1 rácspon	9 rácspon	1 rácspon	9 rácspon
1961–1990	35 (37)	46 (46)	57 (32)	68 (41)	50 (43)	59 (53)
2021–2050	71 (19)	92 (29)	62 (8)	76 (13)	29 (3)	40 (8)
2071–2100*	57 (7)	75 (11)	54 (1)	80 (3)	60 (1)	75 (1)

19. táblázat: -1 °C alatti minimum hőmérsékletű napok száma a vegetációs periódusban a móri borvidéken a RegCM, az ALADIN, és a PRECIS modell alapján (1961–1990, 2021–2050, 2071–2100*). A vegetációs időszak hosszát hőmérsékleti és naptári (zárójeles eredmények) alapon is figyelembe vettem.

Nyári napok (maximum hőmérséklet 25 °C feletti) számát (20. táblázat) a referencia időszakban az 1 pontos módszer jól visszaadja minden modell esetében. A 9 pontos módszer nem csak ebben az időszakban, de a többiben is 10–14 nappal több nyári napot jelzett. A továbbiakban az 1 pontos módszer eredményeit ismertetem. A RegCM és ALADIN modell rövidtávon 70–80, míg a PRECIS majdnem 100 nyári napot adott. Hosszútávon a nyári napok száma 100–120 is lehet a modellek szerint.

A fentiekhez hasonló trendet mutat a hőségnapok (maximum hőmérséklet 30 °C feletti) száma is (21. táblázat), bár a referencia időszakra kapott értékek elmaradnak a szakirodalmitól. Az előzőekhez hasonlóan is itt az 1 pontos módszert mutatom be, melyhez 5–10 napot hozzáadva megkapjuk a 9 pontos módszer eredményeit. Az 1 pontos módszer a referencia időszakra 10–12 hőségnapot adott. Ez az egységes kép a jövőben jelentősen felborul, de a növekedés egyértelműen látszik. A RegCM modell rövidtávon 14, hosszútávon pedig további 33 hőségnapot adott. Az ALADIN esetében rövidtávon az érték duplázódása, hosszútávon pedig megnégyszereződése várható. A leggyorsabb emelkedést a PRECIS mutatja rövid- és hosszútávon egyaránt (43, illetve 70 hőségnap).

A fentiekhez hasonlóan a forró napok (35 °C feletti maximum hőmérsékletű napok) előfordulási gyakorisága is növekedést mutat mindhárom modell szerint (22. táblázat). A 9 pontos módszer az évek és napok számát tekintve is minden esetben nagyobb értéket adott az 1 pontos módszerhez képest. Az 1961–1990 közti időszakban átlagosan 3–5 évente adtak a modellek olyan évet, mikor volt 35 °C feletti hőmérséklet. Ezekben az években többnyire 2 ilyen eset történt. Rövidtávon a modellek szerint minden második évben jelentkezhet ilyen magas hőmérséklet. A RegCM csak néhány, az ALADIN és a PRECIS 8–13 alkalommal adott ilyen szélsőséges hőmérsékletet ezekben az években. Hosszútávon szinte minden évben jelentkezhet 35 °C feletti hőmérséklet, évente akár 19–34 alkalommal (bár a RegCM csak 7–9 ilyen napot adott éves szinten).

* PRECIS modell esetében adathiány miatt 2069–2098 közötti időszakot vettem figyelembe. Ez az összes hosszútávra vonatkozó számításnál igaz.

	nyári napok (maximum hőmérséklet 25 °C feletti) száma egy évben					
	RegCM		ALADIN		PRECIS	
	1 rácspont	9 rácspont	1 rácspont	9 rácspont	1 rácspont	9 rácspont
1961–1990	59	72	61	73	59	71
2021–2050	72	86	77	89	96	107
2071–2100*	101	114	108	120	122	132

20. táblázat: Nyári napok száma a móri borvidéken a RegCM, az ALADIN, és a PRECIS modell alapján (1961–1990, 2021–2050, 2071–2100*).

	hőségnapok (maximum hőmérséklet 30 °C feletti) száma egy évben					
	RegCM		ALADIN		PRECIS	
	1 rácspont	9 rácspont	1 rácspont	9 rácspont	1 rácspont	9 rácspont
1961–1990	12	17	11	16	10	16
2021–2050	14	21	23	33	43	52
2071–2100*	33	43	49	59	70	80

21. táblázat: Hőségnapok száma a móri borvidéken a RegCM, az ALADIN, és a PRECIS modell alapján (1961–1990, 2021–2050, 2071–2100*).

	forró napok (maximum hőmérséklet 35 °C feletti) száma egy évben						forró napú (maximum hőmérséklet 35 °C feletti) évek					
	RegCM		ALADIN		PRECIS		RegCM		ALADIN		PRECIS	
	1 pont	9 pont	1 pont	9 pont	1 pont	9 pont	1 pont	9 pont	1 pont	9 pont	1 pont	9 pont
1961–1990	2	2	2	3	2	2	6	12	4	6	7	8
2021–2050	2	3	8	10	10	13	16	18	17	20	27	29
2071–2100*	7	9	19	24	28	34	26	29	27	28	30	30

22. táblázat: Bal: 35 °C feletti maximum hőmérsékletű napok száma az olyan évben, mikor volt ilyen esemény és Jobb: 35 °C feletti maximum hőmérsékletű napú évek száma a móri borvidéken a RegCM, az ALADIN, és a PRECIS modell alapján (1961–1990, 2021–2050, 2071–2100*).

Vegetációs időszak alatti csapadék a szőlő számára minimálisan szükséges értéket szinte minden időszakban eléri (23. táblázat). Kivételt képez a PRECIS modell 2069–2098-as időszaka naptári számítási módszerrel, de az eltérés csak néhány mm. Pár esetben a RegCM modellnél még az elegendő vízmennyiség felső határát is meghaladta a csapadék mennyisége rövidtávon, illetve hosszútávon hőmérsékleti alapú módszerrel. Az eltérés itt is kevés, de ha ez a többlet csapadék nem megfelelő időben érkezik, káros is lehet a szőlő fejlődése szempontjából.

A modellek által adott vegetációs időszaki havi csapadékösszegek (25. ábra) közel 20 mm-rel elmaradnak a Kiss (1992) által közölt mérési eredményektől. A RegCM modell a 2021–2050 közti periódusra nyár elejére és szeptemberre nedvesedést adott. A nyár eleji többletcsapadék kedvező lehet a virágzási időszakban, de az őszi párás környezetben

* PRECIS modell esetében adathiány miatt 2069–2098 közötti időszakot vettem figyelembe. Ez az összes hosszútávra vonatkozó számításnál igaz.

rothadás indulhat meg. Az ALADIN tavaszra nedvesedést, júniusra szárazodást adott. Ha a virágzáskor megfelelő mennyiségű nedvesség áll a szőlő rendelkezésére, a növény ideális ütemben tud fejlődni. A PRECIS modell nyár végére szárazodást jelzett, ami gátolja a szőlő fejlődését.

Hosszútávon a RegCM modell tavasz végére és nyár elejére szárazodást, szeptemberre nedvesedést adott. Ez valószínűleg csökkenti a termés mennyiségét. Hosszútávon az ALADIN és a PRECIS értékei jól együtt mozognak. Nyárra jelentős (havi 10–30 mm) szárazodást adnak, ami nem kedvez a szőlő fejlődésének.

Mint említettem, a csapadék eloszlásának kiemelten fontos szerepe van. Sem az éves maximális aszályidőszak, sem az éves maximális csapadékhullási időszak hosszában nem tapasztalhatunk jelentős eltérést 1, illetve 9 pontos módszer esetében.

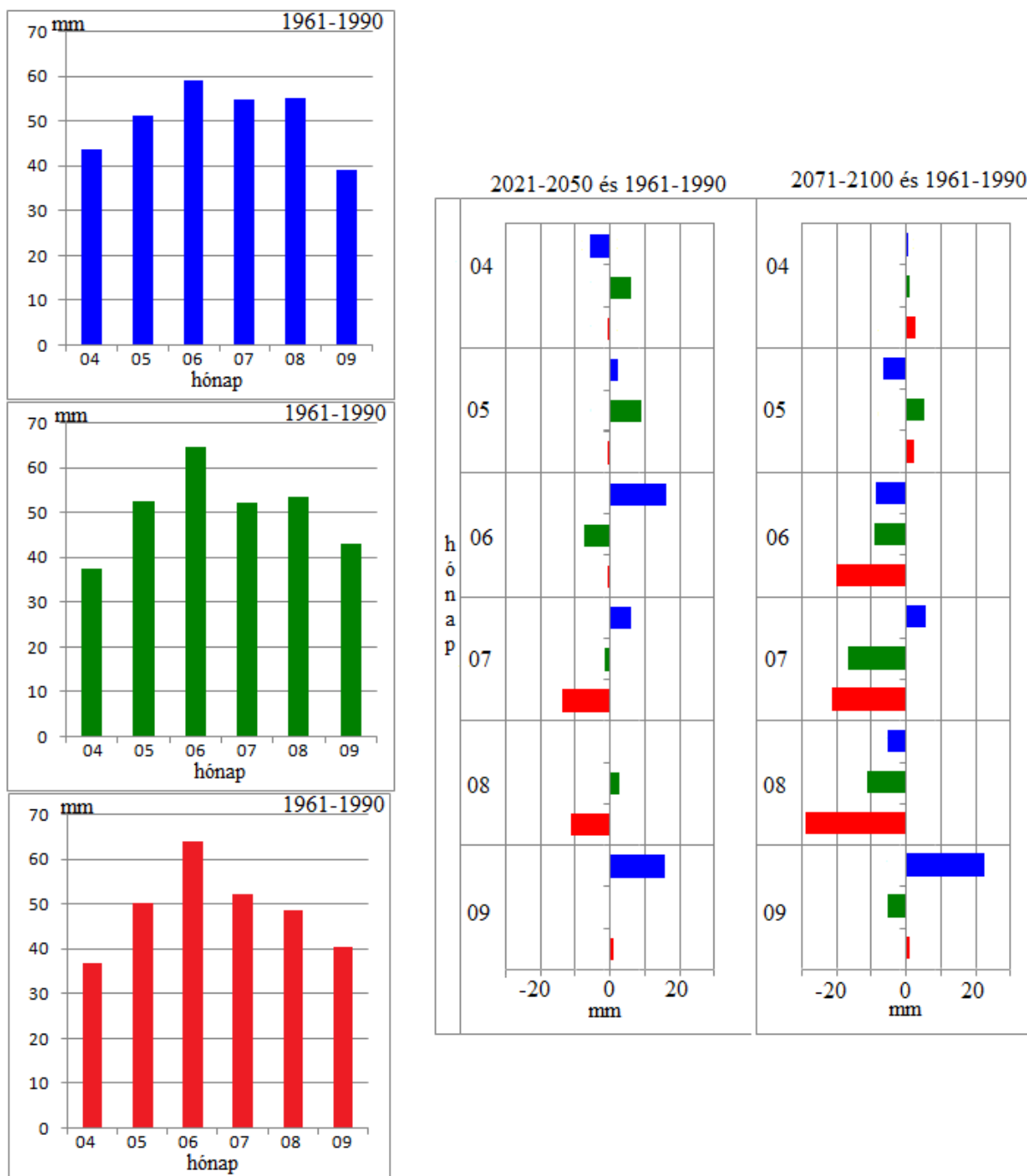
Az éves maximális aszályidőszak (24. táblázat) a referencia időszakban a RegCM és PRECIS modell esetében 23 nap, az ALADIN modell esetében 28 nap volt. Az előbbieket rövidtávon 1 nappal növekedhetnek, míg utóbbi nem adott változást. Hosszútávon a RegCM-nél további 1 nap, az ALADIN-nál 6–7 nap, a PRECIS-nél 4,5–5 hosszabbodás várható. Tehát a jövőben érdemes jobban felkészülni az aszálykárok mérséklésére. A 26. ábráról az is látszik, hogy a modellek nemcsak az átlagos maximális időszak hosszának növekedését mutatják, de várhatóan az éves maximális aszályidőszakok hossza is szélesebb időintervallumban fog eloszlani.

Az éves maximális csapadékhullási időszak (25. táblázat) minden modell esetén minden vizsgált időszakban 3–4 nap volt. Az eltérések olyan kicsik, hogy messzemenő következtetéseket nem lehet levonni. A 27. ábráról azonban az látszik, hogy rövidtávon a csapadékos periódusok hossza szélesebb intervallumban fog várhatóan mozogni.

	vegetációs csapadékösszeg (mm)					
	RegCM		ALADIN		PRECIS	
	1 rácpont	9 rácpont	1 rácpont	9 rácpont	1 rácpont	9 rácpont
1961–1990	287 (306)	281 (296)	282 (305)	280 (295)	272 (292)	271 (286)
2021–2050	340 (340)	329 (325)	311 (314)	306 (304)	277 (267)	275 (261)
2071–2100*	332 (313)	325 (301)	281(269)	281 (263)	274 (239)	268 (233)

23. táblázat: A vegetációs időszak csapadékösszege a móri borvidéken a RegCM, az ALADIN, és a PRECIS modell alapján (1961–1990, 2021–2050, 2071–2100*). A vegetációs időszak hosszát hőmérsékleti és naptári (zárójeles eredmények) alapon is figyelembe vettem.

* PRECIS modell esetében adathiány miatt 2069–2098 közötti időszakot vettem figyelembe. Ez az összes hosszútávra vonatkozó számításnál igaz.



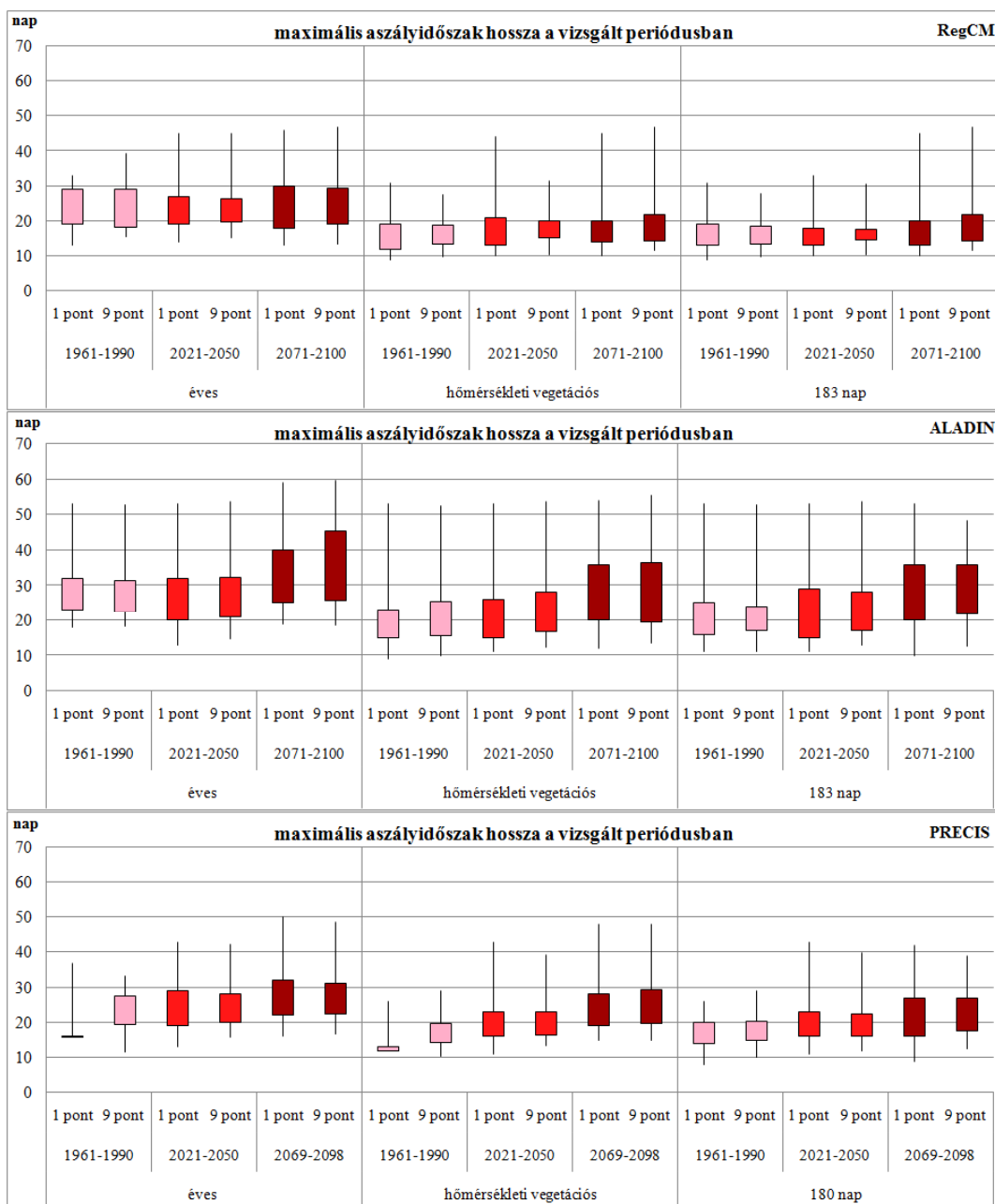
25. ábra: A vegetációs időszak alatti havi csapadékösszeg a móri borvidéken (1 pontos módszerrel) 1961–1990 közötti időszakban (bal oldalon). A vegetációs időszaki havi csapadékösszeg változása 2021–2050 és 1961–1990 között, illetve 2071–2100* és 1961–1990 között (jobb oldalon).

A diagramokon a különböző színek jelzik az egyes RCM-szimulációkból származó eredményeket, kék: RegCM, zöld: ALADIN, piros: PRECIS.

* PRECIS modell esetében adathiány miatt 2069–2098 közötti időszakot vettem figyelembe. Ez az összes hosszútávra vonatkozó számításnál igaz.

	maximális aszályidőszak (legfeljebb napi 1 mm csapadékú időszak) (nap)					
	RegCM		ALADIN		PRECIS	
	1 rácspont	9 rácspont	1 rácspont	9 rácspont	1 rácspont	9 rácspont
1961–1990	22,8	23,4	28,2	28,2	22,7	22,8
2021–2050	24,2	23,9	28,0	28,3	24,0	24,3
2071–2100*	24,8	25,1	34,1	35,4	29,0	28,7

24. táblázat: Az éves maximális aszályidőszak (legfeljebb napi 1 mm csapadékú időszak) hossza a móri borvidéken a RegCM, az ALADIN, és a PRECIS modell alapján (1961–1990, 2021–2050, 2071–2100*).

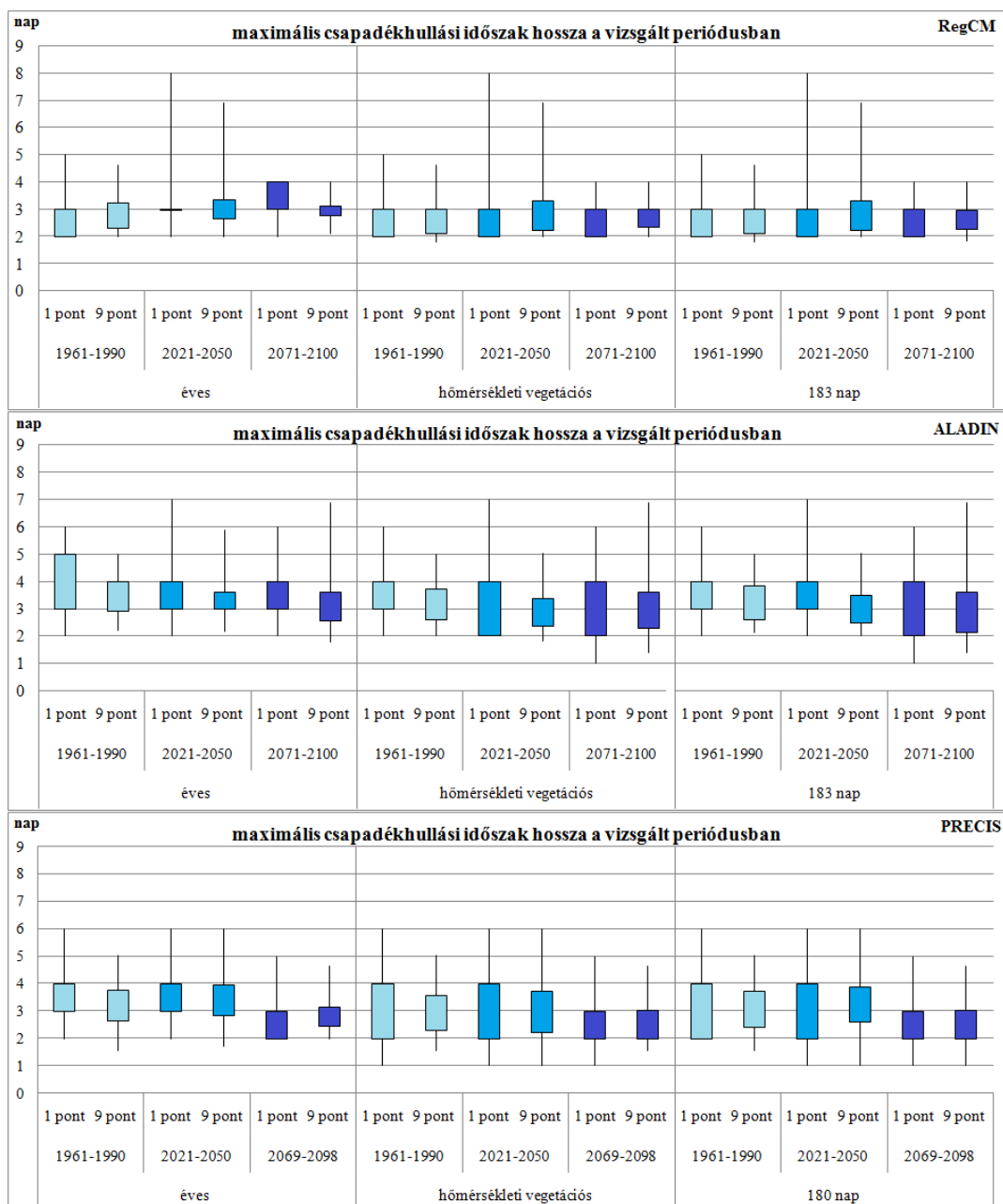


26. ábra: A maximális aszályidőszak hossza a móri borvidéken 1, illetve 9 pontos módszerrel a RegCM, az ALADIN, és a PRECIS modell alapján (1961–1990, 2021–2050, 2071–2100*).

* PRECIS modell esetében adathiány miatt 2069–2098 közötti időszakot vettem figyelembe. Ez az összes hosszútávra vonatkozó számításnál igaz.

	maximális csapadékhullási (legalább napi 5 mm csapadékú) időszak (nap)					
	RegCM		ALADIN		PRECIS	
	1 rácspont	9 rácspont	1 rácspont	9 rácspont	1 rácspont	9 rácspont
1961–1990	3,0	2,9	3,7	3,5	3,2	3,2
2021–2050	3,3	3,2	3,6	3,4	3,5	3,4
2071–2100*	3,1	3,0	3,3	3,4	3,0	2,9

25. ábra: Az éves maximális csapadékhullási (legalább napi 5 mm csapadékú) időszak hossza a móri borvidéken a RegCM, az ALADIN, és a PRECIS modell alapján (1961–1990, 2021–2050, 2071–2100*).



27. ábra: A maximális csapadékhullási (legalább napi 5 mm csapadékú) időszak hossza a móri borvidéken 1, illetve 9 pontos módszerrel a RegCM, az ALADIN, és a PRECIS modell alapján (1961–1990, 2021–2050, 2071–2100*).

* PRECIS modell esetében adathiány miatt 2069–2098 közötti időszakot vettem figyelembe. Ez az összes hosszútávra vonatkozó számításnál igaz.

Vizsgáltam az 1, illetve 10 mm-nél nagyobb csapadékú napok számának változását is. Az 1 mm feletti csapadékú napok számát (26. táblázat) az 1 rácsponti módszer jól közelíti. A modellek szerint ez az érték rövid- és hosszútávon 2–8 nappal lecsökkenhet. A 9 rácspont értékeinek vizsgálata minden modell esetében minden időszakra közelítőleg 30–35 nappal több 1 mm feletti csapadékú esetet mutatott.

Az 10 mm feletti csapadékú napok számát (27. táblázat) az 1 rácsponton alapuló számítás alulbecsli (átlagosan 12 ilyen napot adtak a modellek), a 9 rácsponton alapuló pedig felül (körülbelül 20 napot adtak). Az ALADIN és PRECIS modell a XXI. század közepére maximum 1–2 nap növekedést mutat, míg a RegCM-nél ez 3–4 nap. A RegCM modell alapján a XXI. század végére a referencia időszakhoz képest a növekedés 4–6 nap lehet. Ezzel szemben az ALADIN és PRECIS modell 1–3 nap csökkenést jelez éves szinten.

	1 mm feletti csapadékú napok száma egy évben					
	RegCM		ALADIN		PRECIS	
	1 rácspont	9 rácspont	1 rácspont	9 rácspont	1 rácspont	9 rácspont
1961–1990	100	135	99	133	97	124
2021–2050	98	130	96	128	94	121
2071–2100*	94	126	91	120	92	119

26. táblázat: Az 1 mm feletti csapadékú napok száma egy évben a móri borvidéken a RegCM, az ALADIN, és a PRECIS modell alapján (1961–1990, 2021–2050, 2071–2100*).

	10 mm feletti csapadékú napok száma egy évben					
	RegCM		ALADIN		PRECIS	
	1 rácspont	9 rácspont	1 rácspont	9 rácspont	1 rácspont	9 rácspont
1961–1990	12	21	13	20	12	19
2021–2050	15	25	14	22	12	20
2071–2100*	16	27	12	19	9	16

27. táblázat: Az 10 mm feletti csapadékú napok száma egy évben a móri borvidéken a RegCM, az ALADIN, és a PRECIS modell alapján (1961–1990, 2021–2050, 2071–2100*).

A csapadék és hőmérsékleti viszonyokat együttesen vizsgálva megállapíthatjuk, hogy a referencia időszakban átlagosan 10–30 évente fordult elő peronoszpóravész (28. táblázat), de ez rövid, illetve hosszútávon sokkal gyakoribbá válhat. A RegCM modell szerint rövidtávon ötévente, hosszútávon háromévente lehet számítani ilyen gombás megbetegedésre. Az ALADIN és PRECIS rövid- és hosszútávon egyaránt négy-, de jellemzőbben inkább háromévente mutat peronoszpóravészt a móri borvidéken. Ennek

* PRECIS modell esetében adathiány miatt 2069–2098 közötti időszakot vettem figyelembe. Ez az összes hosszútávra vonatkozó számításnál igaz.

alapján elmondható, hogy a jövőben fokozottabb figyelmet kell fordítani a peronoszpóravész elkerülésére, illetve mérséklésére.

Kiss (1992) vizsgálatai azt mutatták, hogy az 1961–1990 közti időszakban 16 peronoszpóra fertőzőes év volt. A modellek alapján a csapadék-hőviszony indexszel végzett számításaim ennél jóval kevesebbszer (mindössze 1–3 évben) adtak fertőzést.

A hidrotermikus koefficiens optimuma 1 körül van. A referencia időszakban ettől az optimumtól, csak néhány századdal térnek el az értékek (29. táblázat). A RegCM esetén ez a hidrotermikus koefficiens enyhe növekedést, azaz nedvesedést mutat rövidtávon, majd ennél jelentősebb csökkenést, tehát szárazodást mutat hosszútávon. A másik két modell a jövőben végig szárazodást mutat. Az ALADIN esetében elsősorban hosszútávon, a PRECIS-nél rövidtávon tapasztalhatunk jelentősebb értékcsökkenést. Hosszútávon mindhárom modell jelentős hőmérséklettöbbletet jelez a móri borvidékre.

	peronoszpóra veszélyes évek száma a csapadék-hőviszony alapján (évek száma az időszakban)					
	RegCM		ALADIN		PRECIS	
	1 rácpont	9 rácpont	1 rácpont	9 rácpont	1 rácpont	9 rácpont
1961–1990	2	3	1	2	1	1
2021–2050	7	7	9	8	9	10
2071–2100*	10	11	9	9	10	12

28. táblázat: A peronoszpóra veszélyes évek száma a csapadék-hőviszony alapján a móri borvidéken a RegCM, az ALADIN, és a PRECIS modell alapján (1961–1990, 2021–2050, 2071–2100*)

	hidrotermikus koefficiens (mm°C⁻¹)					
	RegCM		ALADIN		PRECIS	
	1 rácpont	9 rácpont	1 rácpont	9 rácpont	1 rácpont	9 rácpont
1961–1990	1,03 (1,05)	0,97 (0,98)	1,07 (1,06)	1,01 (1,00)	1,01 (1,04)	0,98 (1,00)
2021–2050	1,08 (1,07)	1,00 (1,00)	1,00 (0,98)	0,95 (0,93)	0,78 (0,78)	0,76 (0,76)
2071–2100*	0,90 (0,88)	0,86 (0,83)	0,77 (0,74)	0,76 (0,71)	0,68 (0,62)	0,65 (0,60)

29. táblázat: A hidrotermikus koefficiens értéke a móri borvidéken a RegCM, az ALADIN, és a PRECIS modell alapján (1961–1990, 2021–2050, 2071–2100*). A vegetációs időszak hosszát hőmérsékleti és naptári (zárójeles eredmények) alapon is figyelembe vettem.

* PRECIS modell esetében adathiány miatt 2069–2098 közötti időszakot vettem figyelembe. Ez az összes hosszútávra vonatkozó számításnál igaz.

6. Összegzés

Eredményeim azt mutatják, hogy Magyarországon a XXI. század során hőmérsékleti szempontból előtérbe kerülhetnek hosszabb vegetációs idejű, illetve vörösbort adó szőlőfajták. Erre következtethetünk az effektív és aktív hőösszeg, valamint az Huglin-féle heliotermikus index növekvő tendenciájából. Emellett hosszabbá válhat a hőmérsékletileg lehetséges vegetációs periódus a XXI. század folyamán, ami azt jelenti, hogy előbb indulhat meg a nedvkeringés a szőlőben, és ezzel párhuzamosan a lombhullás ideje is későbbre tevődhet. A korábbi vegetációs kezdet miatt nem kaptunk egyértelmű változást a vegetációs időszaki fagyeseemények gyakoriságával kapcsolatban. A hagyományos vegetációs periódus számításával ez a változás egyértelműen csökkenő tendenciát mutat. Vizsgálataim szerint a téli fagykárok száma is jelentősen lecsökkenhet a XXI. század folyamán. Ugyanakkor fokozottabb figyelmet érdemes fordítani a nyári hőstressz mérséklésére.

A vegetációs időszaki csapadékviszonyok változása nem egyértelmű, bár hosszútávon két vizsgált modell is a nyári csapadék jelentős csökkenését mutatja, ami párosulhat a vegetációs időszakban egymást követő 1 mm-nél kisebb csapadékú napok számának növekedésével. Ez limitálhatja a termés mennyiségét és minőségét, főleg ha az erre az időszakra jelzett gyakoribb hőstresszt is figyelembe vesszük.

Látható, hogy fontos a különböző meteorológiai elemek hatásának együttes vizsgálata. A hidrotermikus koefficienssel végzett vizsgálataim kimutatták, hogy néhány kivételtől eltekintve a XXI. század során szárazodás várható a magyarországi borrégiókban. Ez azokon a területeken, ahol eddig csapadéktöbblet jelentkezett, nagyrészt javítja a termesztési feltételeket, ám néhány esetben jelentős hőtöbbletet okoz, mely a termesztési feltételek romlását okozza. Érdekes, hogy egy másik vizsgálatom, mely a peronoszpóravész gyakoriságát vizsgálja, az előbb leírt szárazodással szemben a peronoszpóra veszélyének (mely kialakulásának a párás körülmények kedveznek) fokozódását jelzi.

Mindezekből arra következtethetünk, hogy más tényezőknek (például a talaj víz- és hőháztartásának) is fontos szerepe lehet a szőlő életében, ezért fontos lenne a még komplexebb vizsgálat. További terveim között szerepel az egyes borvidékekre jellemző szőlőfajták igényeinek figyelembe vétele is a kutatás során.

A móri borvidékre végzett vizsgálataim során a kapott eredményeket néhány esetben mérésekből származó információkkal is össze tudtam hasonlítani. Ennek alapján megállapítottam, hogy a referencia időszaki hőmérsékleti körülményeket elsősorban a kilenc rácsponti érték átlagolásán alapuló módszer adta vissza az április 1. és szeptember 30. között definiált vegetációs periódussal. A vegetációs időszak hőmérsékleti viszonyai közép érésű fajták telepítésére lehettek alkalmasak, de feljegyzések szerint inkább korai érésű fajták domináltak a XX. század végén a móri borvidéken. Az eltérés oka egyrészt a hagyományok követése, másrészt a tőkék évtizedekig tartó használata. A hőmérsékleti vizsgálatok az országos átlagos trendet követik, vagyis a XXI. század folyamán előtérbe kerülhetnek hőmérsékleti szempontból a hosszabb vegetációs idejű, illetve a szín és aromaanyagokban gazdag vörösbort adó fajták. Az országos trendhez hasonló követi a hőmérsékletileg lehetséges vegetációs periódus hosszának várható növekedése, a vegetációs időszaki fagyeseeményekben tapasztalt bizonytalanság és a nyugalmi időszaki fagykarak ritkulása is. A vegetációs periódus 25 °C feletti maximum hőmérsékletű napjait a modellek jól közelítik, ha a számításokat a móri borvidék középpontjára végezzük. A XXI. században a vegetációs időszaki extrém magas hőmérsékletek gyakorisága várhatóan jelentősen növekedni fog.

A modellek a nyári csapadékmennyiséget havonta mintegy 20–25 mm-rel alulbecslik a referencia időszakban, és hosszútávon még ennek a csapadékmennyiségnek is a csökkenését jelzi két vizsgált modell, mely hosszabb száraz időszakkal párosulhat.

A csapadék alulbecslésével párhuzamosan a peronoszpóra fertőzőes éveket is jelentősen alulbecslik a modellek. Mivel erre a gombás betegségre vonatkozó megfigyelések és a modellek eredményei nagymértékben eltérnek, ezért a XXI. századi növekvő gyakoriságok valószínűsége kérdéses.

A hidrotermikus koefficiens alapján a modellek ideális hőmérsékleti és csapadékviszonyokat adtak a móri borvidékre a XX. század végére. Általánosságban a XXI. század folyamán hőtöbblet kialakulása várható.

További vizsgálatok szükségesek ahhoz, hogy eldönthessük elegendő-e egy rácsponti értékkel számolni, vagy pontosabb eredményt kapunk kilenc rácspont értékeinek átlagolásával. Ezenkívül az átlagértékeket módosíthatja a lejtőkitettség, illetve a szőlő ültetvények mikroklímája, mely hatások vizsgálata jövőbeli céljaim közé tartozik.

Irodalomjegyzék

- Bartholy, J., Pongrácz, R., 2007: Regional analysis of extreme temperature and precipitation indices for the Carpathian Basin from 1946 to 2001. *Global and Planetary Change*, 57., pp. 83–95.
- Botos, E. P., Hajdú, E., 2004: A valószínűsíthető klímaváltozás hatásai a szőlő- és bortermelésre. "AGRO-21" Füzetek, 2004. 34., pp. 61–73.
- Csapó, P., 1984: Szőlőültetvények téli fagykárainak becslése. *Légkör* 29. 1., pp. 19–21.
- Csapó, P., 1988: Szőlőfagykárok becslése hőmérsékleti adatok alapján. *Légkör* 33. 1., pp. 17–19.
- Davitaja, F. F. (Давитая, Ф. Ф.), 1959: Климатические показатели сырьевой базы виноградо-винодельческой промышленности. *Труды ВНИИВИВ „Магарач”*, 6(1), pp. 12–32.
- Dövényi, Z., 2010: Magyarország kistájainak katasztere. *MTA Földrajztudományi Kutatóintézet kiadványa*, pp. 595–599.
- Dunkel, Z., Kozma, F., 1981: A szőlő téli kritikus hőmérsékleti értékeinek területi eloszlása és gyakorisága Magyarországon. *Légkör* 26. 2., pp. 13–15.
- Dunkel, Z., Kozma F., Major Gy., 1981: Szőlőültetvényeink hőmérséklet- és sugárzásellátottsága a vegetációs időszakban. *Időjárás*, 85, 4., pp. 226–234.
- Erdős, F., 2002: Mór története. *Mór Város Önkormányzata*, pp. 7–12.
- Formayer, H., Haas, P., 2009: Correction of RegCM3 model output data using a rank matching approach applied on various meteorological parameters. Deliverable D3.2 RCM output localization methods (BOKU-contribution of the FP6 CECILIA project)
- Hajdú, E., 2003: Magyar szőlőfajták. *Mezőgazda Kiadó*, pp. 11–15.
- Halász, Z., 1981: Könyv a magyar borról. *Corvina Kiadó*, pp. 63–65.
- Haylock, M. R., Hofstra, N., Klein Tank, A. M. G., Klok, E. J., Jones, P. D., New, M., 2008: A European daily high resolution gridded data set of surface temperature and precipitation for 1950-2006. *J. Geophys. Res.*, 113, D20119, doi:10.1029/2008JD010201, pp. 12.
- Horváth, Cs., 2008: A szőlő és a klímaváltozás. *Kertészet és szőlészet 2008*. 57. 50., pp. 12–15.
- Huglin, P., 1978: Nouveau mode d'évaluation des possibilités héliothermiques d'un milieu viticole. *Proceedings of the Symposium International sur l'ecologie de la Vigne. Ministère de l'Agriculture et de l'Industrie Alimentaire, Constanca*, pp. 89–98.

- 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. (Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M., Miller, H.L., eds.), *Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA*. 996p.
- Keller, M., 2010: The science of grapevines: anatomy and physiology. *Academic Press*, pp. 15., 61–62.
- Kiss, Á., 1992: Az ezerjő hazájában. *Albawiss Kiadó*, pp. 5–240.
- Kissné Szabó, F., Marossi, R., 2006: Gyümölcs- és szőlőfajták. *Magyar Kertészeti Árudák Egyesülete*, pp. 98–121.
- Kozma, P., 2002: A szőlő és termesztése I. (második, átdolgozott kiadás változatlan utánnomása) *Akadémiai Kiadó*, pp. 13–19., 213–272.
- van der Linden, P., Mitchell, J.F.B., 2009: Summary of research and results from the ENSEMBLES project. Met Office Hadley Centre, Exeter, UK. 164p.
- Mesterházy, I., 2011: A móri borvidék éghajlati adottságainak elemzése, (Témavezető: Dr. Mészáros Róbert, ELTE Meteorológiai Tanszék), *Szakdolgozat: Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Földrajz- Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék* 47p.
- Mesterházy, I., 2012a: A szőlőtermesztés éghajlati adottságainak várható alakulása a Kárpát-medencében. *XIII. Országos Felsőoktatási Környezettudományi Diákkonferencia, Veszprém 2012.04.06–07*. 32p.
- Mesterházy, I., 2012b: A szőlőtermesztés klimatikus feltételeinek várható változása a XXI. században Magyarországon, *Eötvös Loránd Tudományegyetem, Kari Tudományos Diákköri Konferencia (Meteorológia), /XXXI. OTDK-ra beadott dolgozat/*, 41p.
- Mikó, P., 2009: A zöldtrágyázás talajállapokra és utóveteményre gyakorolt hatásainak vizsgálata. *Doktori értekezés, Szent István Egyetem, Gödöllő*, pp. 55–56.
- Moisselin, J.M., Schneider, M., Canellas, C., Mestre, O. (2002): Les changements climatiques en France au XX siècle: étude des longues séries homogénéisées de température et de précipitations. *La Météorologie*, 38, pp. 45–56.
- Nakicenovic, N., Swart, R.J., 2000: Emissions Scenarios 2000 – Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Cambridge University Press, Cambridge*.
- Oláh, L., 1979: Szőlészek zsebkönyve. *Mezőgazdasági Kiadó*, pp. 38–42.
- Pécze, Gy., 1979: Éghajlat. *Nemzeti Tankönyvkiadó Zrt.*, pp. 277–284.

- Pieczka I., 2012: A Kárpát-medence térségére vonatkozó éghajlati scenáriók elemzése a PRECIS finom felbontású regionális klímamodell felhasználásával. *PhD értekezés. ELTE Meteorológiai Tanszék, Budapest*, 95p.
- Pieczka, I., Pongrácz, R., Bartholy, J., Kis, A., Miklós, E., 2011: A szélsőségek várható alakulása a Kárpát-medence térségében az ENSEMBLES projekt eredményei alapján. In: 36. Meteorológiai Tudományos Napok - Változó éghajlat és következményei a Kárpát-medencében. (Szerk.: Lakatos M.) *Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest*, pp. 77–87.
- Pongrácz, R., Bartholy, J., Miklós, E., 2011: Analysis of projected climate change for Hungary using ENSEMBLES simulations. *Applied Ecology and Environmental Research*, 9, pp. 387–398.
- Stock, M., Badeck, F., Gerstengarbe, F.-W., Kartschall, T., Werner, P. C., 2003: Weinbau und Klima—eine Beziehung wechselseitiger Variabilität, *Terra Nostra* 2003/6: 6. *Deutsche Klimatagung*, pp. 422–426.
- Stock, M., Badeck, F., Gerstengarbe, F.-W., Hoppmann, D., Kartschall, T., Österle, H., Wrener, P.C., Wodinski, M., 2007: Perspektiven der Klimaänderung bis 2050 für den Weinbau in Deutschland (Klima 2050). *Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e.V.*, 119p.
- Szeljanyinov, G. T., 1928: On agricultural climate valuation. *Proceedings of Agricultural Meteorology*, 20, 165–177.
- Szenteleki, K., Gaál, M., Ladányi, M., Mézes, Z., Szabó, Z., Zanathy, G., Bisztray, Gy. D., 2011: A klímaváltozás hatásai a Közép-magyarországi régió szőlő-, meggy- és cseresznyetermesztésére és a termésbiztonságra. *Agroinformatikai tanulmányok III.* (Szerk.: Rózsa, T., Szilágyi, R.), pp. 113–150.
- Tonietto, J., Carbonneau, A., 2004: A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. *Agricultural and Meteorology*, 124 (2004), pp. 81–97.
- Varga, I., 2005: Klímaváltozás okozta kihívások és lehetőségek. *Kertészet és szőlészet* 2005/22, pp. 10–11.
- Varga, Z., Varga-Haszonits, Z., Enzsőlné Gelencsér, E., Milics, G., 2006: Rövidebb tenyészidő és korábbi érés. *Kertészet és Szőlészet* 2006/48, pp. 14.
- Varga, Z., Varga-Haszonits, Z., Enzsőlné Gelencsér, E., Milics, G., 2007: Az éghajlati változékonyság hatása a szőlőtermesztésre. *Kertgazdaság*, 2007. 39. (2), pp. 27–34.

- Varga-Haszonits, Z., Varga, Z., Lantos, Zs., Enzsőlné Gelencsér, E., 2006: Az 1951–2000 közötti időszak hőmérsékleti maximum értékeinek agroklimatológiai elemzése. "Agro–21" Füzetek, 47. pp. 55-69.
- Vingarzan R., 2004: A review of surface ozone background levels and trends. *Atmospheric Environment*, 38, pp. 3431–3442.
- Wilson, S., Hassell, D., Hein, D., Jones, R., Taylor, R., 2007: Installing and using the Hadley Centre regional climate modelling system, PRECIS. Version 1.5.1. *UK Met Office Hadley Centre, Exeter*. 131p.
- Zanathy, G., 2008: Gondolatok a klímaváltozás szőlőtermesztésre gyakorolt hatásáról. *Agronapló 2008*. 12. 2., pp. 92–94.

Köszönetnyilvánítás

A modelladatokért és a szakmai tanácsokért köszönet illeti Pongrácz Ritát, Bartholy Juditot és Pieczka Ildikót. Köszönettel tartozok Mészáros Róbertnek a türelmes iránymutató közös munkáért. Az ábrázolási problémák leküzdésében Lagzi László István segítette munkámat. A móri borvidékkel kapcsolatos információkért és szakmai konzultációkért köszönet illeti Frey Szabolcs hegybírót.

A PRECIS regionális klíma-szimuláció futtatása az OTKA K-78125 számú pályázata keretében zajlott, a hibakorrigált outputok előállítása Pieczka Ildikónak köszönhető.

A RegCM és az ALADIN regionális klímamodell-szimulációt az ENSEMBLES projekt (505539) keretében állították elő, melyet az EU FP6 integrált program támogatott. Az E-OBS adatbázist az ENSEMBLES és az ECA&D projekt szolgáltatta. A kutatásokat az OTKA K81933, K81975 és K78125, valamint a FuturICT.hu TÁMOP-4.2.2.C-11/1/KONV-2012-0013, KMR_12-1-2012-0206 és GOP-1.1.1.-11-2012-0164 kutatási pályázatok támogatták. A projekt az Európai Unió támogatásával és az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg (TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR).