PAKS ÉS 30 KM SUGARÚ KÖRNYEZETÉNEK

ÉGHAJLATI JELLEMZÉSE

TARTALOMJEGYZÉK

10 PAKS 30 KM SUGARÚ KÖRNYEZETÉNEK ÉGHAJLATI JELLEMZÉSE 9

10.1 A természeti környezet jellemzőinek bemutatása 9
10.2 Paks 30 km sugarú környezetének éghajlati elemzése 12
10.2.1 Az éghajlati jellemzés részletezettsége 13
10.2.2 Felhasznált módszerek 13
10.2.3 Hőmérsékleti viszonyok 14
10.2.4 Csapadékviszonyok 21
10.2.5 Napfénytartam 30
10.2.6 Tengerszinti légnyomás 31
10.2.7 Párolgás 32
10.2.8 Talajhőmérséklet 34
10.2.9 Szélviszonyok 35
10.2.9.1 Szélirány 35
10.2.9.2 Szélsebesség 39
10.2.9.2.1 Átlagos szélsebességek 39
10.2.9.3 Maximális széllökések 42
10.2.9.3.1 Maximális szélsebességek relatív gyakoriságai 42
10.2.9.3.2 Maximális széllökések visszatérési értékei 44
10.2.9.4 Légköri stabilitási viszonyok 45
10.3 Mikro- és mezoklíma a tervezett telephely környezetében 47
10.3.1 A tervezett telephely környezetében lévő négy mérőállomás adatainak elemzése 47
10.3.1.1 Paks állomás 2012 április 1. - 2013 november 30. időszakra vonatkozó adatainak összehasonlítása a sokéves átlaggal 48
10.3.1.1.1 Hőmérséklet 48
10.3.1.1.2 Légnyomás 49
10.3.1.1.3 Légnedvesség 50
10.3.1.1.4 Szél 52
10.3.1.2 A négy paksi állomás 2012. április 1. - 2013.március 31. időszakra vonatkozó adatainak összehasonlítása 54
10.3.1.2.1 Hőmérséklet 54
10.3.1.2.2 Légnyomás 56
10.3.1.2.3 Légnedvesség 57
10.3.1.2.4 Szél 59
10.3.1.3 A négy paksi állomás 2013. április 1. – 2013. november 30. időszakra vonatkozó adatainak összehasonlítása 64
10.3.1.3.1 Hőmérséklet 64
10.3.1.3.2 Légnyomás 66
10.3.1.3.3 Légnedvesség 67
10.3.1.3.4 Szél 68
10.3.1 Összefoglalás 74
10.3.2 A paksi mérőtorony méréseinek feldolgozása 74
10.3.2.1 Szélirány 75
10.3.2.2 Átlagos szélsebességek 76
10.3.2.3 Maximális széllökések 78
10.4 Klímamodellezés 80
10.4.1 A rendelkezésre álló modelleredmények részletesebb eredményekkel való frissítését szolgáló modellszimulációk előkészítése 80
10.4.2 A rendelkezésre álló eredmények frissítése az újabb modellváltozatokkal végrehajtott részletesebb modellszimulációk eredményeivel 82
10.4.3 A rendelkezésre álló eredmények feldolgozása az átlagos viszonyok tekintetében 85
10.4.3.1 Vizsgált terület 85
10.4.3.2 Vizsgált időszakok 85

10.4.3.3 Vizsgált változók 86
10.4.4 A rendelkezésre álló eredmények feldolgozása a meteorológiai szélsőség-paraméterek tekintetében 86
10.4.4.1 Vizsgált változók 86
10.4.5 Bizonytalanságok származtatása két regionális éghajlati modell eredményei alapján 87
10.4.6 Éghajlatváltozás a XXI. században Paks térségében két klímamodell eredményei alapján 91
10.4.6.1 Hőmérséklet 91
10.4.6.2 Csapadék 97
10.4.6.3 Relatív nedvesség 103
10.4.6.4 Szélsebesség és szélirány 103
10.5 Irodalomjegyzék 105

ÁBRAJEGYZÉK

10.2.1-1. ábra: Paks 30 km-es környezetében található, hiánytalan adatsorral rendelkező csapadékmérő állomások 12
10.2.3-1. ábra: Évi középhőmérsékletek [°C] sokéves átlagtól (1981-2010) vett eltérése 1981-2010 között Paks állomáson 14
10.2.3-2. ábra: Havi középhőmérsékletek sokévi átlaga [°C] Paks állomáson (1981-2010) 15
10.2.3-3. ábra: Havi középhőmérsékletek [°C] 1997-2010 között Paks állomáson 17
10.2.3-4. ábra: A nyári napok (Tmax ≥ 25°C) száma évente (1981-2010) Paks állomáson; ezen adatsorra illesztett lineáris trend 20
10.2.3-5. ábra: A hőségnapok (Tmax ≥ 30°C) száma évente (1981-2010) Paks állomáson; ezen adatsorra illesztett lineáris trend 21
10.2.3-6. ábra: A forró napok (Tmax ≥ 35°C) száma évente (1981-2010) Paks állomáson; ezen adatsorra illesztett lineáris trend 21
10.2.4-1. ábra: Éves csapadékösszegek [mm] alakulása 1951-2010 között, s a tízéves átlagok Paks állomáson 22
10.2.4-2. ábra: A nyári félév csapadékösszegeinek [mm] alakulása 1951-2010 között, s a tízéves átlagok Paks állomáson 22
10.2.4-3. ábra: A téli félév csapadékösszegeinek [mm] alakulása 1951-2010 között, s a tízéves átlagok Paks állomáson 23
10.2.4-4. ábra: Átlagos havi csapadékösszegek [mm] Paks állomáson (1981-2010) 23
10.2.4-5. ábra: Havi csapadékösszegek [mm] 1997-2010 között Paks állomáson 25
10.2.4-6. ábra: Paks 30 km-es környezetében működő csapadékmérő állomások éves csapadékösszegei [mm] 1958-ban 26
10.2.4-7. ábra: Paks 30 km-es környezetében működő csapadékmérő állomások éves csapadékösszegei [mm] 1961-ben 26
10.2.4-8. ábra: Paks 30 km-es környezetében működő csapadékmérő állomások éves csapadékösszegei [mm] 1971-ben 27
10.2.4-9. ábra: Paks 30 km-es környezetében működő csapadékmérő állomások éves csapadékösszegei [mm] 1965-ben 27
10.2.4-10. ábra: Paks 30 km-es környezetében működő csapadékmérő állomások éves csapadékösszegei [mm] 1999-ben 28
10.2.4-11. ábra: Paks 30 km-es környezetében működő csapadékmérő állomások éves csapadékösszegei [mm] 2010-ben 28
10.2.5-1. ábra: A havi napfénytartamok [óra] sokévi (1981-2010) átlagai Paks állomáson 30
10.2.5-2. ábra: Éves napfénytartam összegek [óra], valamint az 1981-2010-es sokévi átlagérték Paks állomáson 31
10.2.6-1. ábra: A havi átlagos tengerszinti légnyomás [hPa] sokévi átlaga, minimuma és maximuma (1981-2010) Paks állomáson 32
10.2.7-1. ábra: A tényleges párolgás átlagos, minimális és maximális értékei [mm] havonta (1981-2010) Paks állomáson 33
10.2.7-2. ábra: A potenciális párolgás átlagos, minimális és maximális értékei [mm] havonta (1981-2010) Paks állomáson 33
10.2.7-3. ábra: A potenciális párolgás és a csapadék átlagos összegei [mm] havonta (1981-2010), valamint az ezekből számolt ariditási index Paks állomáson 34
10.2.8-1. ábra: A talajhőmérséklet [°C] átlagos évi menete (1986-1995) különböző mélységekben Paks állomáson 35
10.2.9-1. ábra: Szélirányok relatív gyakorisága éves szinten [%] Paks állomás 1997-2010 közötti mérései alapján 36
10.2.9-2. ábra: Szélirányok relatív gyakorisága a nyári és a téli félévben [%] Paks állomás 1997-2010 közötti mérései alapján 36
10.2.9-3. ábra: Szélirányok relatív gyakorisága a nyári-téli félévben [%] Paks állomás 1997-2010 közötti mérései alapján 37
10.2.9-4. ábra: A 3 m/s-ot meghaladó szelek szélirány szerinti relatív gyakorisága éves szinten [%] Paks állomáson (1997-2010) 37
10.2.9-5. ábra: A 3 m/s-ot meghaladó szelek szélirány szerinti relatív gyakorisága a nyári és a téli félévben [%] Paks állomáson (1997-2010) 38
10.2.9-6. ábra: A 3 m/s-ot meghaladó szelek szélirány szerinti relatív gyakorisága a nyári-téli félévben [%] Paks állomáson (1997-2010) 38
10.2.9-7. ábra: Az évi átlagos szélsebességek [m/s] 1997-2010 között, valamint a sokévi átlag (1997-2010) Paks állomáson 39
10.2.9-8. ábra: Havi átlagos szélsebességek [m/s] sokévi átlaga (1997-2010) Paks állomáson 39
10.2.9-9. ábra: Szélcsendes órák relatív gyakorisága [%] évente (1997-2010) Paks állomáson 40

10.2.9-10. ábra: Szélcsendes órák relatív gyakoriságának [%] sokévi átlaga havonta, Paks állomáson 41
10.2.9-11. ábra: Az átlagos szélsebesség relatív gyakorisága [%] Paks állomáson (1997-2010) 41
10.2.9-12. ábra: A szélsebesség [m/s] átlagos napi menete (1997-2010) Paks állomáson 42
10.2.9-13. ábra: Viharos napok átlagos és maximális havi száma (1997-2010) Paks állomáson 44
10.3.1-1. ábra: A meteorológiai mérőoszlopok helyei 47
10.3.1-2. ábra: Havi középhőmérsékletek sokéves átlagtól (1981-2010) vett eltérései Paks állomáson a 2012.04-2013.03. időszakban 49
10.3.1-3. ábra: Havi átlagos tengerszinti légnyomás Paks állomáson a 2012.04-2013.03. időszakban, valamint a sokéves átlagok (1981-2010) 50
10.3.1-4. ábra: A potenciális párolgás átlagos értékei havonta Paks állomáson a 2012.04-2013.03. időszakban, valamint a sokéves átlagok (1981-2010) 51
10.3.1-5. ábra: A relatív nedvesség átlagos értékei havonta Paks állomáson a 2012.04-2013.03. időszakban, valamint a sokéves átlagok (1981-2010) 51
10.3.1-6. ábra: Havi átlagos szélsebességek Paks állomáson a 2012.04-2013.03. időszakban, valamint a sokéves átlagok (1997-2010) 52
10.3.1-7. ábra: Havi maximális széllökések (adott hónap legnagyobb széllökése) Paks állomáson a 2012.04-2013.03. időszakban, valamint a sokéves átlagok (havi legnagyobb széllökések sokévi átlaga) (1997-2010) 53
10.3.1-8. ábra: Viharos napok száma havonta Paks állomáson a 2012.04-2013.03. időszakban, valamint a sokéves átlagok (1997-2010) 53
10.3.1-9. ábra: Havi középhőmérsékletek alakulása Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2012.04-2013.03. időszakban 54
10.3.1-10. ábra: Havi átlagos tengerszinti légnyomás Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2012.04-2013.03. időszakban 57
10.3.1-11. ábra: A potenciális párolgás átlagos értékei havonta Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2012.04-2013.03. időszakban 58
10.3.1-12. ábra: A relatív nedvesség átlagos értékei havonta Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2012.04-2013.03. időszakban 58
10.3.1-13. ábra: A szélirányok relatív gyakorisága Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2012.04-2013.03. időszakban 59
10.3.1-14. ábra: Havi átlagos szélsebességek Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2012.04-2013.03. időszakban 60
10.3.1-15. ábra: A szélcsendes órák relatív gyakorisága Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2012.04-2013.03. időszakban 60
10.3.1-16. ábra: A szélsebesség relatív gyakorisága Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2012.04-2013.03. időszakban (órás átlag szélsebesség adatok alapján) 61
10.3.1-17. ábra: Havi maximális széllökések Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2012.04-2013.03. időszakban 62
10.3.1-18. ábra: A maximális széllökés sebesség szerinti relatív gyakorisága Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2012.04-2013.03. időszakban (órás adatok alapján) 63
10.3.1-19. ábra: A viharos napok száma havonta Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2012.04-2013.03. időszakban 64
10.3.1-20. ábra: Havi középhőmérsékletek alakulása Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2013.04-2013.11. időszakban 64
10.3.1-21. ábra: Havi átlagos tengerszinti légnyomás Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2013.04-2013.11. időszakban 67
10.3.1-22. ábra: A potenciális párolgás átlagos értékei havonta Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2013.04-2013.11. időszakban 68
10.3.1-23. ábra: A relatív nedvesség átlagos értékei havonta Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2013.04-2013.11. időszakban 68
10.3.1-24. ábra: A szélirányok relatív gyakorisága Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2013.04-2013.11. időszakban 69
10.3.1-25. ábra: Havi átlagos szélsebességek Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2013.04-2013.11. időszakban 70
10.3.1-26. ábra: A szélcsendes órák relatív gyakorisága Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2013.04-2013.11. időszakban 70

10.3.1-27. ábra: A szélsebesség relatív gyakorisága Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2013.04-2013.11. időszakban (órás átlag szélsebesség adatok alapján) 71
10.3.1-28. ábra: Havi maximális széllökések Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2013.04-2013.11. időszakban 72
10.3.1-29. ábra: A maximális széllökés sebesség szerinti relatív gyakorisága Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2013.04-2013.11. időszakban (órás adatok alapján)....73
10.3.1-30. ábra: A viharos napok száma havonta Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2013.04-2013.11. időszakban 74
10.3.2-1. ábra: Szélirányok relatív gyakorisága [%] Paks mérőtorony 20 m-es szinten....75
10.3.2-2. ábra: Szélirányok relatív gyakorisága [%] Paks mérőtorony 50 m-es szinten....75
10.3.2-3. ábra: Szélirányok relatív gyakorisága [%] Paks mérőtorony 120 m-es szinten....76
10.3.2-4. ábra: Szélirányok relatív gyakorisága [%] Paks mérőtorony különböző magassági szintjein 76
10.3.2-5. ábra: Az átlagos szélsebesség relatív gyakorisága [%] Paks mérőtorony 20 m-es szinten....77
10.3.2-6. ábra: Az átlagos szélsebesség relatív gyakorisága [%] Paks mérőtorony 50 m-es szinten....77
10.3.2-7. ábra: Az átlagos szélsebesség relatív gyakorisága [%] Paks mérőtorony 120 m-es szinten....78
10.3.2-8. ábra: A napi maximális szélsebesség relatív gyakorisága [%] Paks mérőtorony 20 m-es szinten 78
10.3.2-9. ábra: A napi maximális szélsebesség relatív gyakorisága [%] Paks mérőtorony 50 m-es szinten 79
10.3.2-10. ábra: A napi maximális szélsebesség relatív gyakorisága [%] Paks mérőtorony 120 m-es szinten 79
10.4.1-1. ábra: Az ALADIN-Climate modell 25 (teljes panel) és 10 km-es (kék téglalap) felbontású tartományai....81
10.4.1-2. ábra: A REMO modell 25 km-es felbontással lefedett tartománya....81
10.4.2-1. ábra: A EURO-CORDEX tartomány és 50 km-es felbontású domborzata....83
10.4.2-2. ábra: Mért (HUGRID) és modellezett (ALADIN) magyarországi átlaghőmérséklet értékek 84
10.4.3-1. ábra: Az ALADIN-Climate (fekete) és REMO (piros) modellek a Paksi Atomerőmű (zöld) környezetében elhelyezkedő rácspontjai....85
10.4.5-1. ábra: A globális klímamodellek teljes Földre, Európára és a Brit-szigetekre vonatkozó csapadék és hőmérsékleti szimulációit (tízévenkénti átlagolással) jellemző bizonytalanságok százalékos aránya 2000 (0. év) és 2100 (100. év) között [10-1] 88
10.4.5-2. ábra: A téli csapadékváltozás (%) az OMSZ-ban alkalmazott két regionális klímamodell eredményei alapján (bal panel), illetve a téli csapadéknövekedés valószínűsége (%) az ENSEMBLES szimulációk alapján (jobb panel) 2021–2050-re és 2071–2100-ra. A referencia időszak: 1961–1990. 89
10.4.5-3. ábra: Néhány meleg hőmérsékleti index éves magyarországi megfigyelt és jövőbeli értéke az ENSEMBLES eredmények illetve az OMSZ két modellje szerint a 2021–2050 és 2071–2100 időszakokra 90
10.4.6-1. ábra: Az ALADIN-Climate (kék) és REMO (piros) modellek futtatási területe 91
10.4.6-2. ábra: Évszakos átlaghőmérséklet-változás (ºC) Paks térségében 2011–2040-ben, 2041–2070-ben és 2071–2100-ban az 1961–1990-es referencia időszakhoz képest két modell alapján 92
10.4.6-3. ábra: A nyári hónapok várható átlaghőmérséklet-változása (ºC) Paks térségében 2011–2040-ben, 2041–2070-ben és 2071–2100-ban az 1961–1990-es referencia időszakhoz képest két modell alapján....93
10.4.6-4. ábra: A havi átlaghőmérsékletek évi menete (ºC) a megfigyelések szerint 1961–1990-ben (szürke vonal), illetve a két modell alapján várható évi menet (ºC; színes sávokkal az általuk határolt bizonytalansági intervallum) Paks térségében 2011–2040-ben, 2041–2070-ben és 2071–2100-ban....94
10.4.6-5. ábra: A fagyos napok éves számának várható megváltozása (nap) Paks térségében 2011–2040-ben, 2041–2070-ben és 2071–2100-ban az 1961–1990-es referencia időszakhoz képest két modell alapján....95
10.4.6-6. ábra: A másodfokú hőségriadós napok, a forró napok és a forró éjszakák éves számának várható megváltozása (nap) Paks térségében 2011–2040-ben, 2041–2070-ben és 2071–2100-ban az 1961–1990-es referencia időszakhoz képest két modell alapján 96
10.4.6-7. ábra: Évszakos csapadékváltozás (%) Paks térségében 2011–2040-ben, 2041–2070-ben és 2071–2100-ban az 1961–1990 referencia időszakhoz képest két modell alapján....98
10.4.6-8. ábra: A havi csapadékösszegek évi menete (mm) a megfigyelések szerint 1961–1990-ben (szürke vonal), illetve a két modell alapján várható évi menet (mm; színes sávokkal az általuk határolt bizonytalansági intervallum) Paks térségében 2011–2040-ben, 2041–2070-ben és 2071–2100-ban....98
10.4.6-9. ábra: A 30 év alatt előforduló 50 mm feletti napi csapadékok, illetve az éves maximális napi és ötnapi csapadék változása (% illetve az első esetében nap) Paks térségében 2011–2040-ben, 2041–2070-ben és 2071–2100-ban az 1961–1990 referencia időszakhoz képest két modell alapján....100
10.4.6-10. ábra: Az egymást követő száraz (1 mm alatti csapadékú) napok évszakos maximális hossza (nap) 1961–1990-re a megfigyelések szerint, illetve a két modell által jelzett értékek (nap) Paks térségében 2011–2040-re, 2041–2070-re, 2071–2100-ra....101

10.4.6-11. ábra: Az egymást követő csapadékos (1 mm feletti csapadékú) napok évszakos maximális hossza (nap) 1961–1990-re a megfigyelések szerint, illetve a két modell által jelzett értékek (nap) Paks térségében 2011–2040-re, 2041–2070-re és 2071–2100-ra. 101
10.4.6-12. ábra: A csapadékintenzitás (1 mm feletti csapadékösszeg/napok száma) évszakos értékei (mm/nap) 1961–1990-re a megfigyelések szerint, illetve a két modell által jelzett értékek (mm/nap) Paks térségében 2011–2040-re, 2041–2070-re és 2071–2100-ra. 102
10.4.6-13. ábra: A csapadékintenzitás változása (%) Paks térségében 2071–2100-ra az 1961–1990 referencia időszakhoz képest két modell alapján 102
10.4.6-14. ábra: Éves és évszakos szélsebesség-változás (m/s) Paks térségében 2011–2040-ben, 2041–2070-ben és 2071–2100-ban az 1961–1990-es referencia időszakhoz képest két modell alapján 104
10.4.6-15. ábra: Éves szélirány-gyakoriság (%) 1961–1990-ben (kék), 2011–2040-ben (zöld), 2041–2070-ben (sárga) és 2071–2100-ban (piros) a két modell Pakshoz legközelebbi rácspontján (balra: 46,509º É.sz., 18,89º K.h.,jobbra: 46,68º É.sz., 18,8º K.h.) 104

TÁBLÁZATJEGYZÉK

10.2.1-1. táblázat: A vizsgálati terület kistájainak jellemzői [10-2] 10
10.2.1-2. táblázat: A vizsgálati terület kistájainak éghajlati jellemzői 11
10.2.3-1. táblázat: A havi középhőmérsékletek sokéves átlagtól (1981-2010) vett eltérése [°C] 1997-2010 között Paks állomáson ..17
10.2.3-2. táblázat: A maximum hőmérsékletek legalacsonyabb, legmagasabb, valamint átlagos értékei [°C] havonta (1981-2010) Paks állomáson 18
10.2.3-3. táblázat: A minimum hőmérsékletek legalacsonyabb, legmagasabb, valamint átlagos értékei [°C] havonta (1981-2010) Paks állomáson 18
10.2.3-4. táblázat: A maximum és minimum hőmérsékletek visszatérései értékei Gumbel eloszlással Paks állomásra vonatkozóan (1981-2010-es adatok alapján) 19
10.2.3-5. táblázat: A nyári napok (T_{max}≥25°C) száma 1997-2010 között havonta, Paks állomáson 19
10.2.3-6. táblázat: A hőségnapok (T_{max}≥30°C) száma 1997-2010 között havonta, Paks állomáson 20
10.2.3-7. táblázat: A forró napok (T_{max}≥35°C) száma 1997-2010 között havonta, Paks állomáson 20
10.2.4-1. táblázat: A havi csapadékösszegek sokéves átlagtól (1981-2010) vett eltérése [mm] 1997-2010 között, Paks állomáson ..25
10.2.4-2. táblázat: A havi csapadékösszegek legalacsonyabb és legmagasabb értékei [mm] havonta (1981-2010) Paks 30 km-es környezetében 29
10.2.4-3. táblázat: A napi maximális csapadékösszegek [mm] havonta (1981-2010) Paks 30 km-es környezetében 29
10.2.4-4. táblázat: A napi csapadékösszegek visszatérései értékei Gumbel eloszlással, Paks állomásra vonatkozóan (1981-2010-es adatok alapján) 30
10.2.6-1. táblázat: A tengerszinti légnyomás legalacsonyabb és legmagasabb értékei [hPa] havonta (1981-2010) Paks állomáson 32
10.2.9-1. táblázat: Havi átlagos szélsebességek [m/s] 1997-2010 közötti időszakban, Paks állomáson 40
10.2.9-2. táblázat: A maximális széllökések havonta (1997-2010) Paks állomáson 42
10.2.9-3. táblázat: A maximális széllökés sebesség és irány szerinti relatív gyakorisága [%] Paks állomáson (1997-2010) 43
10.2.9-4. táblázat: A maximális széllökés visszatérései értékei Gumbel eloszlással Paks állomásra vonatkozóan (1981-2010-es adatok alapján) 44
10.2.9-5. táblázat: A szinoptikus szélsebesség és szélirány Pasquill-index szerinti relatív gyakorisága [%] Paks állomáson, éves viszonylatban (1997-2010) 46
10.3.1-1. táblázat: A mért meteorológiai paraméterek 48
10.3.1-2. táblázat: Nyári napok, hőségnapok és forró napok száma Paks állomáson a 2012.04-2013.03. időszakban, valamint a sokéves átlagok (1981-2010) 49
10.3.1-3. táblázat: Maximumhőmérsékletek szélsőségei havonta Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2012.04-2013.03. időszakban 55
10.3.1-4. táblázat: Minimumhőmérsékletek szélsőségei havonta Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2012.04-2013.03. időszakban 55
10.3.1-5. táblázat: Nyári napok száma havonta Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2012.04-2013.03. időszakban 56
10.3.1-6. táblázat: Hőségnapok száma havonta Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2012.04-2013.03. időszakban 56

10.3.1-7. táblázat: Forró napok száma havonta Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2012.04-2013.03. időszakban 56
10.3.1-8. táblázat: A tengerszinti légnyomás szélsőségei havonta Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2012.04-2013.03. időszakban....57
10.3.1-9. táblázat: A maximális széllökés szélirány szerinti relatív gyakorisága Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2012.04-2013.03. időszakban (órás adatok alapján)....62
10.3.1-10. táblázat: Maximumhőmérsékletek szélsőségei havonta Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2013.04-2013.11. időszakban....65
10.3.1-11. táblázat: Minimumhőmérsékletek szélsőségei havonta Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2013.04-2013.11. időszakban....65
10.3.1-12. táblázat: Nyári napok száma havonta Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2013.04-2013.11. időszakban 66
10.3.1-13. táblázat: Hőségnapok száma havonta Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2013.04-2013.11. időszakban 66
10.3.1-14. táblázat: Forró napok száma havonta Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2013.04-2013.11. időszakban 66
10.3.1-15. táblázat: A tengerszinti légnyomás szélsőségei havonta Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2013.04-2013.11. időszakban....67
10.3.1-16. táblázat: A maximális széllökés szélirány szerinti relatív gyakorisága Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2013.04-2013.11. időszakban (órás adatok alapján)....72
10.4.1-1. táblázat: Az ALADIN-Climate és REMO regionális klímamodellekkel végrehajtott kísérletek jellemzői....80
10.4.2-1. táblázat: A felhasznált modellkísérletek jellemzői 82
10.4.2-2. táblázat: Az ALADIN-Climate és REMO modellekkel tervezett kísérlete 85
10.4.4-1. táblázat: A számított extrém indexek definíciói 87
10.4.6-1. táblázat: Éves és évszakos átlaghőmérséklet megfigyelt értékei (ºC) 1961–1990-ben, illetve a két modell szerint várható változás (ºC) Paks térségében 2011–2040-ben, 2041–2070-ben és 2071–2100-ban az 1961–1990-es referencia időszakhoz képest....92
10.4.6-2. táblázat: Hőmérsékleti indexek átlagos éves megfigyelt értékei (nap) 1961–1990-ben, illetve a két modell szerint várható változás (nap) Paks térségében 2011–2040-ben, 2041–2070-ben és 2071–2100-ban az 1961–1990-es referencia időszakhoz képest....94
10.4.6-3. táblázat: Az éves és évszakos csapadék 1961–1990 megfigyelt értékei (mm/hónap), illetve a két modell szerint várható változás (%) Paks térségében 2011–2040-ben, 2041–2070-ben és 2071–2100-ban az 1961–1990 referencia időszakhoz képest....97
10.4.6-4. táblázat: Az éves és évszakos 10 mm-t meghaladó csapadékú napok számának 1961–1990 megfigyelt értékei (nap), illetve a két modell szerint várható változás (%) Paks térségében 2011–2040-ben, 2041–2070-ben és 2071–2100-ban az 1961–1990 referencia időszakhoz képest....99
10.4.6-5. táblázat: Az éves és évszakos 20 mm-t meghaladó csapadékú napok számának 1961–1990 megfigyelt értékei (nap), illetve a két modell szerint várható változás (nap) Paks térségében 2011–2040-ben, 2041–2070-ben és 2071–2100-ban az 1961–1990 referencia időszakhoz képest....99
10.4.6-6. táblázat: Az éves és évszakos relatív nedvesség 1961–1990-ben megfigyelt értékei (%), illetve a két modell szerint várható relatív változás (%) Paks térségében 2011–2040-ben, 2041–2070-ben és 2071–2100-ban az 1961–1990 referencia időszakhoz képest....103
10.4.6-7. táblázat: Éves és évszakos átlagos szélsebesség megfigyelt értékei (m/s) 1961–1990-ben, illetve a két modell szerint várható változás (%) Paks térségében 2011–2040-ben, 2041–2070-ben és 2071–2100-ban az 1961–1990-es referencia időszakhoz képest....103

RÖVIDÍTÉSJEGYZÉK

Rövid név	Teljes név
OMSz	Országos Meteorológiai Szolgálat
MISH	Meteorological Interpolation based on Surface Homogenized data basis
REMO	a hamburgi Max Planck Intézet által fejlesztett regionális klímamodell
ALADIN-Climate	a toulouse-i Météo France által nemzetközi együttműködésben kifejlesztett regionális klímamodell

10 PAKS 30 KM SUGARÚ KÖRNYEZETÉNEK ÉGHAJLATI JELLEMZÉSE

10.1 A TERMÉSZETI KÖRNYEZET JELLEMZŐINEK BEMUTATÁSA

A természet védelméről szóló 1996. évi LIII. törvényben rögzített meghatározás szerint a táj a földfelszín térben lehatárolható, jellegzetes felépítésű és sajátosságú része, a rá jellemző természeti értékekkel és természeti rendszerekkel, valamint az emberi kultúra jellegzetességeivel együtt, ahol kölcsönhatásban találhatók a természeti erők és a mesterséges (ember által létrehozott) környezeti elemek. A táj hasznosítása, a természeti értékek felhasználása során meg kell őrizni a tájak természetes és természetközeli állapotát, gondoskodni kell a tájak esztétikai adottságait és a jellegét meghatározó természeti értékek, természeti rendszerek és az egyedi tájértékek fennmaradásáról.

A táj (a tájkép, a tájszerkezet) jellemzéséhez annak biológiai aktivitása mellett az eredetiséget, a sokoldalúságot és az egészségességet szoktuk értékelni. E tényezőket elsősorban a növény-állományok, más tájelemek és a szegélyek léte vagy hiánya, mennyisége és milyensége (minősége) határozza meg:

- A vizsgált térség biológiai aktivitása jelenleg közepes mértékű. Az erdők részaránya az országos átlagnál valamivel alacsonyabb, viszonylag kevés a gyepfelület is. A vízfelületek (elsősorban a Duna és a horgásztavak) az átlagosnál nagyobb arányúak. A terület közel felét borító mezőgazdasági területek is részben aktívak biológiai szempontból, hiszen a vegetációs időszak egészében, vagy egy részében növényzettel borítottak.
- Az antropogén befolyásoltság foka jelentős (erőmű, más iparterületek, közlekedési felületek, nagyfeszültségű távvezetékek, stb.), még a természetszerű foltokon is. (Pl. a véderdő inkább ültetvény, mint igazi erdő. Az ökopark legeltetése az eredeti homoki gyep állapotát jelentősen rontotta.) A tervezett új blokkok környéke az ember átalakító munkája miatt tehát eredetiségét jórészt elveszítette, eredetisége tehát kismértékű. Természetközeli, szinte érintetlen foltok főként a Duna mentén, illetve az északnyugati irányban húzódó, elsősorban szőlővel, gyümölccsel beültetett dombvonulaton találhatók. Ennek része a védett Paksi Ürge-mező is.
- A vizsgált térség földrajzi adottságait tekintve az Alföld sajátosságait mutatja. Sokoldalúság szempontjából azonban területszerkezete már az atomerőmű létesítése előtt is változatosabb, tagoltabb és színesebb volt egy átlagos alföldi tájnál. Ennek egyik fő oka a vízfelület és az erdő, azaz a Duna és partmenti növényzetének megjelenése, melyek a látványban is karakteresen megjelenő térhatároló szegélyek.
- A térség táji szempontú egészségessége folyamatosan csökken. Már az erőmű létesítése előtt is nagyfokú emberi zavarás volt jellemző, melyre a növény- és állatvilág leromlással, az értékes fajok visszahúzódásával, kipusztulásával reagál. Nagyrészt már ekkor is hiányoztak a természetes növényzettel fedett, teljes évben borított felületek. Az ipari hasznosítás gyakran jár együtt beteg növényállománnyal, erózióval, illetve gyomosodással, tájidegen fajok elterjedésével (pl. a távvezetékek alatti gyepek, vagy a véderdő nagyfokú gyomosodása). Ezt a kedvezőtlen folyamatot az utóbbi években történt beavatkozások is erősítették (pl. az iparterület növekedése, az M6-os autópálya üzembe helyezése, az ökopark kialakítása).

Összefoglalva megállapítható, hogy a paksi telephely közeli térsége közepesen gazdag tájszerkezetű, a térség táji, tájképi szempontból jelentősen átalakított, az emberi beavatkozás nyomai a meghatározók. Táji szempontból kedvező adottság a Duna és parti növényzetének megjelenése a tájszerkezetben és a tájképben, valamint a jelentős tagoltság, a sokoldalúság, a térbeli szegélyek egy részének természetszerű volta. A táji-tájképi szempontból meghatározó kedvező elemek közül a vízfelület, az azt kísérő növényzet és nyugati szegélyként a domborzati formák is jelen vannak. Nincsenek, vagy csak eldugottan mutatkoznak kedvezőtlen képi elemek (pl. hulladéklerakó). Paks város és a Paksi Atomerőmű a tájkép hangsúlyos művi elemei. A **térség táji megjelenése nem kiemelkedő értékű** (sem pozitív, sem negatív irányban) [10-1].

Természeti tájak

Paks 30 km sugarú környezete Magyarország természeti tájainak rendszertani felosztása szerint az Alföld nagytáj két középtáján, azoknak 3-3 kistáján helyezkedik el.

Az érintett kistájak jellemzői az alábbi táblázatban találhatóak:

Nagytáj	**1. ALFÖLD**					
Középtáj	**1.1 DUNAMENTI-SÍKSÁG**			**1.4 MEZŐFÖLD**		
Kistáj	**1.1.22 Solti-sík**	**1.1.23 Kalocsai-Sárköz**	**1.1.24 Tolnai-Sárköz**	**1.4.21 Közép-Mezőföld**	**1.4.24 Sárvíz-völgy**	**1.4.25 Dél-Mezőföld**
területe	691 km^2	992 km^2	680 km^2	1470 km^2	344 km^2	503 km^2
Területhasználat						
Megoszlása	Lakott terület: 4,5 % Szántó: 59,5 % Kert: 1,4 % Szőlő: 1,1 % Rét, legelő: 17,9 % Erdő: 5,2 % Vízfelszín: 10,4 %	Lakott terület: 4,9 % Szántó: 67,8 % Kert: 1,1 % Szőlő: 0,7 % Rét, legelő: 9,9 % Erdő: 6,0 % Vízfelszín: 9,6 %	Lakott terület: 5,4 % Szántó: 58,7 % Kert: 0,5 % Szőlő: 1,5 % Rét, legelő: 3,3 % Erdő: 23,6 % Vízfelszín: 7,0 %	Lakott terület: 7,0 % Szántó: 76,7 % Kert: 1,7 % Szőlő: 1,0 % Rét, legelő: 5,8 % Erdő: 6,7 % Vízfelszín: 1,1 %	Lakott terület: 4,0 % Szántó: 57,1 % Kert: 0,4 % Szőlő: 1,1 % Rét, legelő: 19,1 % Erdő: 7,5 % Vízfelszín: 10,8 %	Lakott terület: 4,7 % Szántó: 61,0 % Kert: 0,6 % Szőlő: 2,0 % Rét, legelő: 6,8 % Erdő: 24,4 % Vízfelszín: 0,5 %
Domborzati viszonyok						
Tengerszint feletti magasság	93,7–123,7 m	89,4–125,6 m	88,1–162 m	97–204 m	89–161 m	90–213 m
Típus	ártéri szintű síkság	ártéri szintű síkság	ártéri szintű síkság	lösszel fedett hordalékkúpsíkság	teraszos folyóvölgy	futóhomokkal és lösszel fedett hordalékkúpsíkság
Átlagos relief	4 m/km^2, K felé csökken	1 m/km^2 az enyhén D felé lejtő felszínen	1 - 2 m/km^2	ÉK-i részen 10 m/km^2, DNy-i részen 20 m/km^2 körül	ártereken 3–6 m/km^2, másutt 10–12 m/km^2	ÉÉNy-DDK-i részen 12 m/km^2, máshol 4–6 m/km^2

10.2.1-1. táblázat: A vizsgálati terület kistájainak jellemzői [10-2]

Az érintett kistájak éghajlati jellemzői

Az érintett kistájak éghajlati jellemzői a 10.2.1-2. táblázatban láthatók.

	1. ALFÖLD							
	1.1 Duna-menti síkság					**1. 4 Mezőföld**		
	1.1.22 Solti-sík		**1.1.23 Kalocsai-Sárköz**		**1.1.24 Tolnai-Sárköz**	**1.4.21 Közép-Mezőföld**	**1.4.24 Sárvíz-völgy**	**1.4.25 Dél-Mezőföld**
Éghajlati típus	mérsékelten meleg-száraz		mérsékelten meleg-száraz (közel a meleg típushoz)		mérsékelten meleg-mérsékelten száraz (közel a meleg típushoz)	mérsékelten meleg-száraz	É: mérsékelten meleg-száraz D: mérsékelten meleg-mérsékelten száraz	mérsékelten meleg-mérsékelten száraz (É: száraz)
Napsugárzás	Évi napfénytartam	2000-2020 óra	2040 óra		2050 óra	É: 1960 óra D: >2000 óra	É: 2000 óra D: 2020-2030 óra	2050 óra
	Napsütéses órák száma	nyári negyed-évben	780-790 óra	800 óra	810 óra	É: 780 óra D: 800 óra	É: 800 óra D: 810 óra	800-810 óra
		téli negyed-évben	180 óra	200 óra	200 óra	180 óra	190 óra	190-195 óra
Hőmérséklet	Évi középhőmérséklet	10,4-10,5°C	10,5°C		10,5°C (D: 10,6-10,7°C)	10,2-10,4°C	É: 10,0-10,2°C D: 10,4-10,6°C	É: 10,2-10,3°C D: 10,5°C
	Vegetációs időszak átlaghőmérséklete	17,5°C	17,5°C		17,5°C	17,3-17,4°C	17,0-17,4°C	17,2-17,3°C
	10°C-ot meghaladó átlaghőmérsékletű napok	198-200 nap (ápr.4 – okt. 20.)	198-200 nap (ápr. 2-4 – okt.20.)		200 nap (ápr. 1-3 – okt.21.)	194-196 nap (ápr.4-6 – okt. 18-20.) D: 198-200 nap (ápr. 1-3 – okt.20-22.)	198-200 nap (ápr. 1-4 – okt. 20)	195-198 nap (ápr. 2-5 – okt. 19-21.)
	Fagymentes időszak	kezdete	ápr. 4-5.	ápr. 4-5.	ápr. 3-5.	ápr. 5-13. Duna mentén: ápr. 1.	É: ápr. 12-15. D: ápr. 5.	É: ápr. 8-10. D: ápr.3.
		vége	okt. 25-30.	É: okt. 25. D: okt. 27-28.	okt.25-30.	okt. 20-25. Duna mentén: okt. 28-30.	É: okt. 23. D: okt. 30.	É: okt. 23. D: okt.28
		hossza	200-205 nap	É: 203 nap D: 206 napot is meghaladhatja	200 nap	190-200 nap Duna mentén: >205 nap	É: 188-190 nap D: 205 nap	É: 195 nap D: 206 nap
	Évi abszolút hőmérsékleti maximumok sokévi átlaga	34°C	34 °C (D: 34,5°C)		34°C	34°C	34°C	34°C
	Évi abszolút hőmérsékleti minimumok sokévi átlaga	(-16) – (-17)°C	(-16) – (-17)°C		(-16) – (-17)°C	-16°C	(-16) – (-16,5)°C	(-16) – (-18)°C
Csapadék	Évi csapadékösszeg	530-550 mm	550-580 mm		580-610 mm (É: 580 mm)	540-580 mm	560-600 mm (É: 550 mm)	560-580 mm (D: 600 mm)
	Vegetációs időszak átlagos csapadék összege	310-320 mm	320-340 mm		330-340 mm (É: 310-330 mm)	320-340 mm	320-350 mm (É: 310-320 mm)	320-350 mm D: 360 mm)
	24 órás csapadék maximum	168 mm (Apostag)	128 mm (Hajós)		98 mm (Mözs)	130 mm (Előszállás)	130 mm (Sióagárd)	101 mm (Paks)
	Hótakarós napok átlagos száma	30-32 nap	30 nap		30 nap	30-34 nap	31-33 nap	31-34 nap
	Átlagos maximális hóvastagság	20 cm	20 cm		20 cm	20-22 cm	20-22 cm	23 cm
Szél	Leggyakoribb szélirányok (sorrendben)	ÉNy	ÉNy, D, DNy		ÉNy, D	ÉNy	ÉÉNy, D	É, ÉNy, D
	Átlagos szélsebesség	2,5-3 m/s	2,5-2,8 m/s		2,5 m/s	2,5-3,3 m/s	2,5-3 m/s	3 m/s

10.2.1-2. táblázat: A vizsgálati terület kistájainak éghajlati jellemzői

10.2 PAKS 30 KM SUGARÚ KÖRNYEZETÉNEK ÉGHAJLATI ELEMZÉSE

Paks és 30 km-es környezete éghajlati elemzését az Országos Meteorológiai Szolgálat végezte, az OMSz térségben lévő mérőállomásain mért, az OMSz elektronikus adatbázisában tárolt, hiteles adatsorok elemzésével. A kiválasztott meteorológiai paraméterek az éghajlat teljes körű jellemzésére megfelelőek.

Az éghajlati elemzéshez Paks meteorológiai állomás 1981-2010 közötti adatait használtuk fel; illetve a csapadékelemzések esetében a Paks 30 km-es környezetében található, hagyományos csapadékmérő állomások adatait is: Előszállás, Sáregres (Cece), Simontornya, Bikács, Paks Gyapa, Dunapataj, Kölesd Borjád, Tengelic, Bátya, Hajós.

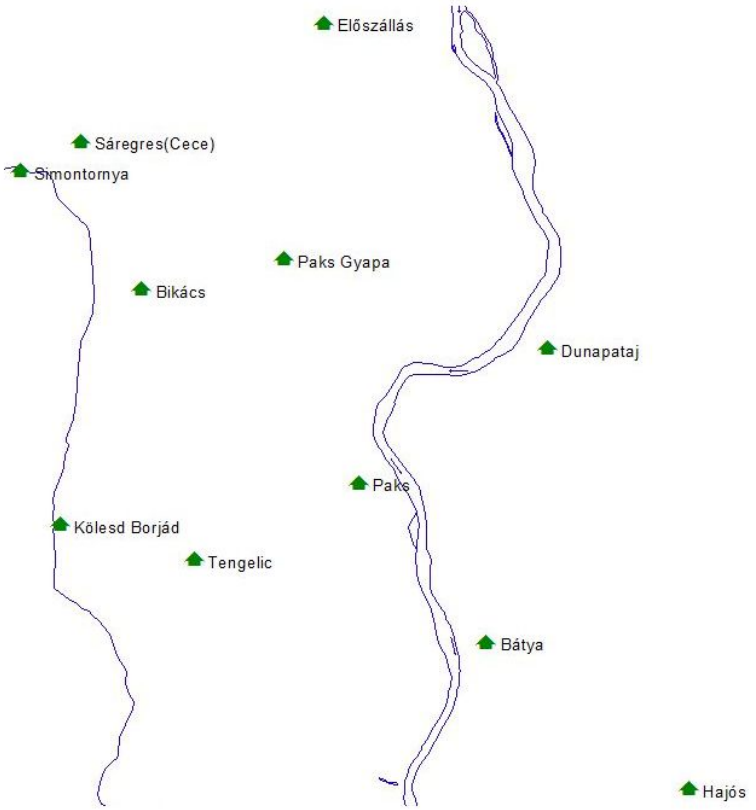
A paksi meteorológiai állomás földrajzi koordinátái:

- szélesség: 46° 34’ 25’’; hosszúság: 18° 50’ 44’’
- tengerszint feletti magasság: 97,2 m

A felhasznált 30 éves időszak elegendően hosszú ahhoz, hogy jól jellemezze az éghajlat állandóságát és változékonyságát. A jellemzésekhez kiválasztott állomások adatsorai hiányt csak elvétve tartalmaznak, ezek mennyisége nem befolyásolja az eredményeket.

Az 1997 utáni időszakban számos szélsőséges időjárási helyzet fordult elő Magyarország területén, így Paks térségében is. Ezeknek a helyzeteknek a kimutatásához részletes adatfeldolgozásokat végeztünk az 1997-2010 közötti időszakra, különös tekintettel az átlagtól való eltérésekre és az extrém értékekre.

A csapadék-feldolgozások alkalmával, egyes vizsgálatoknál nemcsak a paksi meteorológiai állomás méréseit vettük figyelembe, hanem a Paks 30 km-es környezetében található, hiánytalan adatsorral rendelkező hagyományos csapadékmérő állomások adatait is (10.2.1-1. ábra).



10.2.1-1. ábra: Paks 30 km-es környezetében található, hiánytalan adatsorral rendelkező csapadékmérő állomások

10.2.1 AZ ÉGHAJLATI JELLEMZÉS RÉSZLETEZETTSÉGE

Az éghajlati jellemzés a következő meteorológiai paramétereket vizsgálja:

- Hőmérsékleti viszonyok
  - havi, éves és nyári középhőmérsékletek alakulása
  - hőmérsékleti szélsőségek, napi és havi maximum és minimum hőmérsékletek, hőség és forró napok száma,
  - maximum és minimumhőmérsékletek visszatérési értékei 20 000 éves gyakoriságig a következő visszatérési periódusokra: 2, 4, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500,….20 000
- Csapadékviszonyok
  - havi, éves, téli - és nyári féléves csapadékösszegek
  - extrém havi csapadékösszegek (maximum, minimum), napi összegek maximuma havonta
  - hóviszonyok jellemzése: havas napok száma, maximális hó vastagság, hótakarós napok száma, hótakarós időszakok hosszának jellemzői
  - extrém napi csapadék összegek és hó vastagság visszatérési értékei 20 000 éves gyakoriságig a következő visszatérési periódusokra: 2, 4, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500,….20 000 év
  - zivatar tevékenység: zivataros napok száma, éven belüli eloszlása
- Napfénytartam
  - napfénytartam átlagos évi menete
- Tengerszintre átszámított légnyomás átlagos évi menete, havi szélsőértékei
- Párolgás, evapotranspiráció: tényleges és potenciális párolgás havi átlagos értékei
- Talajhőmérséklet, átlagos évi menet 2, 5, 10, 20, 50, 100 cm mélységben
- Szélviszonyok jellemzői 1997-2010 időszakra 10 méteres magasságban
  - szélirány gyakoriságok 16 irányt tekintve, éves, nyári és téli félévi bontásban
  - szélsebesség havi és éves értékei, szélcsendgyakoriság havi és éves alakulása
  - szélsebesség átlagos napi és évi menete
  - maximális széllökések sebessége, gyakorisága 16 szélirány szerint
  - viharos napok számának alakulása (napi szél maximum > 15 m/s)
  - átlagos szélsebességek relatív gyakoriságai
  - légköri stabilitási viszonyok jellemzése: a szinoptikus szélsebesség és szélirány Pasquill index szerinti relatív gyakorisága
  - a maximális széllökés extrémumainak visszatérési értékei 20 000 éves visszatérési gyakoriságig a következő visszatérési periódusokra: 2, 4, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500,…. 20 000 év
  - tornádó előfordulási valószínűség vizsgálata, a tornádó jellemzőinek (rotációs, transzlációs sebesség, maximális rotációs sebesség sugara, nyomáskülönbség és változás meghatározása

10.2.2 FELHASZNÁLT MÓDSZEREK

A szélsőértékek visszatérési értékének becslésére alkalmazott módszer

A mérnöki gyakorlatban, tervezéskor sokszor teszik fel azt a kérdést, hogy egy *n* (év) hosszúságú időszak során egy meteorológiai elem maximuma milyen értéket halad meg, illetve a minimum milyen érték alatt marad adott *p* valószínűséggel. Ez az érték a tervezési érték vagy más néven visszatérési szint. A *p* valószínűséget a maximum esetében általában a p=1-1/T formában értelmezik, ahol T a visszatérési idő, vagy más néven visszatérési periódus, melynek során a tervezési értéket meghaladó érték átlagosan egyszer fordul elő. A tervezési folyamatok során, például csatornák, hidak, gátak tervezésekor használatos visszatérési idő az 50, 100, 1000 év szokott lenni a műtárgytól függően, sőt az atomerőművek műszaki terveinél 10 000 éves visszatérési szintekkel kell számolni.

A minimum, a maximum és a szélsőségeket jellemző egyéb karakterisztika is egy adott meteorológiai elemet reprezentáló valószínűségi változó adott időszakra vonatkoztatott valószínűségi eloszlásfüggvényével függ össze. Az idősorok extrém értékeinek tanulmányozása során a tapasztalat azt mutatta, hogy függetlenül az alapeloszlástól, az extrémumok hasonlóan viselkednek. Ebből a tényből következően létezik valamilyen határeloszlás, vagy határeloszlások, melyekkel kellően nagy mintaszám esetén jól modellezhető a szélsőértékek eloszlása. Az

aszimptotikus eloszlások Gumbel-eloszlás, Fréchet-eloszlás és Weibull-eloszlás néven ismertek. E három függvény a közös

$$G_J(z) = \exp(-(1 - z/a)^a), \quad z/a < 1, \quad z = (x-u)/b$$

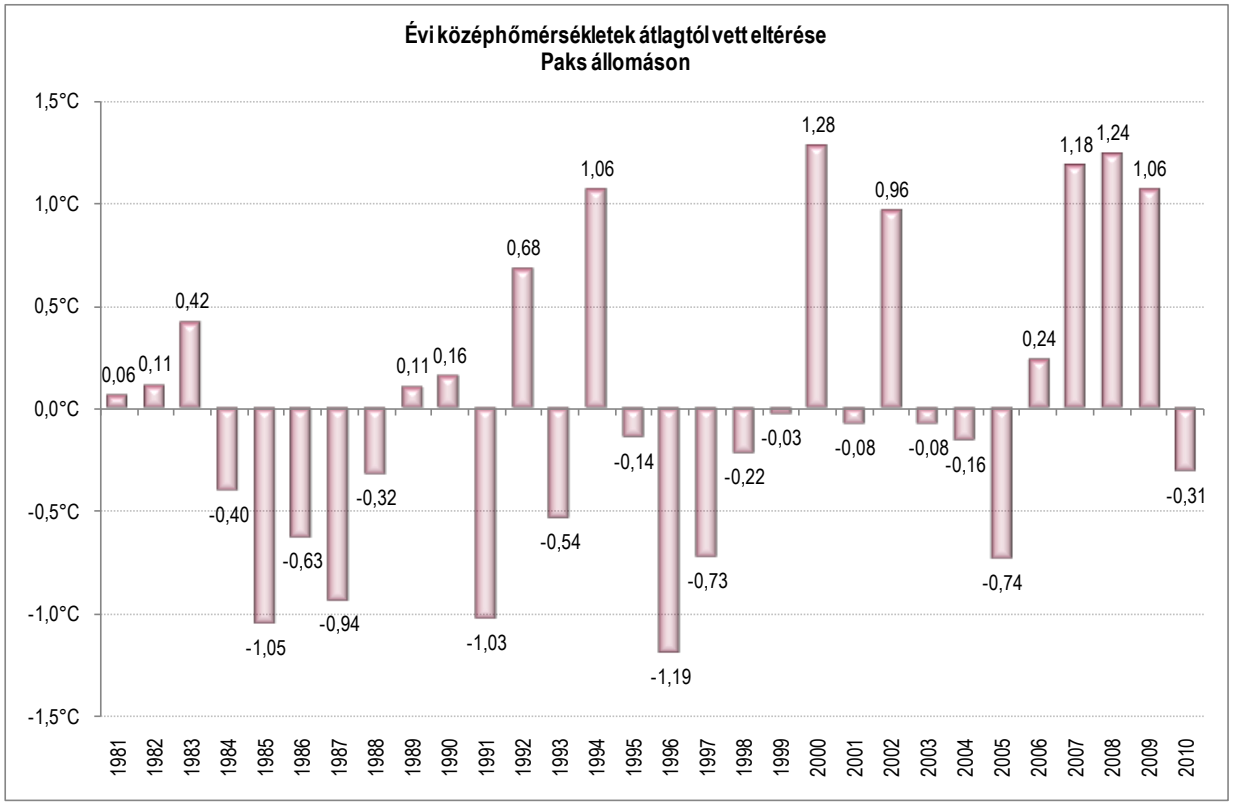
alakba írható, amit általános extrém eloszlásnak vagy Jenkinson-eloszlásnak nevezünk (Coles, S.G., 2001). Az angol General Extreme Value Distribution kezdőbetűiből adódóan gyakran találkozunk a szakirodalomban a GEV elnevezéssel. Az *u* a GEV-eloszlás lokációs-, b a szórási- vagy más néven skála-, az *a* pedig az úgynevezett alakparamétere. Az alapeloszlás következtetni enged arra, hogy az extremális értékek határeloszlása mely típushoz tartozik. Ha az alapeloszlás sűrűségfüggvénye nagy *x*-ekre exponenciális rendben fogy zérushoz, akkor a Gumbel- (Gumbel, 1958), ha ennél lassabban, *x* valamilyen hatványa szerint csökken, akkor Fréchet-típusú lesz a határeloszlás. Weibull-típushoz akkor jutunk, ha az alapeloszlás sűrűségfüggvénye nagy *x*-ekre azonosan zérus. A klimatológiai alkalmazásokban leggyakrabban az extrémumok Gumbel-közelítésével élünk, mivel a meteorológiai elemek általában normális, lognormális, exponenciális vagy gamma eloszlással írhatók le.

Az egyváltozós szélsőérték elmélet jól kidolgozott aszimptotikus formulákon alapul, a különböző becslési technikák lehetőséget adnak az extrém eloszlások modellezésére, az illesztett modell verifikációjára is (Matyasovszky, 2002). A paraméterbecslések közül a maximum likelihood-becslést igen széles körben alkalmazzák (Faragó and Katz, 1990), mivel statisztikai szempontból 'jó' tulajdonságokkal rendelkezik, a becslés általában torzítatlan, de legalábbis aszimptotikusan torzítatlan.

10.2.3 HŐMÉRSÉKLETI VISZONYOK

Az átlagos évi középhőmérséklet (1981-2010) Paks állomáson 10,7°C, mely meghaladja az országos átlagot.

Diagramon ábrázoltuk az 1981-2010 közötti időszak éves középhőmérsékleteinek alakulását az 1981-2010-es normálhoz viszonyítva (10.2.3-1. ábra).

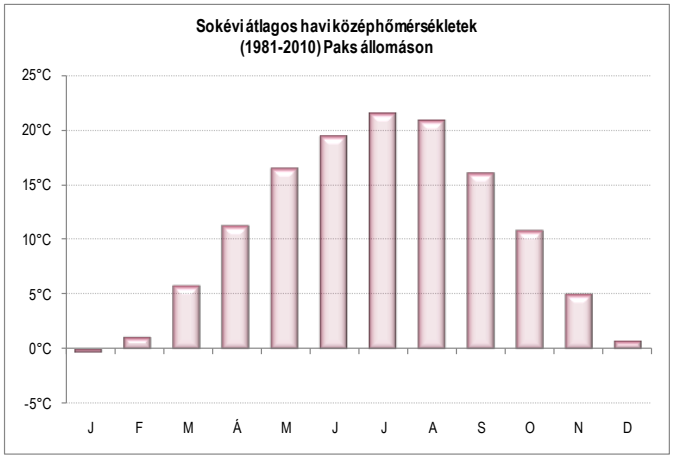


10.2.3-1. ábra: Évi középhőmérsékletek [°C] sokéves átlagtól (1981-2010) vett eltérése 1981-2010 között Paks állomáson

Az időszak leghűvösebb éve 1996 volt, amikor 1,2°C-kal mértünk alacsonyabb átlaghőmérsékletet, a legmelegebb pedig a 2000-es év volt, ekkor 1,3°C-kal volt melegebb a sokévi értéknél. Szintén jelentős pozitív anomáliát észlelhettünk még a 2007-es, 2008-as és 2009-es években (1,1-1,2°C).

Ha az elmúlt tizenegy év eltéréseit nézzük, akkor elmondhatjuk, hogy hat évben jóval átlag feletti középhőmérsékleteket figyelhettünk meg, négy esetben kissé hűvösebb volt a szokásosnál, és 2005-ben észleltünk csak nagyobb negatív anomáliát. Ez az időszak tehát egy – az átlaghoz képest – meleg időszaknak tekinthető, míg a 80-as évek közepén egy hűvösebb periódust figyelhetünk meg, a többi időszakban pedig változó előjelű anomáliákat. A tendencia az egész időszakot tekintve tehát pozitívnak adódik.

A hőmérséklet átlagos évi menetét tekintve (10.2.3-2. ábra) láthatjuk, hogy a térség legmelegebb hónapja a július (21,4°C), a leghidegebb pedig a január (-0,3°C). Az átlagos évi hőingás, mely a legmelegebb és a leghidegebb hónap középhőmérséklete közti különbség, 21,7°C.

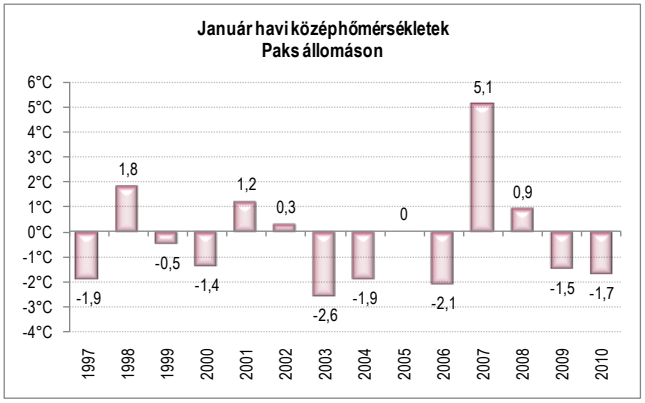


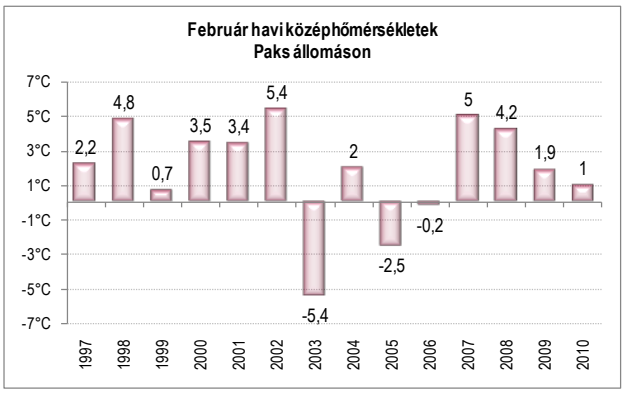
10.2.3-2. ábra: Havi középhőmérsékletek sokévi átlaga [°C] Paks állomáson (1981-2010)

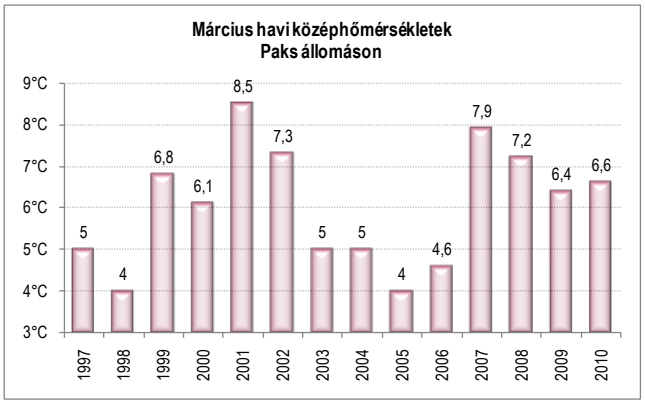
A legnagyobb napi maximumot 2007 júliusában mértük (40,6°C), a legalacsonyabbat pedig 1987 januárjában (-13°C). A minimum hőmérséklet esetében 1987 januárjában figyeltük meg a legkisebb értéket (-30,3°C) és 2003 augusztusában a legnagyobbat (22,7°C). Ezek egyben a paksi mérések kezdete óta mért legextrémebb értékek is.

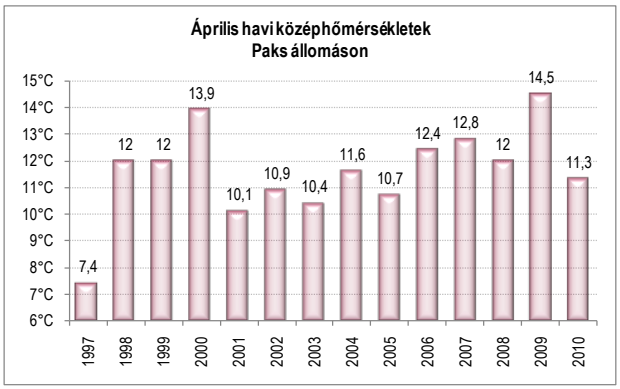
Éves szinten tekintve, 1981 óta 2009-ben volt a legtöbb (129 nap), 1984-ben a legkevesebb (61 nap) nyári nap. Hőségnapból szintén 1984-ban figyeltük meg a legkevesebbet (14 nap), a legtöbbet viszont 2003-ban (66 nap). A forró napok legmagasabb száma 1992-ben (13 nap) volt, míg 1982-ben, 1984-ben, 1986-ban, 1997-ben és 1999-ben nem regisztráltunk 35°C-ot meghaladó maximum hőmérsékletet.

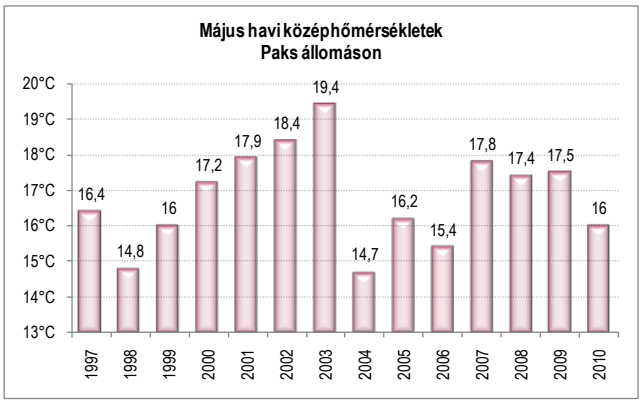
A következőkben a havi középhőmérsékletek alakulását (10.2.3-3. ábra), illetve az 1981-2010-es átlagtól vett eltéréseit (10.2.3-1. táblázat) mutatjuk be az 1997-2010 közötti évekre, Paks állomásra. Ezek alapján elmondható, hogy az évek közötti ingadozás a téli félév hónapjainál átlagosan nagyobb, mint a nyári hónapok esetében.

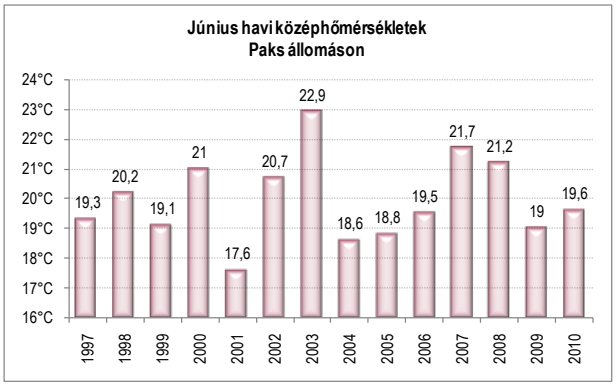

Január havi középhőmérsékletek
Paks állomáson
6°C
5°C
4°C
3°C
2°C
1°C
0°C
-1°C
-2°C
-3°C
-4°C
-1,9
1,8
-0,5
-1,4
1,2
0,3
-2,6
-1,9
0
-2,1
5,1
0,9
-1,5
-1,7
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010

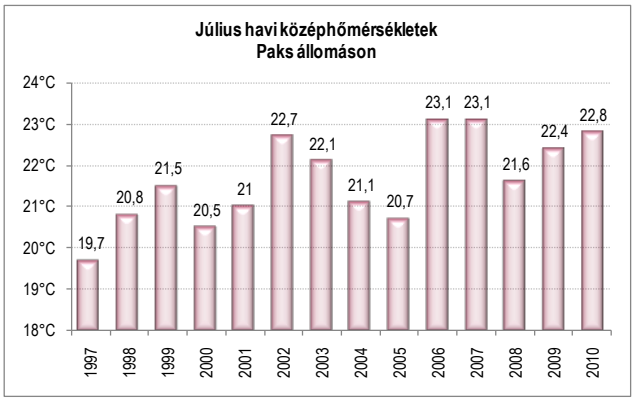

Február havi középhőmérsékletek
Paks állomáson
7°C
5°C
3°C
1°C
-1°C
-3°C
-5°C
-7°C
2,2
4,8
0,7
3,5
3,4
5,4
-5,4
2
-2,5
-0,2
5
4,2
1,9
1
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010

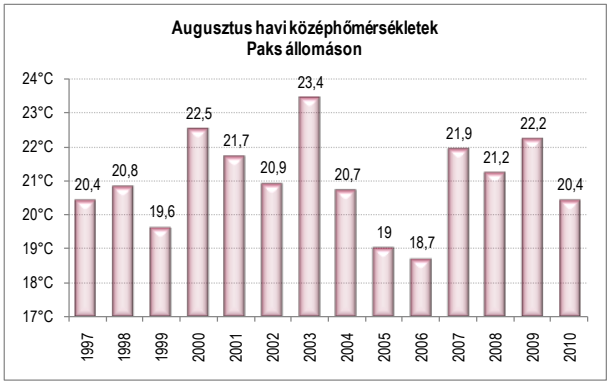

Március havi középhőmérsékletek
Paks állomáson
9°C
8°C
7°C
6°C
5°C
4°C
3°C
5
4
6,8
6,1
8,5
7,3
5
5
4
4,6
7,9
7,2
6,4
6,6
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010

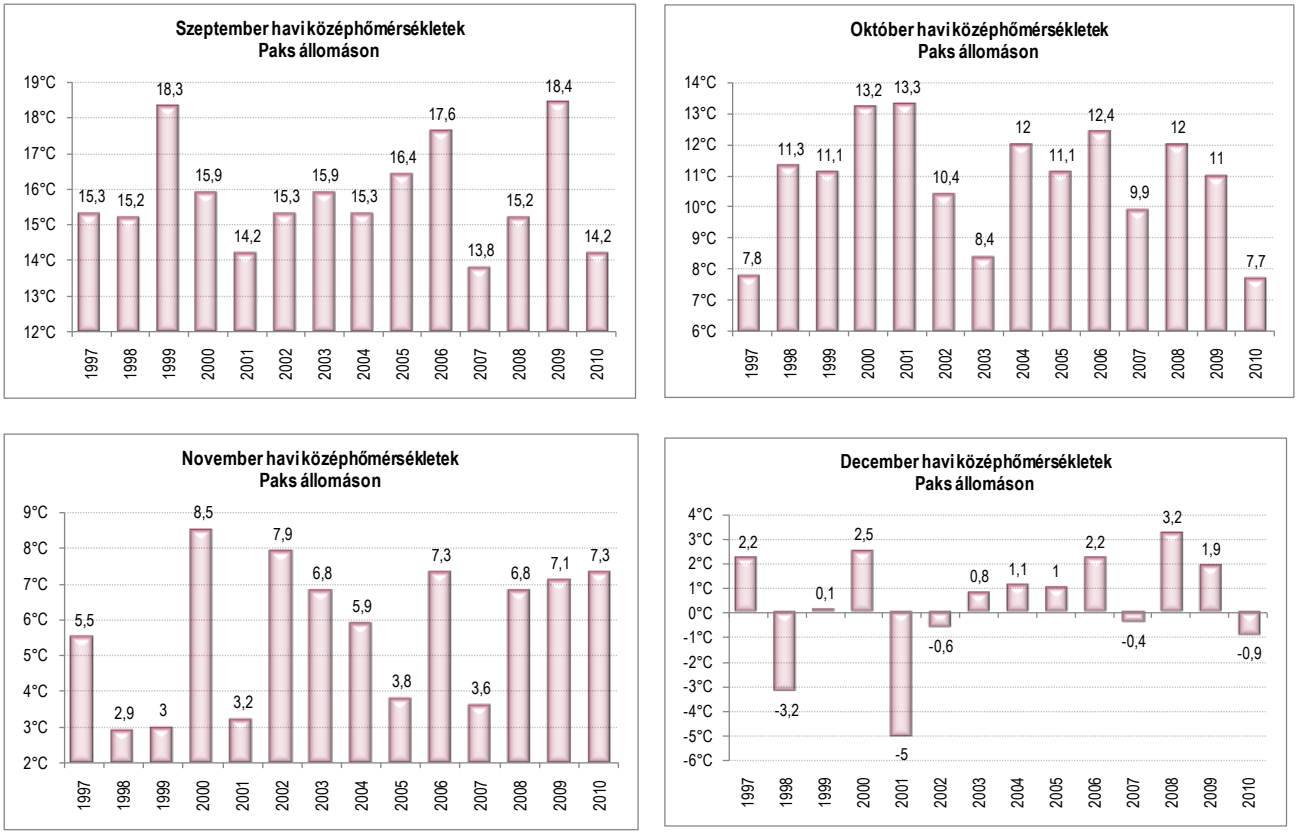

Április havi középhőmérsékletek
Paks állomáson
15°C
14°C
13°C
12°C
11°C
10°C
9°C
8°C
7°C
6°C
7,4
12
12
13,9
10,1
10,9
10,4
11,6
10,7
12,4
12,8
12
14,5
11,3
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010


Május havi középhőmérsékletek
Paks állomáson
20°C
19°C
18°C
17°C
16°C
15°C
14°C
13°C
16,4
14,8
16
17,2
17,9
18,4
19,4
14,7
16,2
15,4
17,8
17,4
17,5
16
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010


Június havi középhőmérsékletek
Paks állomáson
24°C
23°C
22°C
21°C
20°C
19°C
18°C
17°C
16°C
19,3
20,2
19,1
21
17,6
20,7
22,9
18,6
18,8
19,5
21,7
21,2
19
19,6
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010


Július havi középhőmérsékletek
Paks állomáson
24°C
23°C
22°C
21°C
20°C
19°C
18°C
19,7
20,8
21,5
20,5
21
22,7
22,1
21,1
20,7
23,1
23,1
21,6
22,4
22,8
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010


Augusztus havi középhőmérsékletek
Paks állomáson
24°C
23°C
22°C
21°C
20°C
19°C
18°C
17°C
20,4
20,8
19,6
22,5
21,7
20,9
23,4
20,7
19
18,7
21,9
21,2
22,2
20,4
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010



10.2.3-3. ábra: Havi középhőmérsékletek [°C] 1997-2010 között Paks állomáson

A havi középhőmérsékletek sokéves átlagtól vett eltérése [°C]														
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Január	-1,6	2,1	-0,2	-1,1	1,5	0,6	-2,3	-1,6	0,3	-1,8	5,4	1,2	-1,2	-1,4
Február	1,1	3,7	-0,4	2,4	2,3	4,3	-6,5	0,9	-3,6	-1,3	3,9	3,1	0,8	-0,1
Március	-0,8	-1,8	1,0	0,3	2,7	1,5	-0,8	-0,8	-1,8	-1,2	2,1	1,4	0,6	0,8
Április	-3,8	0,8	0,8	2,7	-1,1	-0,3	-0,8	0,4	-0,5	1,2	1,6	0,8	3,3	0,1
Május	0,0	-1,6	-0,4	0,8	1,5	2,0	3,0	-1,7	-0,2	-1,0	1,4	1,0	1,1	-0,4
Június	0,0	0,9	-0,2	1,7	-1,7	1,4	3,6	-0,7	-0,5	0,2	2,4	1,9	-0,3	0,3
Július	-1,7	-0,6	0,1	-0,9	-0,4	1,3	0,7	-0,3	-0,7	1,7	1,7	0,2	1,0	1,4
Augusztus	-0,3	0,1	-1,1	1,8	1,0	0,2	2,7	0,0	-1,7	-2,0	1,2	0,5	1,5	-0,3
Szeptember	-0,7	-0,8	2,3	-0,1	-1,8	-0,7	-0,1	-0,7	0,4	1,6	-2,2	-0,8	2,4	-1,8
Október	-3,0	0,6	0,4	2,5	2,6	-0,4	-2,4	1,3	0,4	1,7	-0,9	1,3	0,3	-3,1
November	0,5	-2,1	-2,0	3,5	-1,8	2,9	1,8	0,9	-1,2	2,3	-1,4	1,8	2,1	2,3
December	1,5	-3,9	-0,6	1,8	-5,7	-1,3	0,1	0,4	0,3	1,5	-1,1	2,5	1,2	-1,6

10.2.3-1. táblázat: A havi középhőmérsékletek sokéves átlagtól (1981-2010) vett eltérése [°C] 1997-2010 között Paks állomáson

A hőmérsékleti szélsőségeket tekintve először táblázatos formában kigyűjtöttük a legalacsonyabb, legmagasabb, illetve az átlagos maximum és minimum hőmérsékleteket havonta, Paks állomásra vonatkozóan, az 1981-2010-es napi adatok alapján (10.2.3-2. táblázat, 10.2.3-3. táblázat).

Maximum hőmérséklet (1981-2010) [°C]					
	Legalacsonyabb	Év	Legmagasabb	Év	Átlag
Január	-13	1987	17,4	2002	3,2
Február	-10	1985	20,7	1998	5,9
Március	-5,2	1987	26,4	1989	11,5
Április	3	1986	29,3	1992	17,6
Május	8,2	1987	33,9	2008	23,0
Június	11,2	2005	36,8	2000	25,9
Július	15,5	1997	40,6	2007	28,4
Augusztus	14,6	1989	37,5	1992	28,0
Szeptember	11,1	2008	36,1	2008	23,0
Október	3,4	1985	28,7	2000	17,3
November	-6,3	1988	23,3	2008	9,4
December	-10,1	1996	19,9	1989	4,0

10.2.3-2. táblázat: A maximum hőmérsékletek legalacsonyabb, legmagasabb, valamint átlagos értékei [°C] havonta (1981-2010) Paks állomáson

Minimum hőmérséklet (1981-2010) [°C]					
	Legalacsonyabb	Év	Legmagasabb	Év	Átlag
Január	-30,3	1987	7,5	1983	-3,9
Február	-24	1985	12,1	1998	-3,3
Március	-22	1987	11,4	1981	0,4
Április	-7,3	1997	14,1	1996	4,7
Május	-2,9	2007	19,6	1993	9,5
Június	1,1	1997	22,2	1994	12,8
Július	4,9	1996	21,5	2009	14,4
Augusztus	4,8	1984	22,7	2003	13,8
Szeptember	-0,9	1986	20,3	2009	9,8
Október	-11,5	1997	15,8	1992	5,3
November	-22,8	1988	13,7	2002	1,0
December	-23,3	2001	11	1989	-2,4

10.2.3-3. táblázat: A minimum hőmérsékletek legalacsonyabb, legmagasabb, valamint átlagos értékei [°C] havonta (1981-2010) Paks állomáson

A legnagyobb napi maximumot 2007 júliusában mértük (40,6°C), a legalacsonyabbat pedig 1987 januárjában (-13°C). A minimum hőmérséklet esetében 1987 januárjában figyeltük meg a legkisebb értéket (-30,3°C) és 2003 augusztusában a legnagyobbat (22,7°C). Ezek egyben a paksi mérések kezdete óta mért legextrémebb értékek is.

A következő táblázatban (10.2.3-4. táblázat) a maximum és minimum hőmérsékletek visszatérési értékeit találhatjuk, amelyeket az 1981-2010 közötti időszak mérései alapján számítottunk ki, a Gumbel-féle statisztikai módszert alkalmazva. A visszatérési értékek megmutatják, hogy az adott hőmérséklet előfordulására átlagosan hány évente számíthatunk. Fontos megjegyezni, hogy ezek átlagos értékek, tehát akár egymást követő években is előfordulhatnak ugyanolyan extrém értékek, és lehetnek szélsőségek nélküli időszakok is. 36°C körüli maximum hőmérséklet átlagosan kétévente, 40°C-os körülbelül 50 évente jelentkezik. -20°C-os minimum hőmérsékletre kevesebb, mint négyévente számíthatunk, -30°C azonban csak több, mint 50 évente jelentkezik Paks környékén.

A maximum és minimum hőmérsékletek visszatérési értékei Gumbel eloszlással		
Visszatérési periódus (év)	Maximum- hőmérséklet [°C]	Minimum- hőmérséklet [°C]
2	35,9	-17,7
4	36,8	-20,7
5	37,1	-21,6
10	37,9	-24,2
20	38,7	-26,6
50	39,7	-29,8
100	40,4	-32,2
200	41,1	-34,6
500	42,1	-37,7
1 000	42,8	-40,1
2 000	43,6	-42,4
5 000	44,5	-45,6
10 000	45,3	-47,9
20 000	46,0	-50,3
100 000	47,7	-55,7

10.2.3-4. táblázat: A maximum és minimum hőmérsékletek visszatérései értékei Gumbel eloszlással Paks állomásra vonatkozóan (1981-2010-es adatok alapján)

A hőmérsékleti viszonyok jellemzésére további információt képvisel az ún. küszöbnapok száma, amely a hőmérséklet adott értékeit elérő, illetve meghaladó napi legmagasabb, ill. legalacsonyabb hőmérséklet napokban kifejezett száma. Nyári, hőség, illetve forró napról beszélünk, ha a hőmérséklet napi csúcsértéke eléri vagy meghaladja a 25°C-ot, a 30°C-ot, illetve a 35°C-ot. Ezen küszöbnapok számának alakulását láthatjuk következő táblázatainkban (10.2.3-5. táblázat - 10.2.3-7. táblázat) és ábráinkon (10.2.3-4. ábra -10.2.3-6. ábra) Paks állomásra vonatkozóan.

Ha a havi bontású táblázatokat tekintjük, látjuk, hogy a legtöbb küszöb fölötti napot július-augusztus hónapokban figyeltük meg, s az is kitűnik, hogy míg az 1997-2010 közötti időszak elején inkább augusztus, addig a végén inkább július hónapban jelentkezett több ilyen nap. Nyári napot áprilistól egészen októberig figyeltünk meg, hőségnapot a május-szeptember időszakban, forró napot viszont csak június-szeptember között. A legtöbb nyári napot 1997 óta 2003 júniusában és augusztusában észleltük (30 nap), a legtöbb hőségnapot 2003 augusztusában (24 nap), míg a legtöbb forró napot 2007 júliusában (10 nap).

Éves szinten tekintve, 1981 óta 2009-ben volt a legtöbb (129 nap), 1984-ben a legkevesebb (61 nap) nyári nap. Hőségnapból szintén 1984-ban figyeltük meg a legkevesebbet (14 nap), a legtöbbet viszont 2003-ban (66 nap). A forró napok legmagasabb száma 1992-ben (13 nap) volt, míg 1982-ben, 1984-ben, 1986-ban, 1997-ben és 1999-ben nem regisztráltunk 35°C-ot meghaladó maximum hőmérsékletet.

Nyári napok (Tmax≥25°C) száma								
	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	Év
1997	0	15	19	21	28	12	5	100
1998	0	10	22	21	22	3	1	79
1999	0	8	20	27	21	20	1	97
2000	11	17	23	23	29	10	6	119
2001	1	17	15	24	25	2	8	92
2002	0	18	22	28	24	12	1	105
2003	2	24	30	29	30	10	2	127
2004	0	4	17	21	27	12	0	81
2005	0	10	20	23	14	12	0	79
2006	3	6	19	27	15	16	3	89
2007	3	13	30	27	28	3	1	105
2008	1	15	20	27	28	12	0	103
2009	9	19	20	29	28	20	4	129
2010	1	8	16	25	25	0	0	75

10.2.3-5. táblázat: A nyári napok (T_{max}≥25°C) száma 1997-2010 között havonta, Paks állomáson

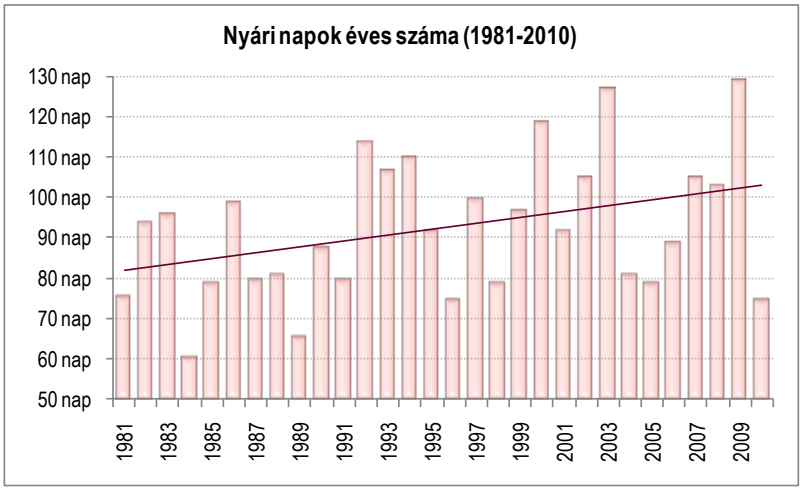
Hőségnapok (Tmax≥30°C) száma						
	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	Év
1997	2	7	1	6	0	16
1998	0	10	11	14	0	35
1999	3	3	5	5	1	17
2000	4	14	12	17	0	47
2001	2	2	10	17	0	31
2002	1	11	19	5	2	38
2003	10	15	14	24	3	66
2004	0	2	13	7	1	23
2005	5	3	8	2	0	18
2006	0	14	22	5	1	42
2007	6	14	18	16	0	54
2008	3	12	14	15	5	49
2009	6	2	17	16	3	44
2010	0	8	16	9	0	33

10.2.3-6. táblázat: A hőségnapok (T_{max}≥30°C) száma 1997-2010 között havonta, Paks állomáson

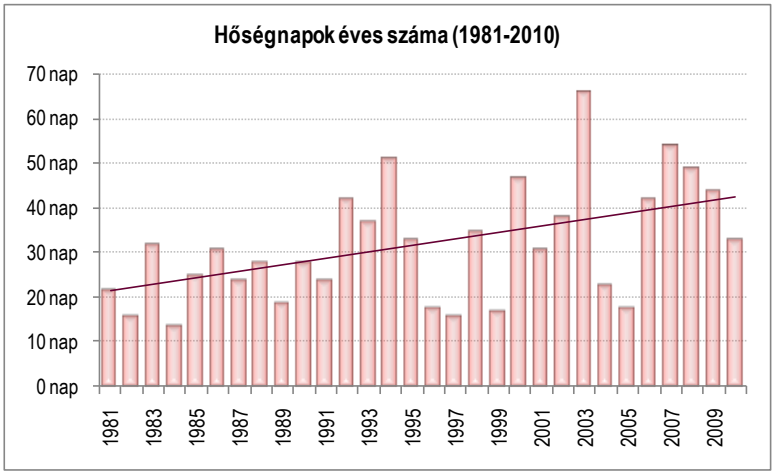
Forró napok (Tmax≥35°C) száma					
	VI.	VII.	VIII.	IX.	Év
1997	0	0	0	0	0
1998	0	1	3	0	4
1999	0	0	0	0	0
2000	5	1	5	0	11
2001	0	2	2	0	4
2002	2	2	0	0	4
2003	3	2	4	0	9
2004	0	1	0	0	1
2005	0	1	0	0	1
2006	1	0	0	0	1
2007	1	10	1	0	12
2008	0	1	2	2	5
2009	0	2	2	0	4
2010	0	5	0	0	5

10.2.3-7. táblázat: A forró napok (T_{max}≥35°C) száma 1997-2010 között havonta, Paks állomáson

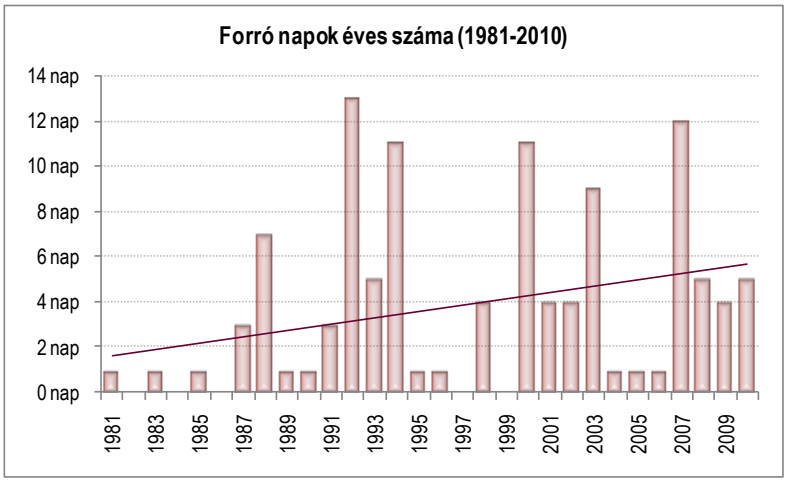
A diagramokon ábrázoltuk az adatsorokra illesztett lineáris trendeket is, melyek mindhárom küszöbnap esetében pozitívnak bizonyultak, vagyis nőtt a meleg és szélsőségesen meleg napok száma az elmúlt időszakban.



10.2.3-4. ábra: A nyári napok (Tmax ≥ 25°C) száma évente (1981-2010) Paks állomáson; ezen adatsorra illesztett lineáris trend



10.2.3-5. ábra: A hőségnapok (Tmax ≥ 30°C) száma évente (1981-2010) Paks állomáson; ezen adatsorra illesztett lineáris trend



10.2.3-6. ábra: A forró napok (Tmax ≥ 35°C) száma évente (1981-2010) Paks állomáson; ezen adatsorra illesztett lineáris trend

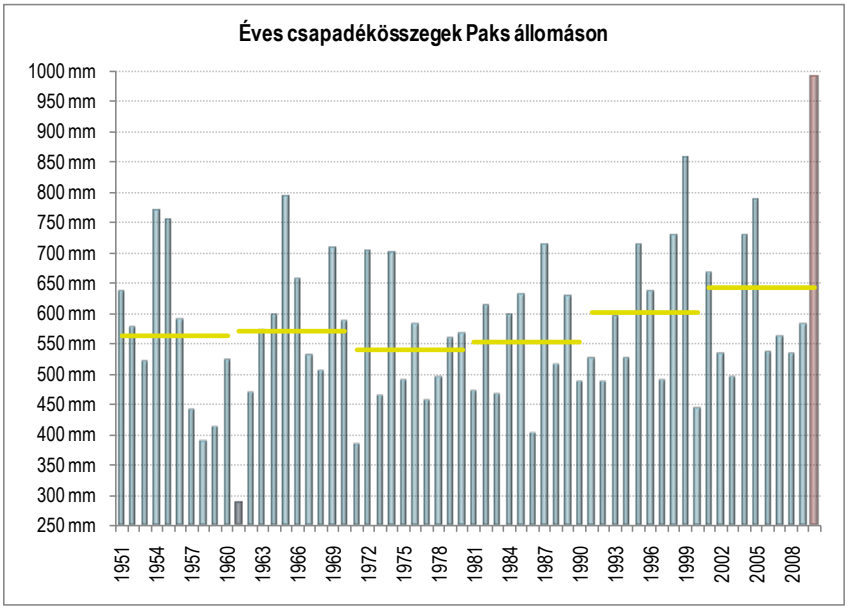
A hőmérséklet elemzése alapján látható, hogy éves szinten emelkedő tendenciát mutat az átlaghőmérséklet, s a nyári-, hőség- és forró napok előfordulását elemezve is megfigyelhető, hogy az éven belüli extrémitások is egyre gyakoribbak.

10.2.4 CSAPADÉKVISZONYOK

A csapadék – a hőmérséklettel ellentétben – sem térben, sem időben nem folytonos meteorológiai elem. Rövid vagy hosszú száraz időszakok és különböző, esetenként igen nagy mennyiségű csapadékhullások váltják egymást, gyakran szeszélyes területi és időbeli eloszlásban.

Az éves csapadékösszegeket tekintve (10.2.4-1. ábra), 1951 óta a legszárazabb év az 1961-es volt (285,9 mm) Pakson, míg a legcsapadékosabb – az adatsorból igen kiemelkedő összegével – a 2010-es év (990,9 mm), mely az eddigi abszolút maximumot is megdöntötte (1937-es 887 mm-t). A tízéves átlagokat megfigyelve elmondhatjuk, hogy az utolsó tíz év volt összességében a legcsapadékosabb az időszakban (642 mm-es átlaggal, míg a vizsgált 60 év átlagos évi csapadékösszege 579 mm), de ez főként a 2010-es év rendkívüli összegének köszönhető. Megjegyezzük, hogy ha ezt az évet nem vennénk számításba, akkor is az 1991-2000-es időszak átlagával közel azonos értéket kapnánk, mely a második legcsapadékosabb tíz év volt 1951 óta. A hőmérséklethez hasonlóan tehát itt is egy pozitív trendet vélünk felfedezni éves szinten.

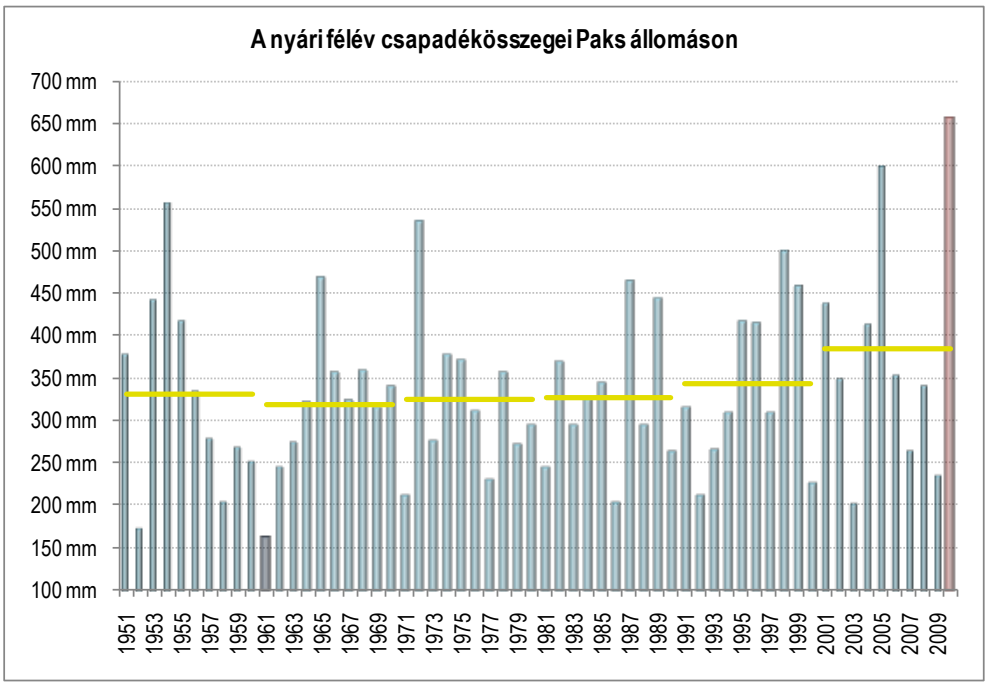
Megjegyezzük, hogy az utolsó tíz évben az éves összegek szórása is magasabb volt, és ez a szélsőséges csapadékok előfordulására utal.



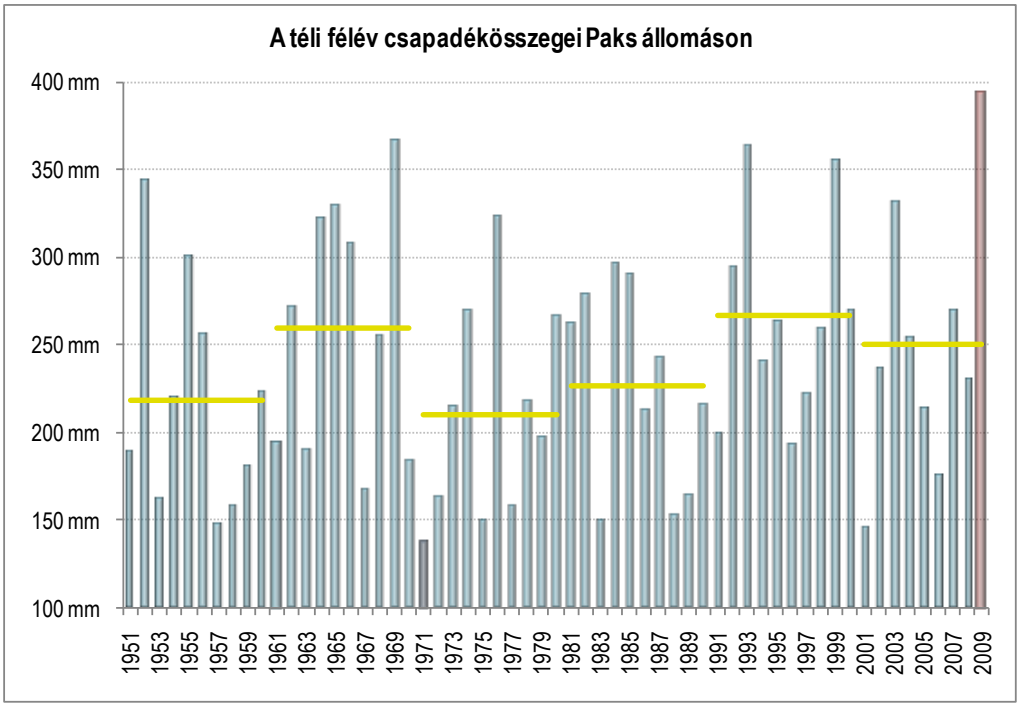
10.2.4-1. ábra: Éves csapadékösszegek [mm] alakulása 1951-2010 között, s a tízéves átlagok Paks állomáson

Az éves csapadékösszeg tekintetében szintén kissé emelkedő trend jellemző Paks térségében, s az extrém értékeket vizsgálva, több esetben évszázados rekord dőlt meg ebben a 30 éves időszakban.

Az évet felosztva megvizsgáltuk a nyári és téli félév csapadékösszegeit is. Jól látszik, hogy az évek többségében a nyári félév csapadékosabban alakul a télinél (az esetek körülbelül 78 %-ában). A nyári félév esetében (10.2.4-2. ábra) a minimális és maximális értékek ugyanabban az évben jelentek meg, mint az éves összegeknél, s a trend is hasonlóan alakul, az utolsó két évtized csapadékosabbnak adódott, mint a megelőző négy. A téli félév esetében (10.2.4-3. ábra) a legszárazabb időjárást 1970-ben tapasztaltuk. A tízéves átlagokat tekintve is eltér ez a félév az évestől, a legcsapadékosabb téli félévek az 1991-2000 és az 1961-1970 közti évtizedekben voltak. A számítások alapján kismértékű növekvő trend ugyan itt is megfigyelhető, de ez kevésbé meredek, mint a nyári félévnél.

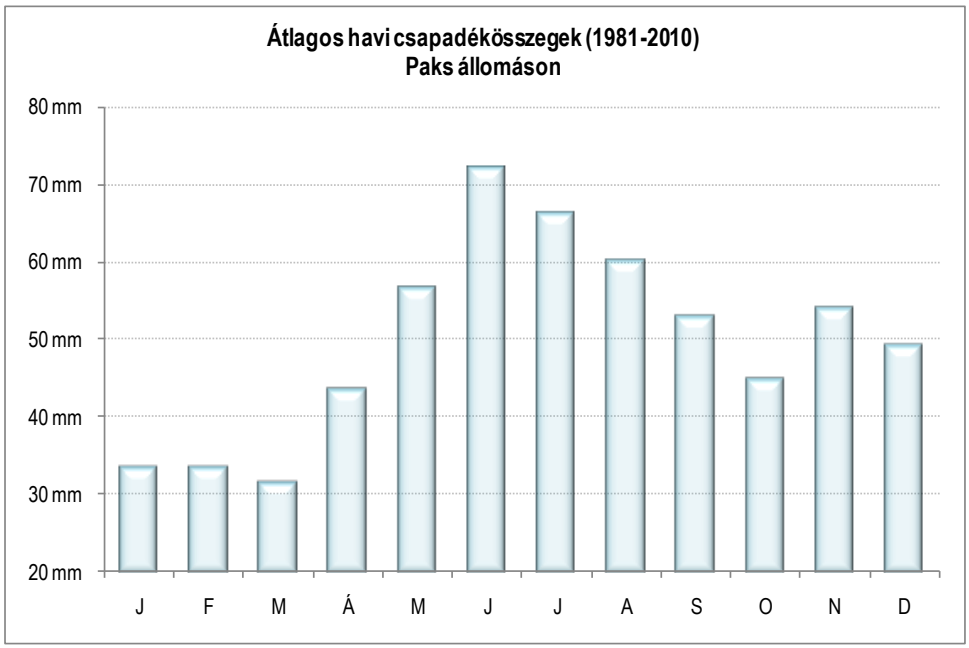


10.2.4-2. ábra: A nyári félév csapadékösszegeinek [mm] alakulása 1951-2010 között, s a tízéves átlagok Paks állomáson



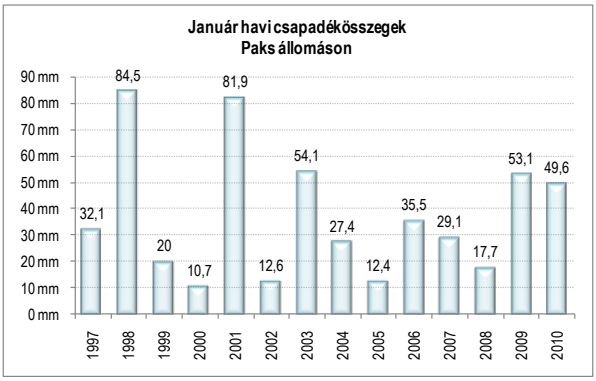
10.2.4-3. ábra: A téli félév csapadékösszegeinek [mm] alakulása 1951-2010 között, s a tízéves átlagok Paks állomáson

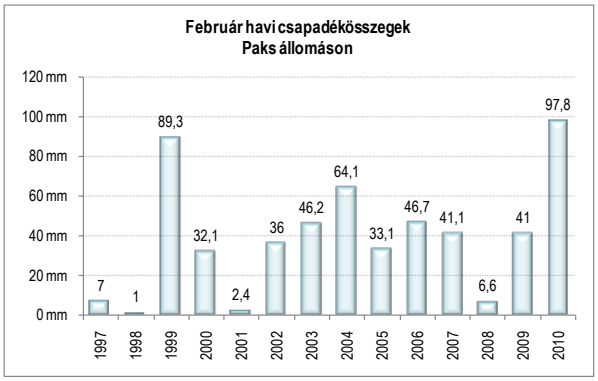
A csapadék évi menetét tekintve (10.2.4-4. ábra) azt mondhatjuk, hogy a legcsapadékosabb hónap Paks térségében a június (72,3 mm), utána következik a két másik nyári hónap és a május, tehát a nyári időszakban hullik általában a legtöbb csapadék. Ezen időszak után novemberben figyelhetünk meg egy másodmaximumot (54 mm). A legszárazabb hónap a március (31,7 mm), de általában január-februárban is kevés a csapadék.

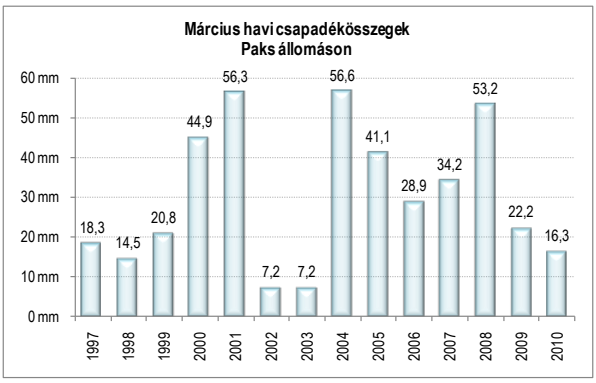


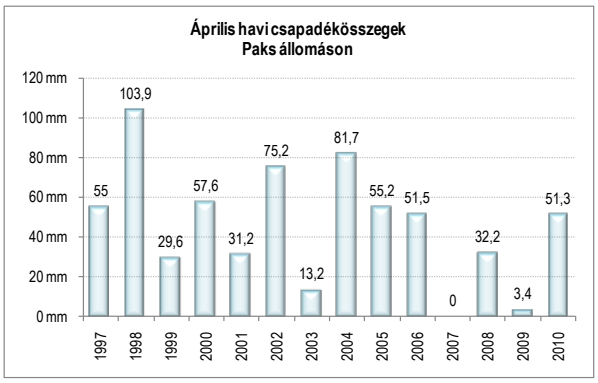
10.2.4-4. ábra: Átlagos havi csapadékösszegek [mm] Paks állomáson (1981-2010)

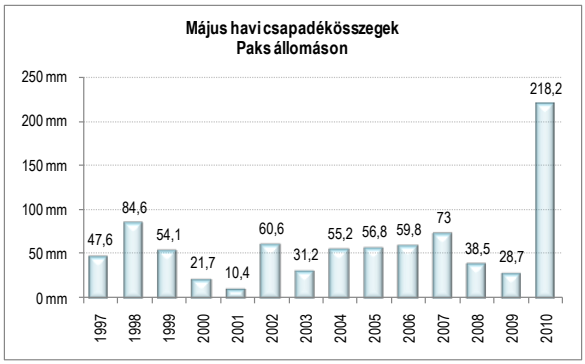
A csapadékösszegek alakulását évről-évre havi bontásban is bemutatjuk 1997-től kezdődően Paks állomásra (10.2.4-5. ábra), melyből jól kitűnik az éven belüli, s az évek közötti nagy változékonyság is.

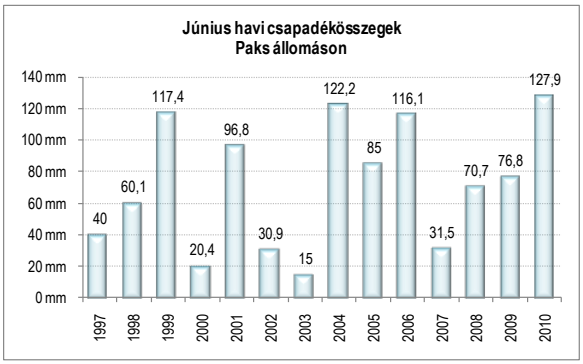

Január havi csapadékösszegek
Paks állomáson
90 mm
80 mm
70 mm
60 mm
50 mm
40 mm
30 mm
20 mm
10 mm
0 mm
32,1
84,5
20
10,7
81,9
12,6
54,1
27,4
12,4
35,5
29,1
17,7
53,1
49,6
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010

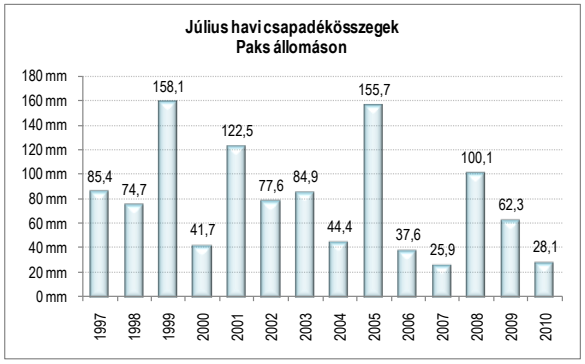

Február havi csapadékösszegek
Paks állomáson
120 mm
100 mm
80 mm
60 mm
40 mm
20 mm
0 mm
7
1
89,3
32,1
2,4
36
46,2
64,1
33,1
46,7
41,1
6,6
41
97,8
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010

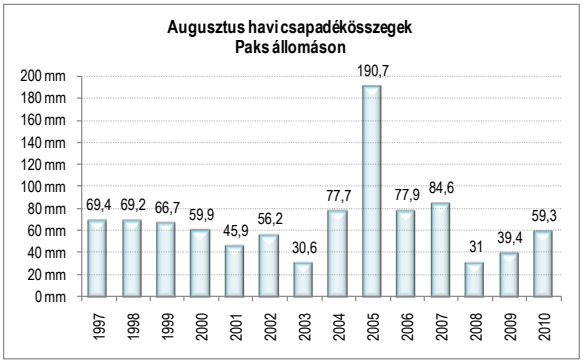

Március havi csapadékösszegek
Paks állomáson
60 mm
50 mm
40 mm
30 mm
20 mm
10 mm
0 mm
18,3
14,5
20,8
44,9
56,3
7,2
7,2
56,6
41,1
28,9
34,2
53,2
22,2
16,3
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010

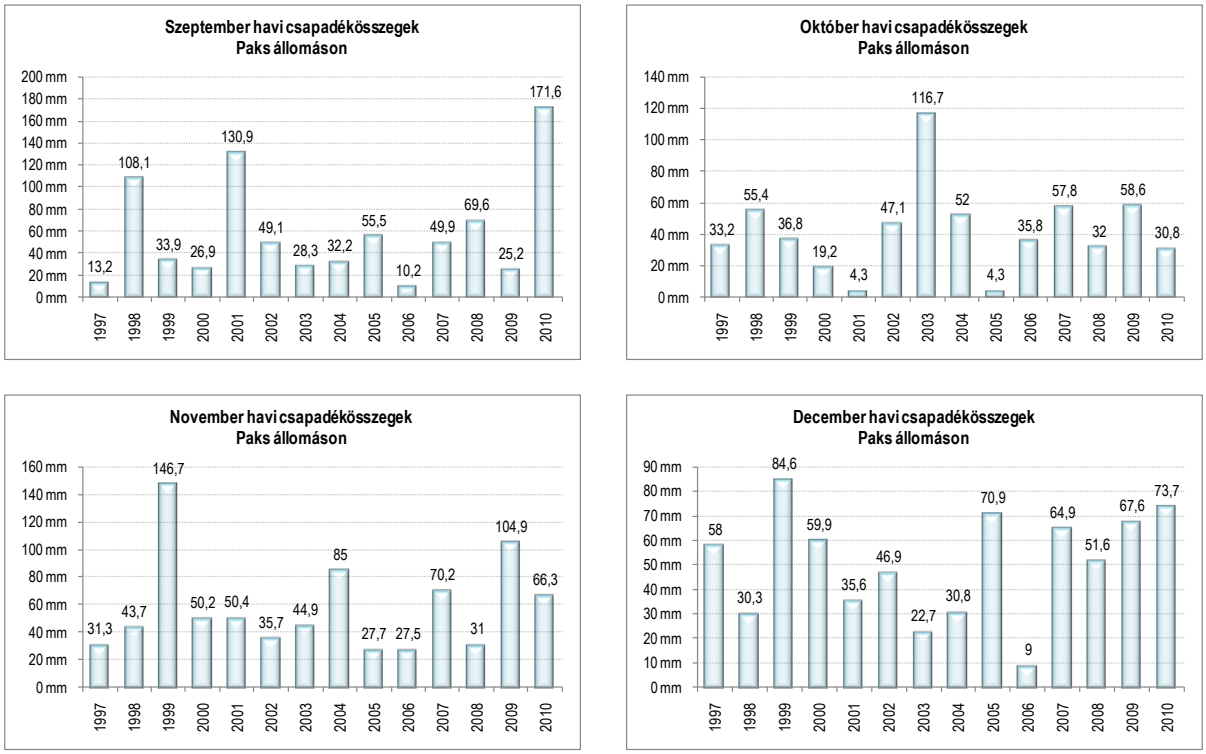

Április havi csapadékösszegek
Paks állomáson
120 mm
100 mm
80 mm
60 mm
40 mm
20 mm
0 mm
55
103,9
29,6
57,6
31,2
75,2
13,2
81,7
55,2
51,5
0
32,2
3,4
51,3
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010


Május havi csapadékösszegek
Paks állomáson
250 mm
200 mm
150 mm
100 mm
50 mm
0 mm
47,6
84,6
54,1
21,7
10,4
60,6
31,2
55,2
56,8
59,8
73
38,5
28,7
218,2
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010


Június havi csapadékösszegek
Paks állomáson
140 mm
120 mm
100 mm
80 mm
60 mm
40 mm
20 mm
0 mm
40
60,1
117,4
20,4
96,8
30,9
15
122,2
85
116,1
31,5
70,7
76,8
127,9
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010


Július havi csapadékösszegek
Paks állomáson
180 mm
160 mm
140 mm
120 mm
100 mm
80 mm
60 mm
40 mm
20 mm
0 mm
85,4
74,7
158,1
41,7
122,5
77,6
84,9
44,4
155,7
37,6
25,9
100,1
62,3
28,1
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010


Augusztus havi csapadékösszegek
Paks állomáson
200 mm
180 mm
160 mm
140 mm
120 mm
100 mm
80 mm
60 mm
40 mm
20 mm
0 mm
69,4
69,2
66,7
59,9
45,9
56,2
30,6
77,7
190,7
77,9
84,6
31
39,4
59,3
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010



10.2.4-5. ábra: Havi csapadékösszegek [mm] 1997-2010 között Paks állomáson

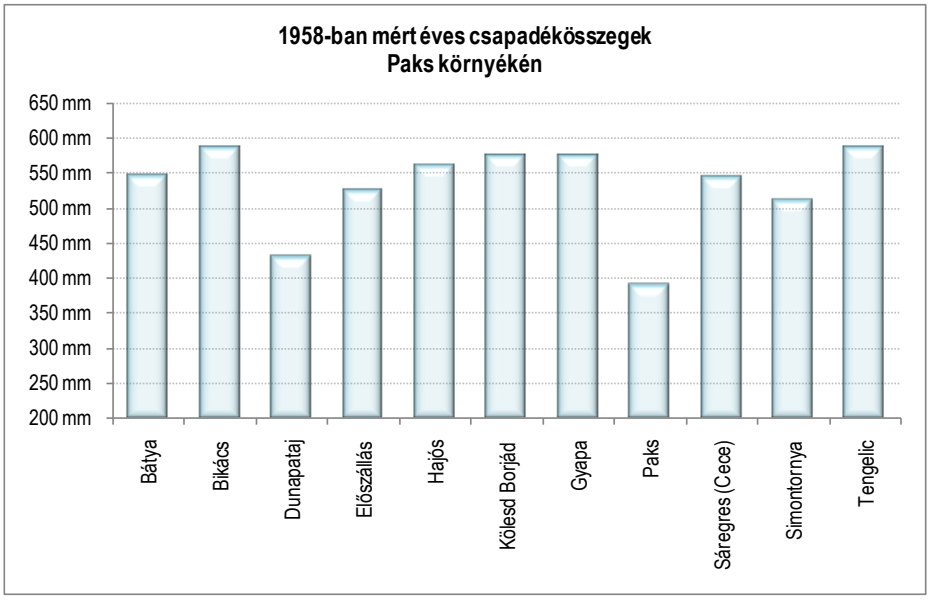
Az 1997 utáni időszakban számos, sok esetben veszélyesnek tekinthető, csapadéktevékenységgel kapcsolatos szélsőséges időjárási helyzet fordult elő Magyarország területén, így Paks térségében is. E helyzetek kimutatásához készítettük a következő adatfeldolgozásokat az 1997-2010 közötti időszakra, különös tekintettel az átlagtól való eltérésekre, az extrém értékek előfordulására. Először a havi csapadékösszegek normáltól való eltérését láthatjuk a 10.2.4-1. táblázatban.

A havi csapadékösszegek sokéves átlagtól vett eltérése [mm]														
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Január	-1,4	51,0	-13,5	-22,8	48,4	-20,9	20,6	-6,1	-21,1	2,0	-4,4	-15,8	19,6	16,1
Február	-26,6	-32,6	55,7	-1,5	-31,2	2,4	12,6	30,5	-0,5	13,1	7,5	-27,0	7,4	64,2
Március	-13,4	-17,2	-10,9	13,2	24,6	-24,5	-24,5	24,9	9,4	-2,8	2,5	21,5	-9,5	-15,4
Április	11,3	60,2	-14,1	13,9	-12,5	31,5	-30,5	38,0	11,5	7,8	-43,7	-11,5	-40,3	7,6
Május	-9,0	28,0	-2,5	-34,9	-46,2	4,0	-25,4	-1,4	0,2	3,2	16,4	-18,1	-27,9	161,6
Június	-32,3	-12,2	45,2	-51,9	24,6	-41,4	-57,3	50,0	12,8	43,9	-40,8	-1,6	4,6	55,7
Július	19,2	8,5	91,9	-24,5	56,3	11,4	18,7	-21,8	89,5	-28,6	-40,3	33,9	-3,9	-38,1
Augusztus	9,2	9,0	6,5	-0,3	-14,3	-4,0	-29,6	17,5	130,5	17,7	24,4	-29,2	-20,8	-0,9
Szeptember	-39,7	55,2	-19,0	-26,0	78,0	-3,8	-24,6	-20,7	2,6	-42,7	-3,0	16,7	-27,7	118,7
Október	-11,8	10,4	-8,2	-25,8	-40,7	2,1	71,7	7,0	-40,7	-9,2	12,8	-13,0	13,6	-14,2
November	-22,7	-10,3	92,7	-3,8	-3,6	-18,3	-9,1	31,0	-26,3	-26,5	16,2	-23,0	50,9	12,3
December	8,8	-18,9	35,4	10,7	-13,6	-2,3	-26,5	-18,4	21,7	-40,2	15,7	2,4	18,4	24,5

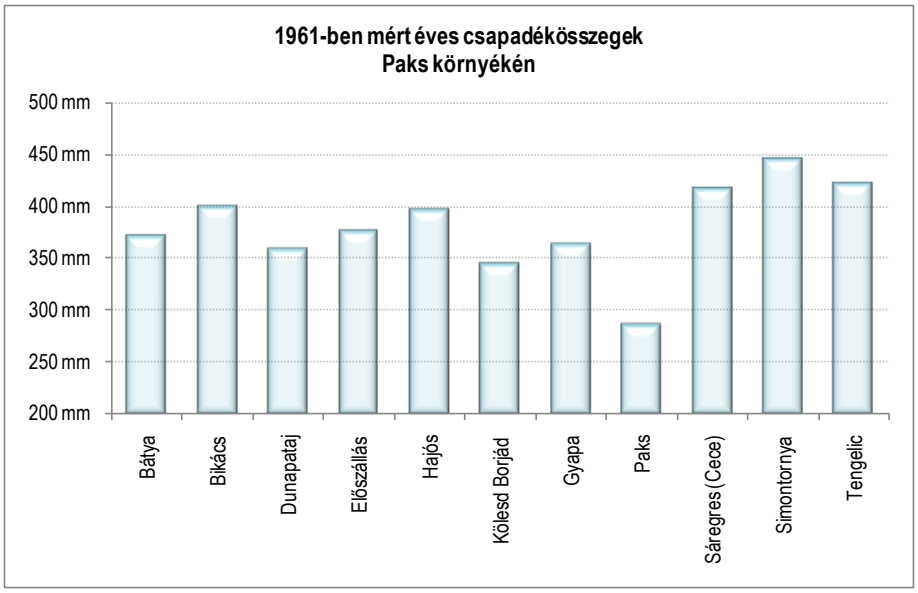
10.2.4-1. táblázat: A havi csapadékösszegek sokéves átlagtól (1981-2010) vett eltérése [mm] 1997-2010 között, Paks állomáson

Nagy mennyiségű csapadékra bárhol és bármikor lehet számítani. Emiatt a következő csapadék-feldolgozásokat nem csak egy pontra, hanem Paks 30 km-es körzetében végeztük el, az itt található – hiánytalan adatsorral rendelkező – csapadékmérő állomások hagyományos mérései alapján.

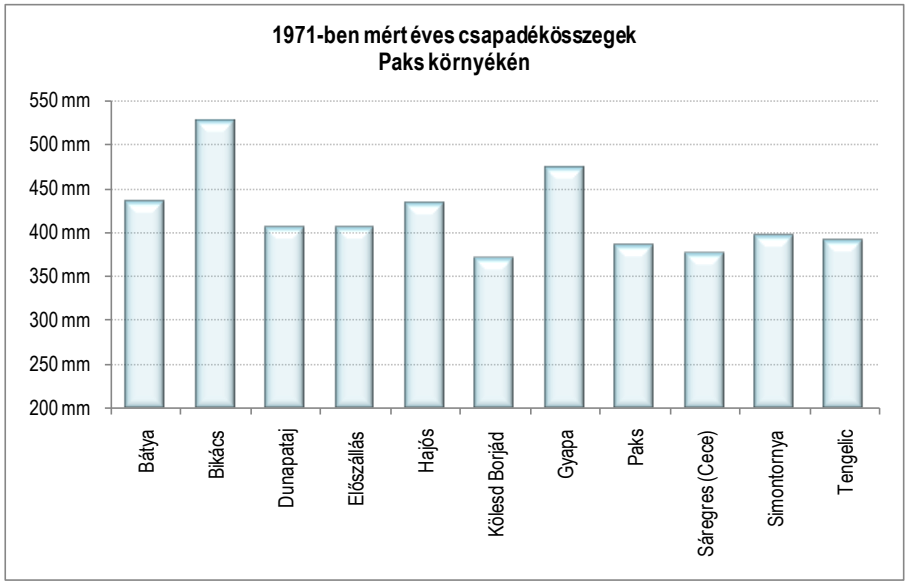
Először a – Paks adatai alapján – legszárazabbnak (1958, 1961, 1971) ítélt három év csapadékösszegeit ábrázoltuk a térségre vonatkozóan (10.2.4-6. ábra, 10.2.4-7. ábra, 10.2.4-8. ábra).



10.2.4-6. ábra: Paks 30 km-es környezetében működő csapadékmérő állomások éves csapadékösszegei [mm] 1958-ban

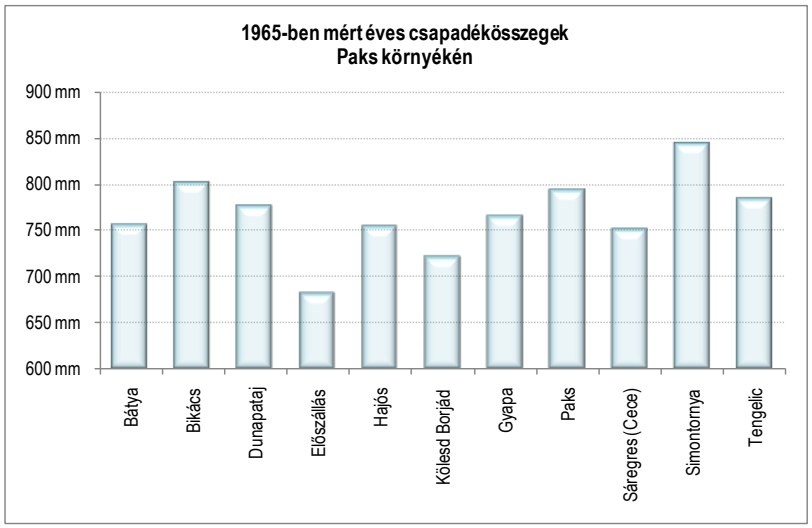


10.2.4-7. ábra: Paks 30 km-es környezetében működő csapadékmérő állomások éves csapadékösszegei [mm] 1961-ben

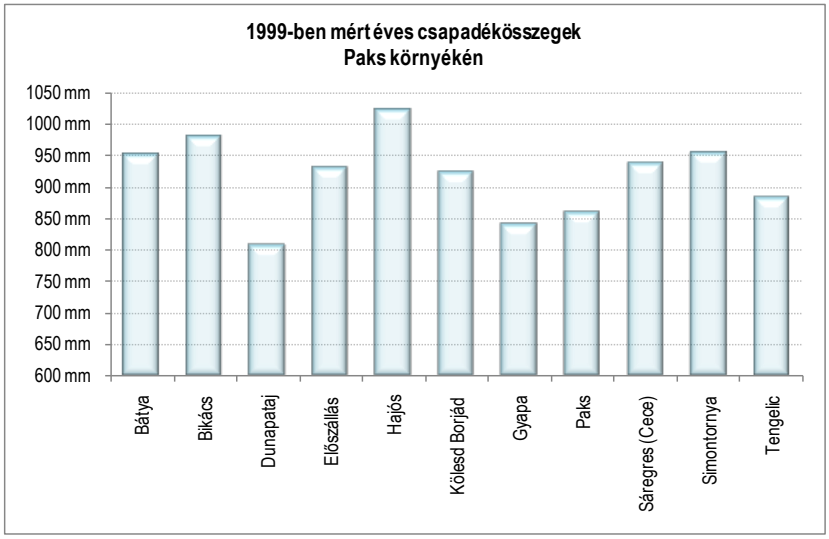


10.2.4-8. ábra: Paks 30 km-es környezetében működő csapadékmérő állomások éves csapadékösszegei [mm] 1971-ben

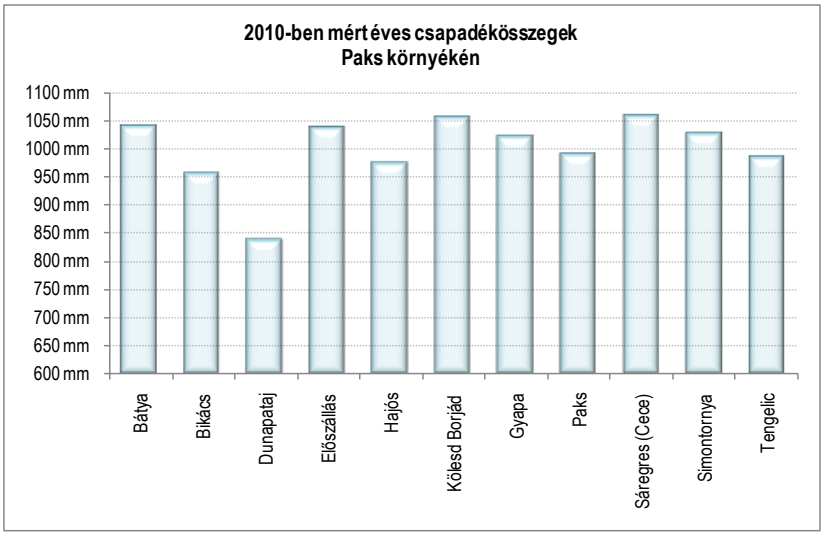
A – Paks adatai alapján –legcsapadékosabbnak ítélt három év (1965, 1999, 2010) csapadékösszegeit ábrázoltuk a térségre vonatkozóan az alábbi ábrákon (10.2.4-9. ábra, 10.2.4-10. ábra, 10.2.4-11. ábra).



10.2.4-9. ábra: Paks 30 km-es környezetében működő csapadékmérő állomások éves csapadékösszegei [mm] 1965-ben



10.2.4-10. ábra: Paks 30 km-es környezetében működő csapadékmérő állomások éves csapadékösszegei [mm] 1999-ben



10.2.4-11. ábra: Paks 30 km-es környezetében működő csapadékmérő állomások éves csapadékösszegei [mm] 2010-ben

A 10.2.4-2. táblázatban az 1981-2010 közötti, extrém havi csapadékösszegeket mutatjuk be. Láthatjuk, hogy Paks 30 km-es környezetében, ebben az időszakban két hónap esetében is előfordult, amikor egyáltalán nem hullott csapadék: 2007 áprilisában, és 1986 szeptemberében. A legmagasabb havi értékek esetében több, évszázados rekord is született ebben az időszakban (a táblázatban csillaggal jelölt állomások esetében): az 1987-es január, a 2010-es május, az 1999-es június és július, valamint az 1996-os szeptember csapadéka is meghaladta az addig – 1901 óta – mért legnagyobb értékeket.

Havi csapadékösszegek (1981-2010) [mm]						
	Legalacsonyabb	Év	Állomás	Legmagasabb	Év	Állomás
Január	2,0	1992	Hajós	113,0	1987	Sióagárd*
Február	0,4	1998	Előszállás	119,6	1999	Sióagárd
Március	3,0	2003	Solt	75,4	1988	Harta
Április	0,0	2007	Tengelic	103,9	1998	Paks
Május	1,9	1993	Paks	261,1	2010	Kölesd*
Június	0,7	2003	Bikács	224,4	1999	Sióagárd*
Július	5,8	1995	Murga	259,2	1999	Hajós*
Augusztus	0,4	1992	Simontornya	237,9	2005	Sióagárd
Szeptember	0,0	1986	Apostag	234,3	1996	Sióagárd*
Október	0,5	1995	Sáregres(Cece)	139,5	1992	Murga
November	8,6	1983	Sióagárd	146,7	1999	Paks
December	5,5	1989	Kalocsa	160,1	1981	Hajós

** a csillaggal jelölt állomások csapadékösszege abszolút maximum az adott hónapban*

10.2.4-2. táblázat: A havi csapadékösszegek legalacsonyabb és legmagasabb értékei [mm] havonta (1981-2010) Paks 30 km-es környezetében

A napi csapadékösszegek maximális értékeit is megvizsgáltuk erre az időszakra (1981-2010), havi bontásban (10.2.4-3. táblázat). Szintén regisztráltunk olyan értékeket, melyek megdöntötték az 1901 óta mért maximumot, ezeket csillaggal jelöltük a táblázatban. Továbbá az egész évet tekintve, a 2003. július 17-én mért 130,5 mm-es összeg a valaha mért legnagyobb napi csapadék Paks 30 km-es környezetében.

Napi maximális csapadékösszegek (1981-2010) [mm]			
	Érték	Év	Állomás
Január	49,0	1998.01.20	Bikács*
Február	41,3	1995.02.26	Hajós
Március	32,0	1989.03.21	Bikács
Április	53,0	2004.04.13	Bikács
Május	81,7	2010.05.16	Kölesd Borjád*
Június	83,0	1989.06.28	Bikács
Július	130,5	2003.07.17	Előszállás*
Augusztus	100,0	2005.08.04	Sióagárd
Szeptember	80,0	2010.09.10	Dunaföldvár
Október	52,8	1982.10.09	Dunapataj*
November	77,1	2009.11.10	Dunaföldvár*
December	45,0	1993.12.21	Szekszárd

** a csillaggal jelölt állomások csapadékösszege abszolút maximum az adott hónapban*

10.2.4-3. táblázat: A napi maximális csapadékösszegek [mm] havonta (1981-2010) Paks 30 km-es környezetében

Az 1981-2010 közötti, Pakson mért napi csapadékösszegek alapján, a Gumbel-féle statisztikai módszerrel kiszámítottuk a 2, 4, 5…, 100 000 évenként várható extrém csapadékértékeket (10.2.4-4. táblázat). Ezek alapján 50 mm-t meghaladó napi összegre átlagosan kevesebb, mint 5 évente számíthatunk, 75 mm-re kevesebb, mint 50 évente, míg 100 mm körüli értékre körülbelül 500 évente.

A napi csapadékösszeg visszatérési értékei Gumbel eloszlással	
Visszatérési periódus (év)	Napi csapadékösszeg [mm]
2	40,5
4	49,6
5	52,2
10	60,0
20	67,4
50	77,4
100	84,3
200	91,5
500	101,0
1 000	108,1
2 000	115,3
5 000	124,8
10 000	132,0
20 000	139,1
100 000	155,7

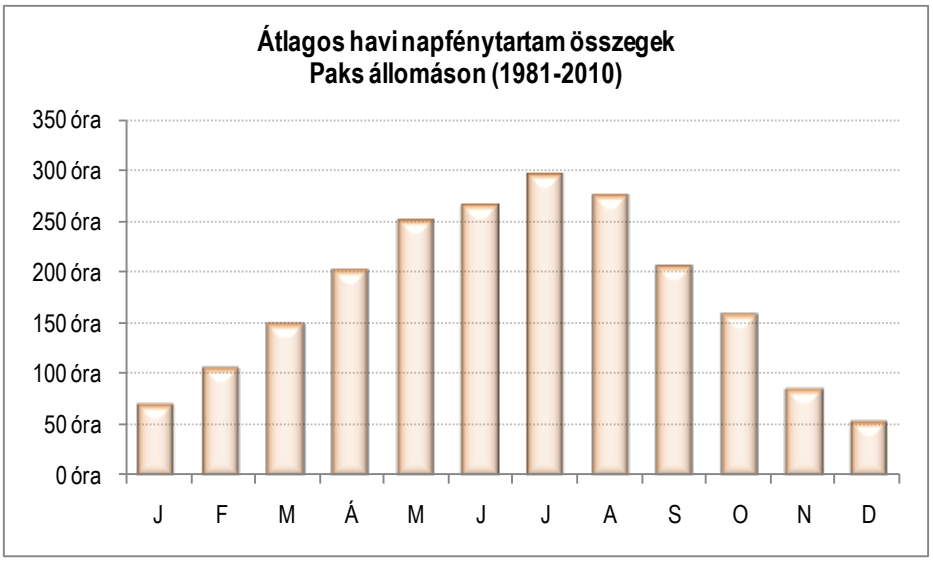
10.2.4-4. táblázat: A napi csapadékösszegek visszatérései értékei Gumbel eloszlással, Paks állomásra vonatkozóan (1981-2010-es adatok alapján)

10.2.5 NAPFÉNYTARTAM

Napfénytartamnak a napsütéses órák számát nevezzük, azon órák számát, amikor árnyékvetéssel süt a Nap, s a talajfelszínt közvetlen sugárzás éri. A napfénytartam órákban kifejezett értéke tehát a direkt napsugárzás időtartamát fejezi ki. A csillagászatilag lehetséges napfénytartam egy adott földrajzi szélességen a napkelte és a napnyugta közötti időtartam. Maximuma a nyári napforduló (június 21.), minimuma a téli napforduló (december 21.) időpontjára esik. A felhőzet általában napfénytartam-csökkenést okoz, de nem minden esetben határozza meg egyértelműen a tényleges napfénytartam alakulását. Teljesen derült időben mért napfénytartam értékek sík területen sem érik el a számított lehetséges napfénytartam értékét, mivel napkelte és napnyugta idején olyan ferdén esnek be a sugarak, hogy a földfelszín energiaháztartására gyakorolt hatásuk elenyésző, s a felszínre jutó direkt sugárzás nem vagy alig mérhető.

A tényleges napfénytartam átlagos évi összege a csillagászatilag lehetségesnek körülbelül a 45 %-a, tehát a felénél is kevesebb. Legrosszabb az arány decemberben, a napsütés ekkor a lehetségesnek mindössze 18-20 %-a, míg júliusban eléri a körülbelül 60 %-át.

A 10.2.5-1. ábra a havi napfénytartamok sokévi átlagát mutatja (1981-2010).



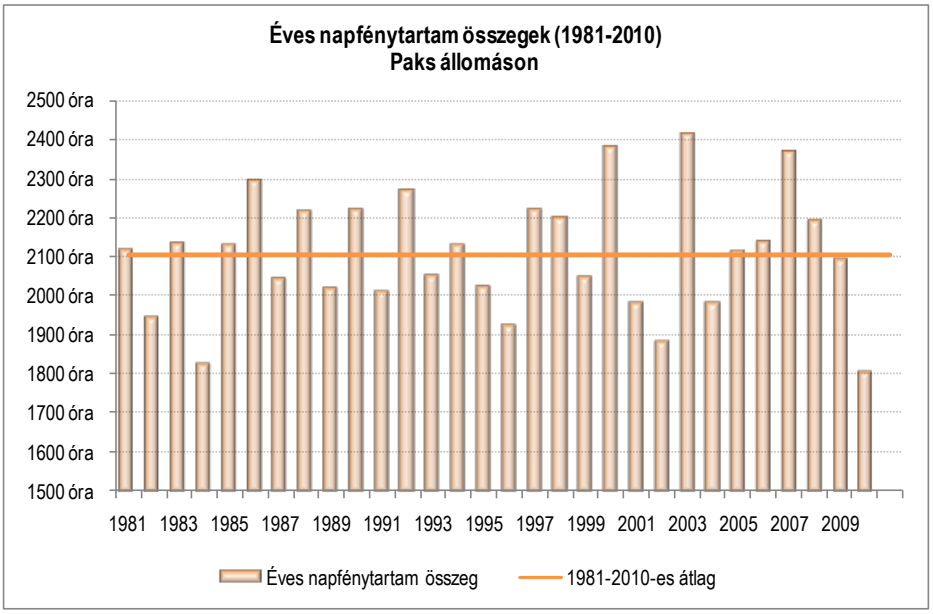
10.2.5-1. ábra: A havi napfénytartamok [óra] sokévi (1981-2010) átlagai Paks állomáson

Ez alapján elmondhatjuk, hogy Paks térségében a napfényben legszegényebb hónap a december, a nagy borultság és a rövid nappalok miatt; ekkor az átlagos havi napfénytartam mindössze 53 óra. Május-szeptember hónapok a

napsütésben leggazdagabbak, ekkor átlagosan 250 óra feletti havi értékek jelentkeztek, s ezek közül is a július hónap volt a legderültebb az elmúlt 30 év átlagában (közel 300 órával), utána következik az augusztus, majd a június. A nyári félév napfénytartama közel két és félszerese a téli félévének; egyrészt ekkor a csillagászatilag lehetséges érték is magasabb, másrészt a téli hónapokban a felhőzet napfénykorlátozó hatása nagyobb, mint nyáron.

Pakson a rendszeres mérések kezdete óta 2000 decemberében mérték a legkevesebb napfénytartam összeget, csupán 15 órát a hónapban. A szélsőségesen csapadékos 2005. augusztusban (190 óra) és 2010. májusban (172 óra) is igen kevés volt a napfény, 2003 májusában (304 óra) és 2000 júniusában (357 óra) viszont feltűnően magas értékeket mértünk.

A következő ábrán (10.2.5-2. ábra) az 1981-2010 közötti időszakban mért éves napfénytartam összegeket, valamint az 1981-2010-es átlagot láthatjuk. A legnagyobb éves értéket 2003-ban mértük Pakson (2412 óra), a legkisebbet pedig a rendkívül csapadékos 2010-es évben (1818 óra).

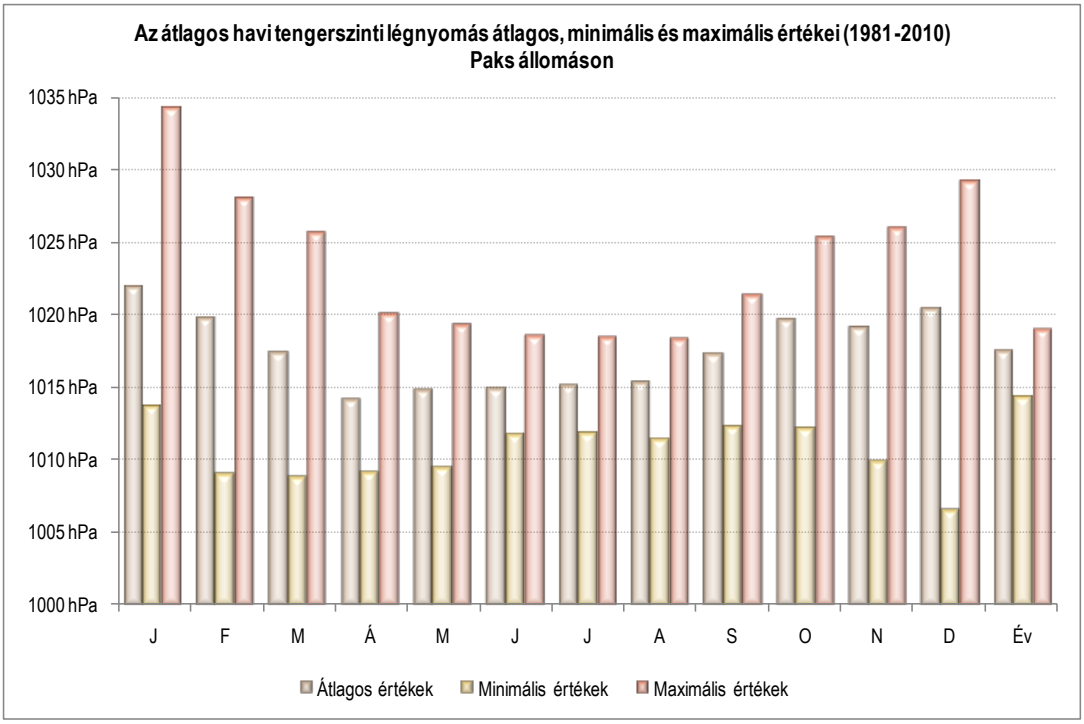


10.2.5-2. ábra: Éves napfénytartam összegek [óra], valamint az 1981-2010-es sokévi átlagérték Paks állomáson

10.2.6 TENGERSZINTI LÉGNYOMÁS

A levegő tömege a nehézségi erő hatására nyomóerőt gyakorol a testekre, ennek felületegységre ható értéke a nyomás. A légnyomás az egységnyi alapterületű légoszlop nyomása, a meteorológiában használt mértékegysége a hektopascal (hPa) – régebben a millibar (mb) és a higanymilliméter (Hgmm) mértékegységeket alkalmazták; alapegysége a tenger szintjében az 1 atmoszféra (atm), amely 1013,25 hPa / 1013,25 mb, illetve 760 Hgmm. A tengerszint fölé emelkedve a légnyomás a növekvő magassággal exponenciálisan csökken. A légnyomás-mező változásának figyelemmel kíséréséhez éppen ezért a tengerszintre átszámított légnyomás értékeket alkalmazzuk, mert a tényleges légnyomás adataiban elsősorban a megfigyelő helyek eltérő magassága rajzolódna ki. A tengerszintre átszámított érték tulajdonképpen fiktív érték, amely megadja, hogy mekkora lenne a légnyomás az észlelési pont alatt a tenger szintjében, ha a közbeeső teret levegő töltené ki.

Paks térségében az évi átlagos tengerszinti légnyomás 1017,5 hPa, az éven belüli menete (10.2.6-1. ábra) az országos menethez hasonló, a legmagasabb értékek általában januárban (1021,9 hPa), a legalacsonyabbak áprilisban fordulnak elő (1014,1 hPa).



10.2.6-1. ábra: A havi átlagos tengerszinti légnyomás [hPa] sokévi átlaga, minimuma és maximuma (1981-2010) Paks állomáson

A nyári félév átlagos légnyomása alacsonyabb, mint a téli félév esetében. 1981 óta a maximális havi átlagértéket 1989 januárjában mérték (1034,3 hPa), a minimálisat pedig 1981 decemberében (1006,5 hPa). A legkisebb évi átlagot a ciklonokkal bővelkedő 2010-es évben észleltük (1014,3 hPa), a legnagyobbat pedig 1989-ben (1019 hPa).

Az időszak legkisebb és legnagyobb légnyomás értékeit is megadtuk havonta, Paks állomásra táblázatos formában (10.2.6-1. táblázat). Az abszolút minimumot – meglepő módon nem a nyári félévben, hanem – 1989 februárjában észleltük (977,1 hPa), az abszolút maximumot pedig 1993 januárjában (1045,9 hPa). Ezekből az adatokból arra következtethetünk, hogy a téli hónapok változékonyabbak a légnyomás szempontjából, míg a nyáriak valamennyivel kiegyenlítettebbek.

Tengerszinti légnyomás (1981-2010) [hPa]				
	Legalacsonyabb	Év	Legmagasabb	Év
Január	990,8	1988	1045,9	1993
Február	977,1	1989	1043,3	2008
Március	989,3	2007	1041,8	1990
Április	993,2	2000	1033,8	1997
Május	993,4	1995	1029,1	1995
Június	1001,5	1991	1028,2	2000
Július	1001,1	2003	1026,3	1985
Augusztus	1002	2002	1025,5	1981
Szeptember	994,4	1998	1032,8	1986
Október	995,9	1990	1039,4	1997
November	988,7	2010	1038,9	1999
December	987,2	1999	1043,1	2008

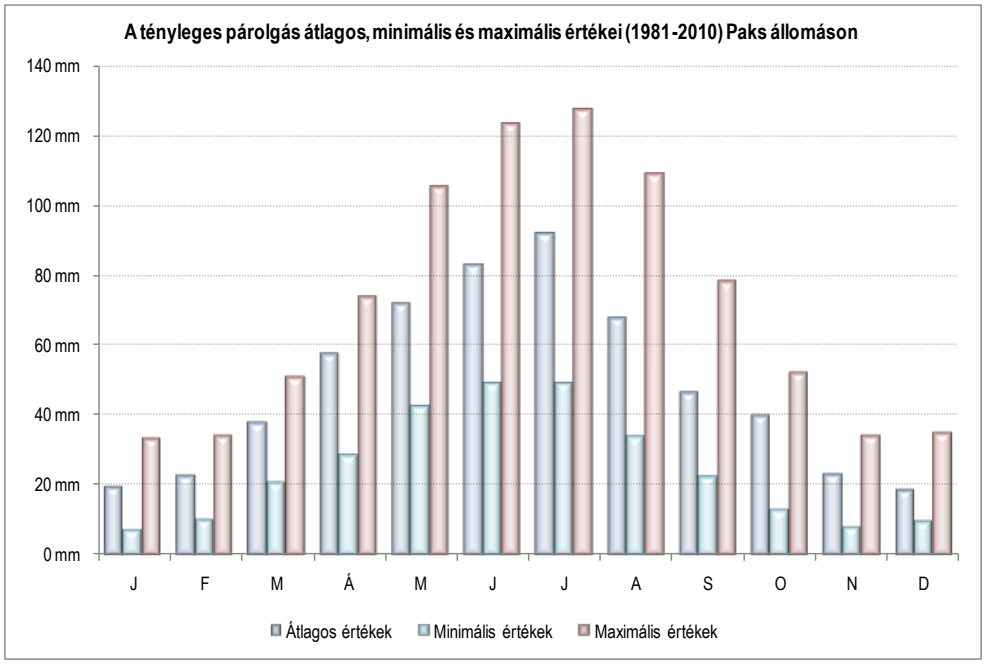
10.2.6-1. táblázat: A tengerszinti légnyomás legalacsonyabb és legmagasabb értékei [hPa] havonta (1981-2010) Paks állomáson

10.2.7 PÁROLGÁS

A párolgás a földi vízháztartási mérleg legjelentősebb kiadási tagja. Mértékegysége a milliméter, mely kifejezi az egy négyzetméter felületről elpárolgó vízoszlop magasságát.

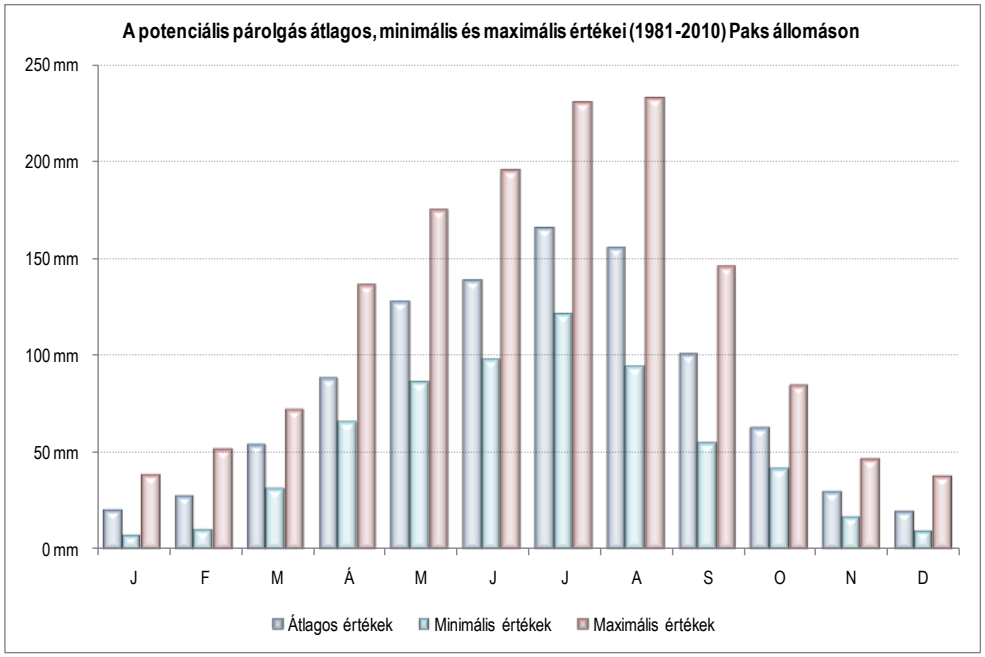
A tényleges párolgás a földfelszínről valóban elpárolgó vízmennyiséget jelenti. Mérése és számítása – komplexitása miatt – nehéz. Tanulmányunkban számított értékeket mutatunk be. Mennyisége függ attól, hogy mennyi víz áll

rendelkezésre a talajban, azaz a felszíni vízmérlegtől, valamint attól is, hogy mennyi energia áll rendelkezésre a párolgáshoz, azaz a hőmérséklettől, illetve a talajborítottságtól. Paks környékén a tényleges párolgás a november-február időszakban a legkisebb (hideg és kevésbé csapadékos időszak), és május-augusztus időszakban a legnagyobb (meleg, csapadékosabb időszak) (10.2.7-1. ábra).



10.2.7-1. ábra: A tényleges párolgás átlagos, minimális és maximális értékei [mm] havonta (1981-2010) Paks állomáson

A potenciális (lehetséges) párolgás egy adott terület éghajlatának az egyik jellemző mennyisége, a légtér - a párafelvevő rendszer - által maximálisan felvehető páramennyiséget adja meg (ekkor korlátlan vízmennyiséget feltételezünk). A tényleges párolgás mértéke sohasem nagyobb, mint a potenciális párolgásé. A vízfelületek – valamint a teljesen telített talaj – párolgása esetén a tényleges párolgás megegyezik a potenciálissal. Paks esetében télen a legkisebb a potenciális párolgás, ekkor majdnem megegyezik a tényleges párolgással, tavasztól őszig – főként nyáron (amikor a legnagyobb a potenciális párolgás mértéke) – viszont jóval meghaladja azt (10.2.7-2. ábra), mivel ekkor nem áll rendelkezésre megfelelő mennyiségű elpárologtatható víz.



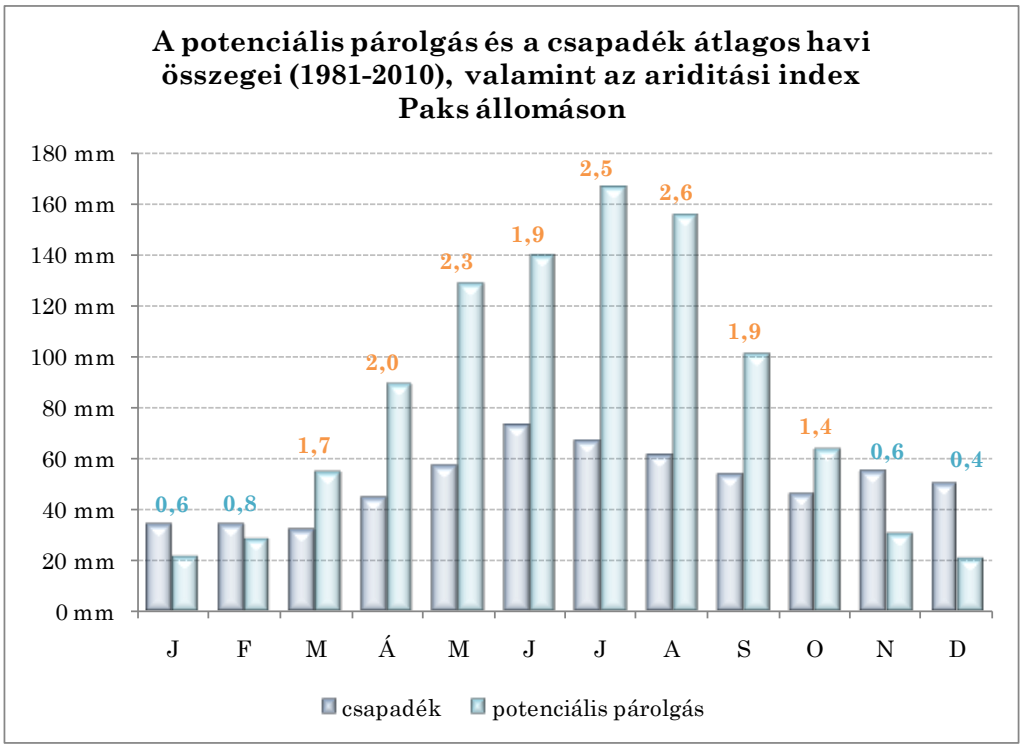
10.2.7-2. ábra: A potenciális párolgás átlagos, minimális és maximális értékei [mm] havonta (1981-2010) Paks állomáson

A potenciális párolgás és a csapadék viszonya

Érdemes a potenciális párolgás és lehullott csapadék viszonyát is vizsgálni, mely tulajdonképpen a hő- és vízháztartás kapcsolatát is leírja. E két meteorológiai elem aránya a vízellátottság értékét mutatja meg, melyet ariditási indexnek (H) nevezünk: H = potenciális párolgás / csapadék.

Az 1981-2010-es átlagos éves összegek alapján számolt ariditási index Paks állomásra vonatkozóan 1,7. Ez azt jelenti, hogy Paks térsége csapadékellátottság szempontjából száraz területnek minősül.

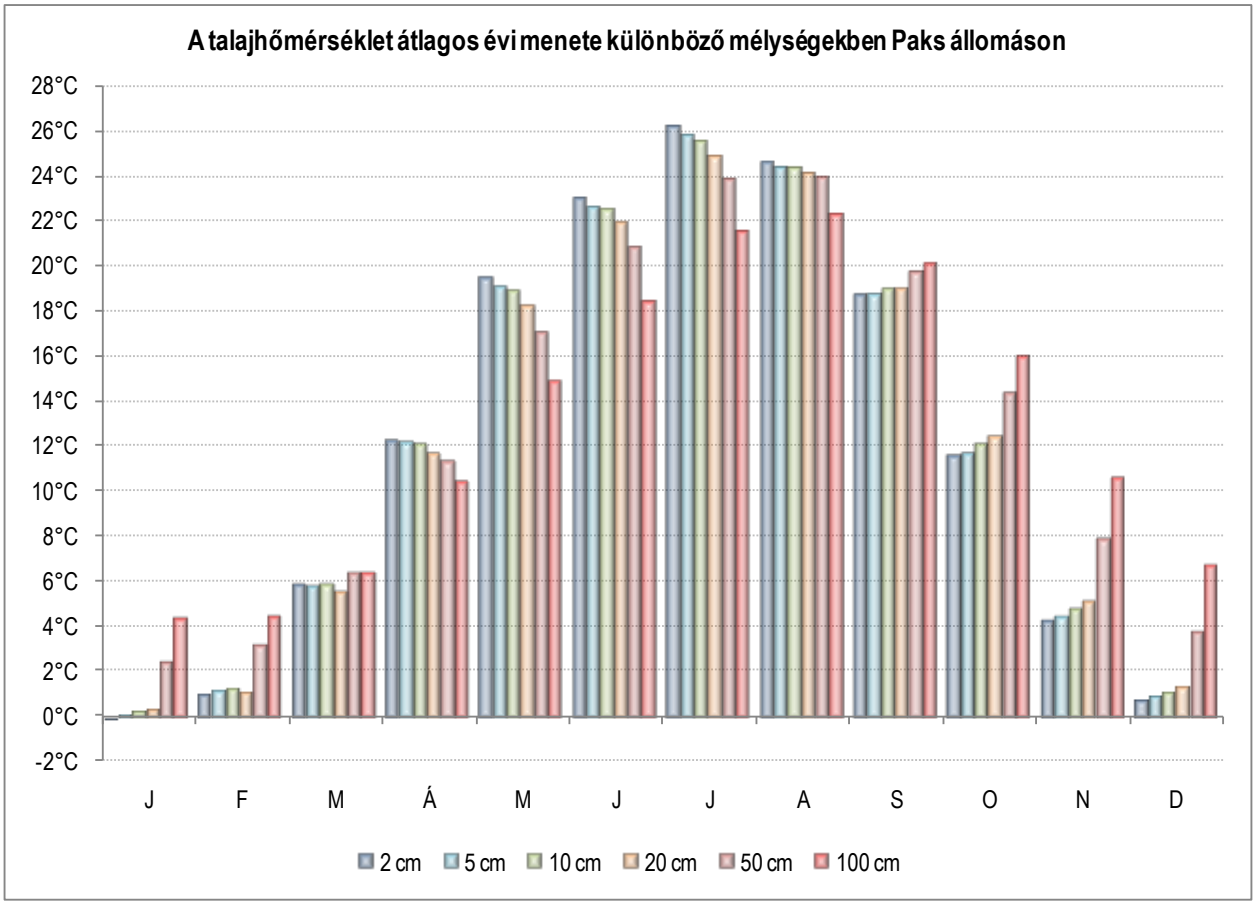
A sokéves havi értékeket vizsgálva (10.2.7-3. ábra) láthatjuk, hogy az éven belül a november-február közötti időszakban általában a csapadékösszeg meghaladja a potenciális párolgás értékét, vagyis ebben az időszakban az ariditási index 1-nél kisebb, nedves viszonyokat ír le. Ezzel szemben a március-október közötti időszakban a nagyobb sugárzási energia több víz elpárolgását biztosítja (potenciális párolgás > csapadék), az ariditási index 1-nél nagyobb, akár a 2-t is meghaladja, vagyis ezekben a hónapokban vízellátottság szempontjából száraz viszonyok jellemzőek a sokéves átlag alapján.



10.2.7-3. ábra: A potenciális párolgás és a csapadék átlagos összegei [mm] havonta (1981-2010), valamint az ezekből számolt ariditási index Paks állomáson

10.2.8 TALAJHŐMÉRSÉKLET

A talaj felszínének a hőmérséklete közvetlenül követi a Nap járását, és így a talaj felső rétegének felmelegedése és lehűlése naponként és évenként párhuzamban változik a levegő hőmérsékletével. A növekvő mélységgel azonban a Nap hatása mindinkább gyengül, úgy a napi, mint az évszakos ingadozás csökken, és bizonyos mélységben a hőmérséklet már állandó. Egy méter mélységben az átlagos hőmérséklet közel egyenlő a levegő hőmérsékletével, csakhogy az utóbbihoz képest az évi menetben körülbelül egy hónap a késés, vagyis annyi idő kell, hogy a melegedés egy méter vastag földrétegen áthatoljon. A következő ábrán a 2, 5, 10, 20, 50, 100 cm-es mélységek havi átlagos hőmérsékleteinek sokévi átlagát láthatjuk Paks állomásra vonatkozóan (10.2.8-1. ábra).



10.2.8-1. ábra: A talajhőmérséklet [°C] átlagos évi menete (1986-1995) különböző mélységekben Paks állomáson

10.2.9 SZÉLVISZONYOK

Vízszintes síkban a légnyomás eloszlása alapvetően egyenetlen. Mivel a légkör egyensúlyi állapotra törekszik, olyan helyzetet kíván felvenni, hogy abban egyenlő nyomás uralkodjon. A légkörben ezért olyan erők ébrednek, amelyek a légnyomáskülönbség kiegyenlítésére törekednek. Az erők a légtömegek vízszintes átrendeződését eredményezik, amit mi szélként érzékelünk. A szél nagyságának kifejezésére használatos mértékegység a meteorológiában a m/s.

Paks állomáson 1997 óta a talaj felett 9,8 m magasságban elhelyezett, automatikus, VAISALA WAA típusú szélmérő műszerrel mérjük a szelet. Az azóta eltelt időszakot elegendően hosszúnak találtuk az éghajlati vizsgálatok elvégzéséhez, így a régebbi, más módszerrel (mechanikus) mért széladatokat nem, csak ezeket (1997-2010) a méréseket vettük figyelembe a vizsgálatunk során.

A szennyezőanyagok terjedésének irányát elsősorban az uralkodó szélirány befolyásolja, és a szélsebesség nagyságától függ, hogy a kibocsátott anyag a forrástól milyen távolságra jut.

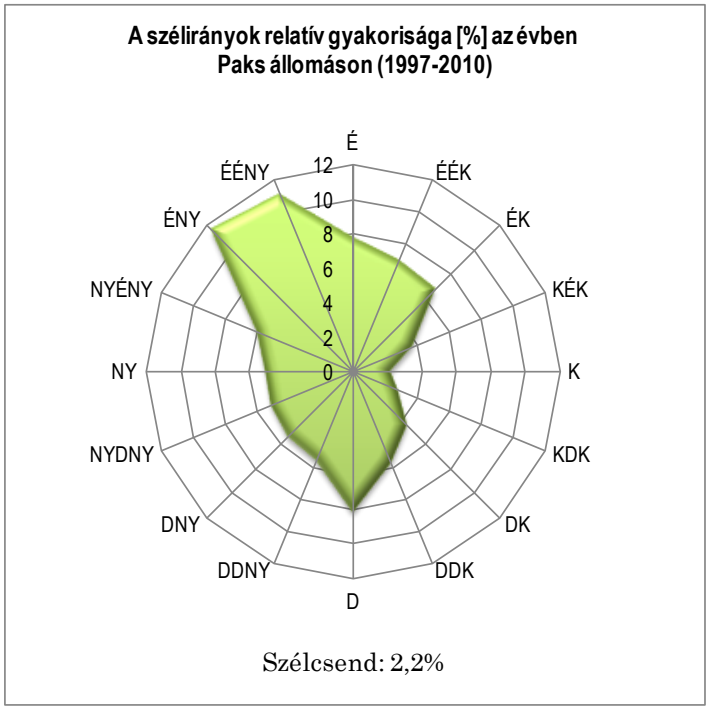
10.2.9.1 Szélirány

A szélirány az az irány, amerről a szél fúj. Azt a szélirányt, amelynek gyakorisága a legnagyobb, uralkodó széliránynak nevezzük.

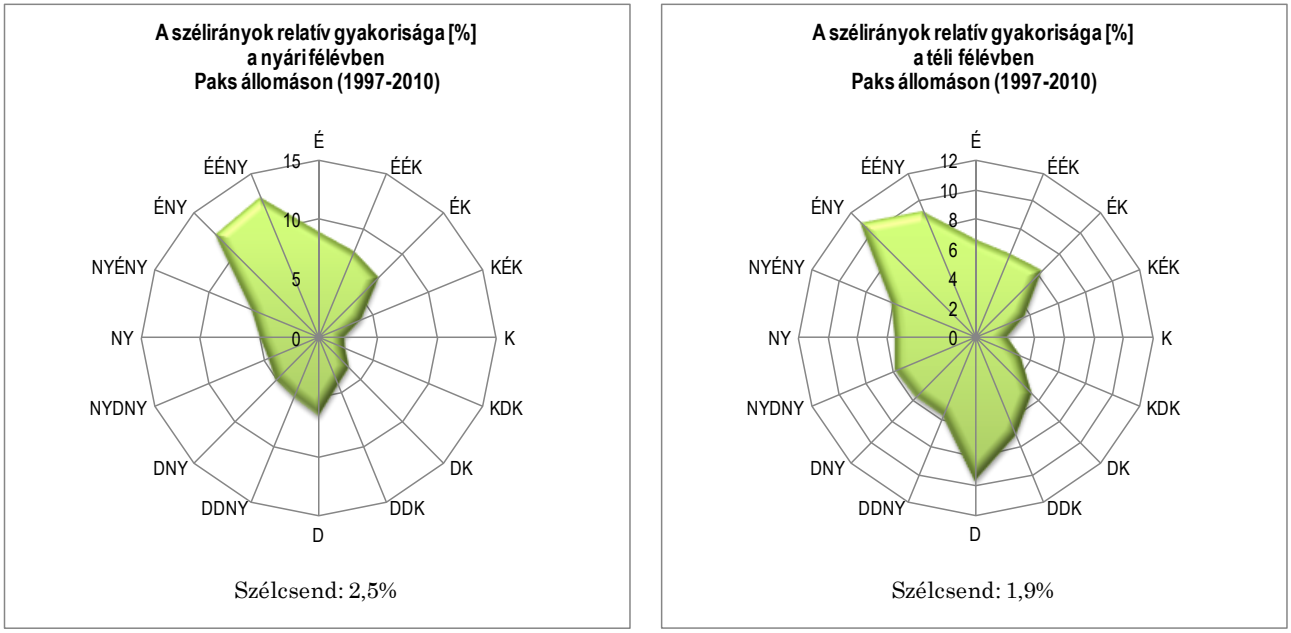
Jelen feldolgozásunkban 16 szélirányra készítettük vizsgálatainkat.

Először a szélirányok relatív gyakoriságát elemeztük éves szinten (10.2.9-1. ábra)., valamint a nyári és téli félévre vonatkozóan (10.2.9-2. ábra).

Láthatjuk, hogy Paks térségében éves viszonylatban az északnyugati (11,6 %), valamint az észak-északnyugati áramlás (11 %) a leggyakoribb, másodmaximumként pedig a déli irány jelenik meg (8,1%).

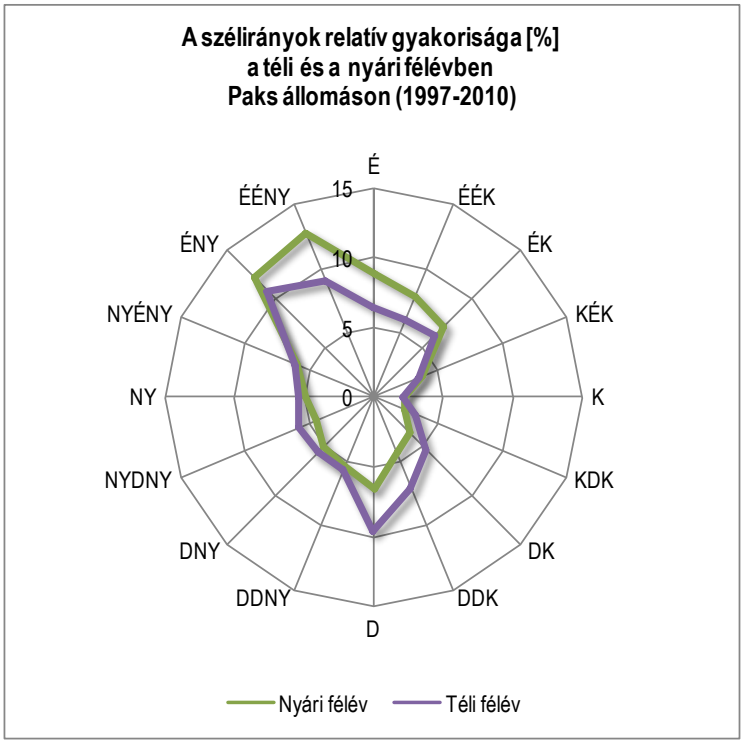


10.2.9-1. ábra: Szélirányok relatív gyakorisága éves szinten [%] Paks állomás 1997-2010 közötti mérései alapján



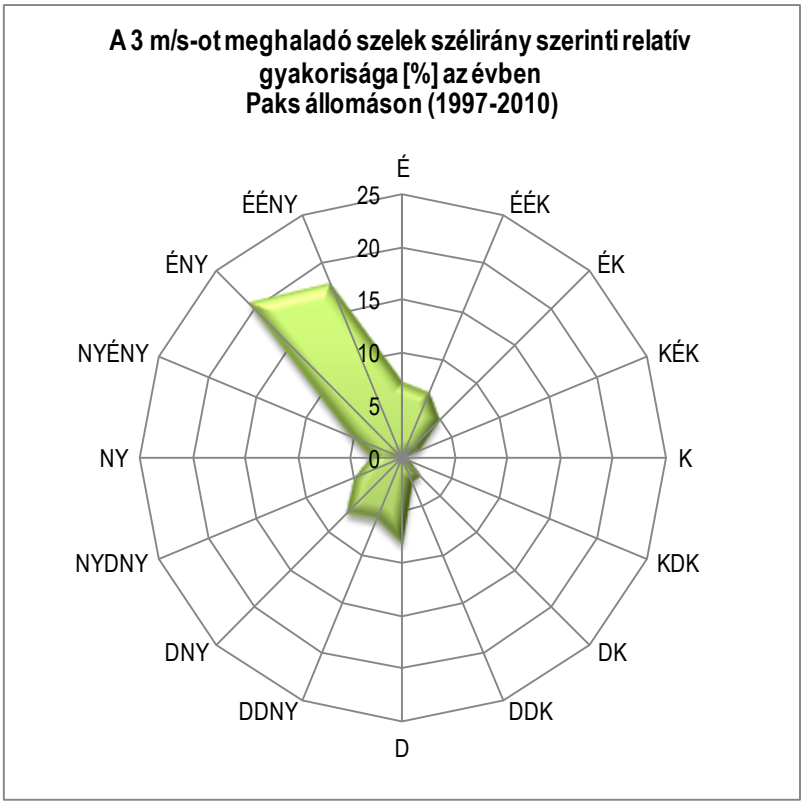
10.2.9-2. ábra: Szélirányok relatív gyakorisága a nyári és a téli félévben [%] Paks állomás 1997-2010 közötti mérései alapján

A nyári félévben az észak-északnyugati dominál (12,7 %), utána következik az északnyugati irány (12,2 %), majd az északi (8,9 %), s a déli irány így visszaszorul a negyedik helyre (6,7 %). A téli félévben az uralkodó szélirány az északnyugati (10,8 %), a második helyre itt viszont előrelép a déli irány (9,6 %), s a harmadik az észak-északnyugati (9,1%). (10.2.9-3. ábra)

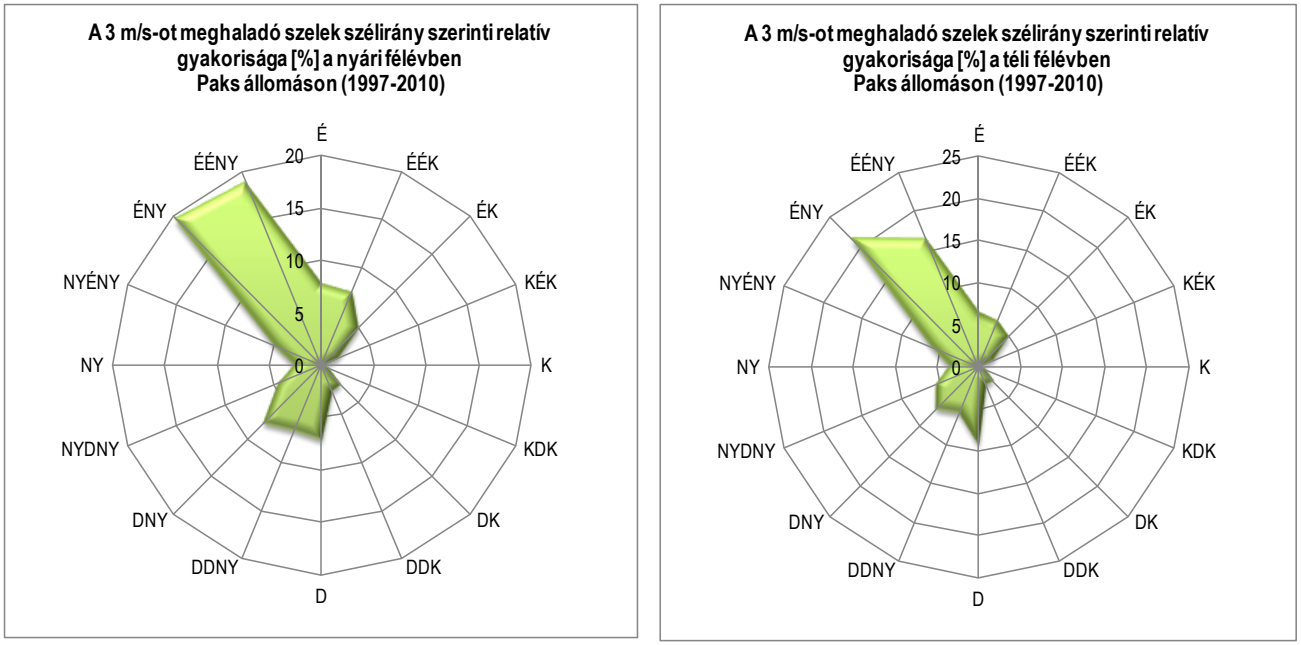


10.2.9-3. ábra: Szélirányok relatív gyakorisága a nyári-téli félévben [%] Paks állomás 1997-2010 közötti mérései alapján

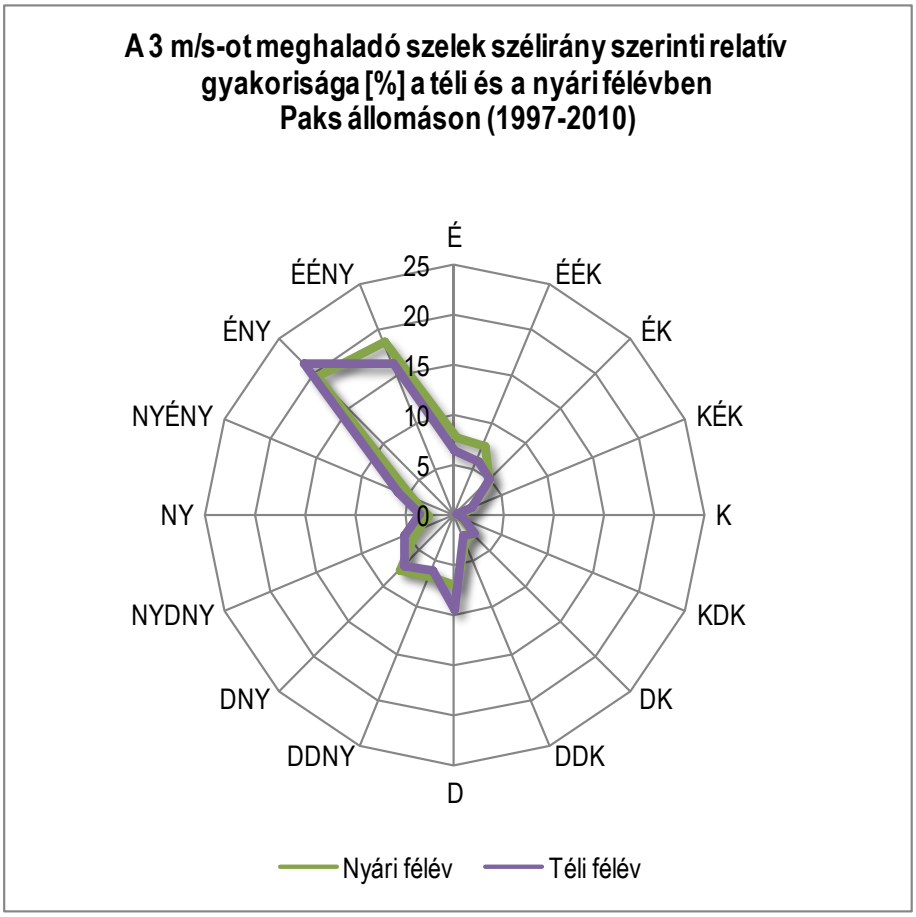
Erősebb légmozgás esetére (amikor az átlagos szélsebesség meghaladja a 3 m/s-ot) is megvizsgáltuk a szélirányok relatív gyakoriságát. Ekkor főként északnyugat, észak-északnyugat felől fújnak a szelek (10.2.9-4. ábra – 10.2.9-6. ábra).



10.2.9-4. ábra: A 3 m/s-ot meghaladó szelek szélirány szerinti relatív gyakorisága éves szinten [%] Paks állomáson (1997-2010)



10.2.9-5. ábra: A 3 m/s-ot meghaladó szelek szélirány szerinti relatív gyakorisága a nyári és a téli félévben [%] Paks állomáson (1997-2010)

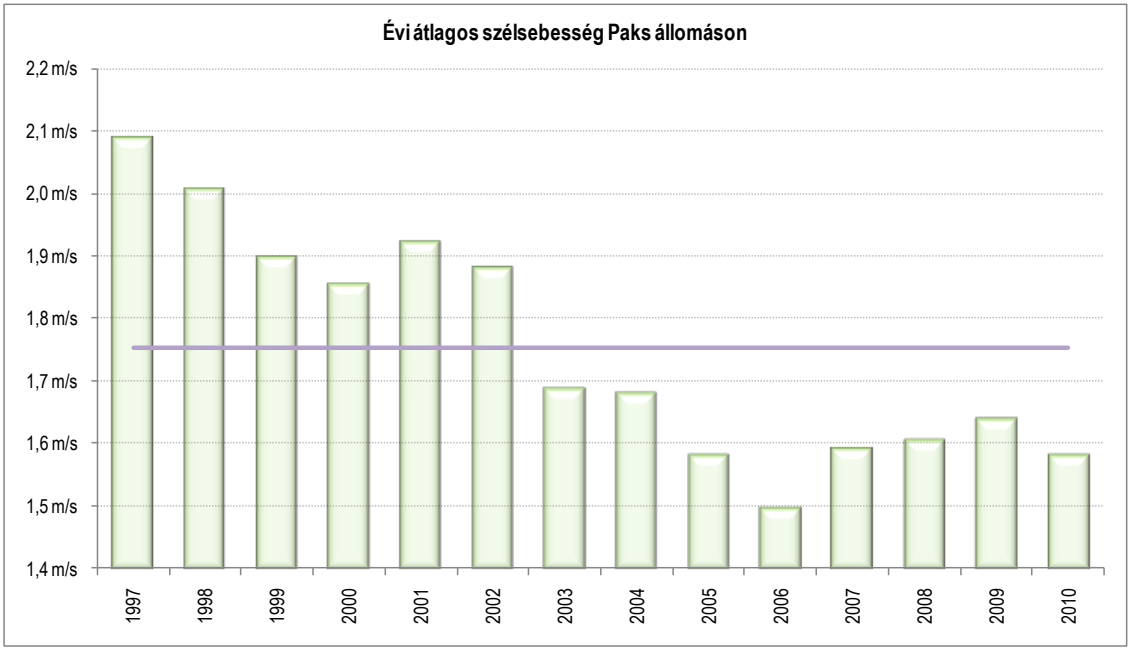


10.2.9-6. ábra: A 3 m/s-ot meghaladó szelek szélirány szerinti relatív gyakorisága a nyári-téli félévben [%] Paks állomáson (1997-2010)

10.2.9.2 Széllsebesség

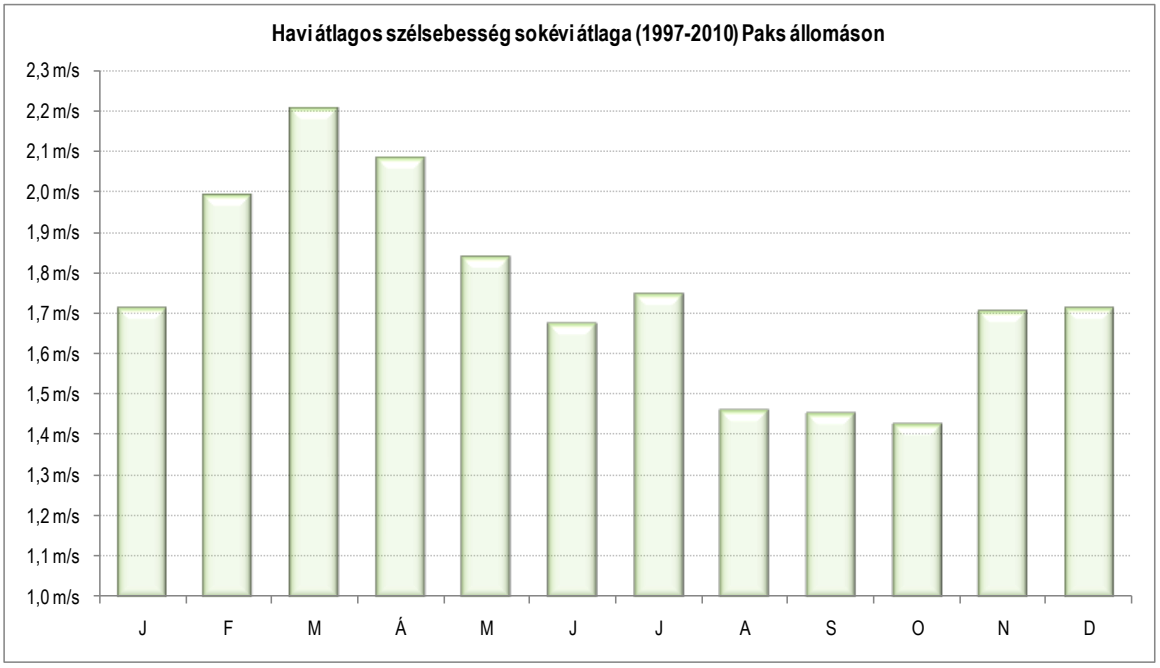
10.2.9.2.1 Átlagos szélsebességek

Paks állomás évi átlagos szélsebességeit láthatjuk a 10.2.9-7. ábra diagramján 1997-től kezdődően. Míg az időszak elején 1,9-2 m/s körüli értékeket figyelhettünk meg, addig az elmúlt években 1,6-1,7 m/s közötti átlagokat észlelhettünk, tehát egy csökkenő trend jellemzi az évi átlagos szélsebességet az 1997-2010-es időszakban. A szélsebesség csökkenésének oka valószínűleg az éghajlat természetes változékonysága. Megfigyelhető a bajai, valamint részben a teveli és soltvadkerti idősorban is.



10.2.9-7. ábra: Az évi átlagos szélsebességek [m/s] 1997-2010 között, valamint a sokévi átlag (1997-2010) Paks állomáson

Az átlagos éves menetet tekintve, a szélsebesség legmagasabb értékei március-áprilisban figyelhetők meg, a legalacsonyabbak pedig az augusztus-október időszakban (10.2.9-8. ábra).



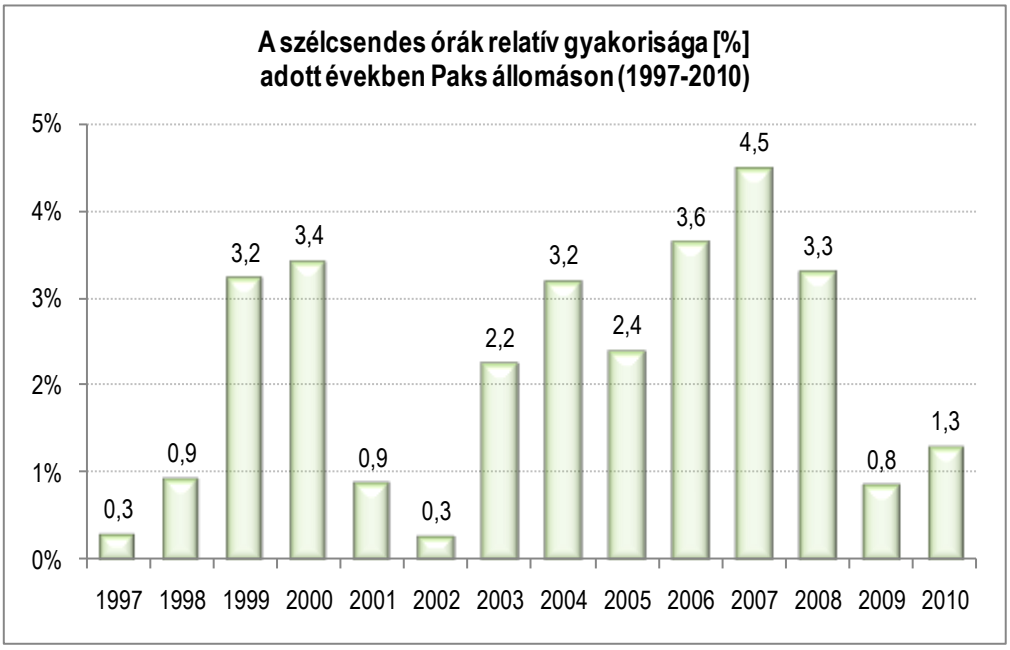
10.2.9-8. ábra: Havi átlagos szélsebességek [m/s] sokévi átlaga (1997-2010) Paks állomáson

A következő táblázat (10.2.9-1. táblázat) a havi átlagos szélsebességeket tartalmazza az 1997-2010-es évekre. Az időszakban a legkisebb havi érték 1,1 m/s volt, ekkora átlagos szelet mértek 2006 szeptemberében, valamint 2004, 2005 és 2006 októberében. A legszelesebb hónap 1997 áprilisa volt, ekkor 3,1 m/s-nak adódott a havi átlagos szélsebesség.

Havi átlagos szélsebességek [m/s]														
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Január	1,6	1,9	1,7	2,1	1,9	1,8	1,6	1,9	2,0	1,4	2,0	1,4	1,3	1,4
Február	2,2	2,2	2,4	2,1	2,4	2,1	1,5	2,3	1,7	1,6	1,8	1,7	2,2	1,7
Március	2,3	2,7	2,2	2,5	2,3	2,2	1,8	2,0	1,9	2,2	1,9	2,2	2,5	2,2
Április	3,1	2,5	2,1	2,2	2,3	2,2	2,5	1,8	2,0	1,9	1,5	2,0	1,5	1,6
Május	2,6	1,9	1,9	1,6	2,1	1,9	1,8	1,9	1,7	1,6	1,6	1,6	1,6	2,0
Június	1,8	1,9	1,8	1,8	2,2	1,8	1,5	1,4	1,7	1,4	1,4	1,4	1,7	1,7
Július	2,2	2,0	1,9	2,3	1,8	1,9	1,8	1,6	1,4	1,2	1,7	1,7	1,6	1,4
Augusztus	1,8	1,7	1,2	1,5	1,4	1,7	1,4	1,5	1,3	1,5	1,5	1,4	1,4	1,2
Szeptember	1,6	1,9	1,3	1,5	1,8	1,7	1,5	1,2	1,2	1,1	1,5	1,5	1,3	1,3
Október	1,8	1,7	1,8	1,5	1,2	1,9	1,7	1,1	1,1	1,2	1,2	1,1	1,5	1,2
November	1,9	1,9	2,2	1,7	2,1	1,7	1,4	2,1	1,2	1,7	1,7	1,4	1,5	1,4
December	2,2	1,8	2,3	1,5	1,6	1,7	1,8	1,4	1,8	1,2	1,3	1,9	1,6	1,9

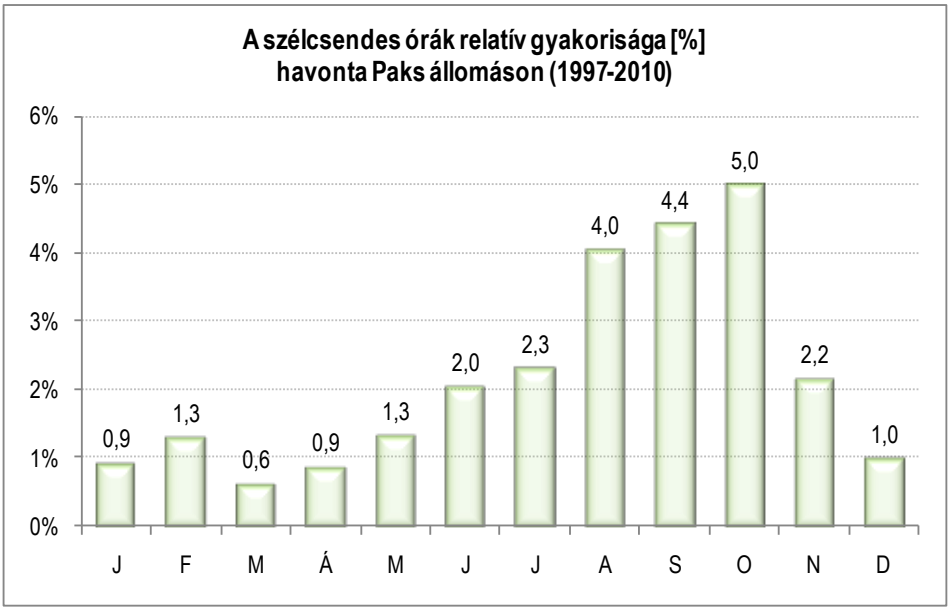
10.2.9-1. táblázat: Havi átlagos szélsebességek [m/s] 1997-2010 közötti időszakban, Paks állomáson

Szélcsend átlagosan az év 2,2 %-ában fordul elő, de az évek közötti ingadozás igen nagy, 1997-ben és 2002-ben például csak 0,3 %-nak adódott, 2007-ben viszont 4,5 % volt (10.2.9-9. ábra).



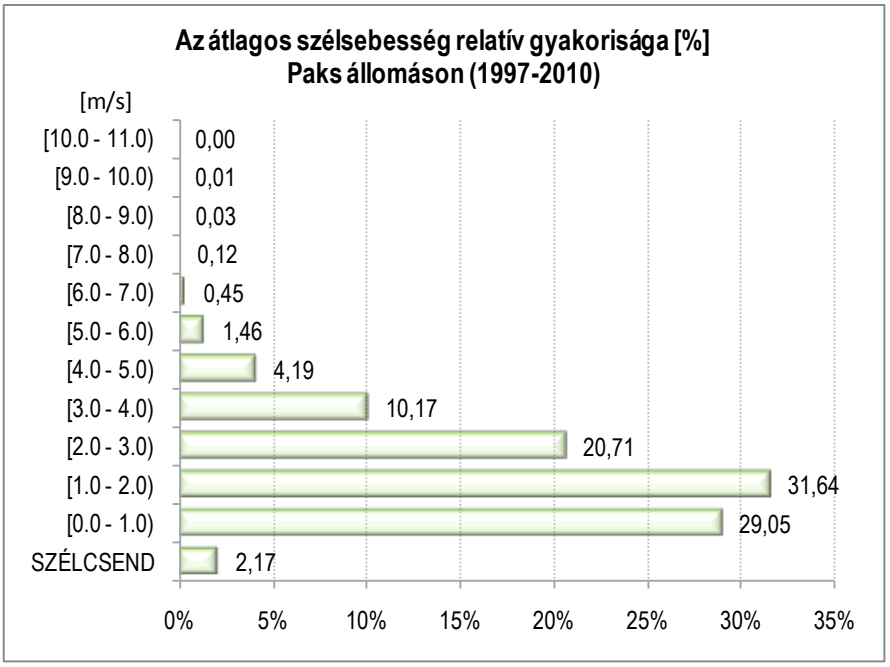
10.2.9-9. ábra: Szélcsendes órák relatív gyakorisága [%] évente (1997-2010) Paks állomáson

A szélcsendes órák havi eloszlását tekintve elmondhatjuk (10.2.9-10. ábra), hogy szélcsendes időre legnagyobb valószínűséggel nyár végén - ősz elején lehet számítani (augusztus-október), a legritkábban pedig kora tavasszal (március-április).



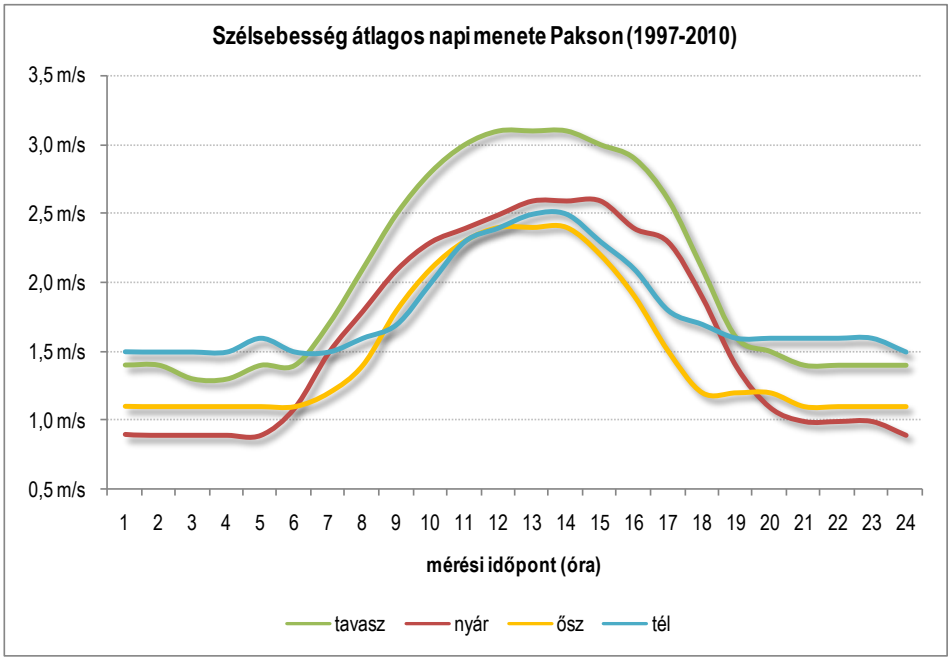
10.2.9-10. ábra: Szélcsendes órák relatív gyakoriságának [%] sokévi átlaga havonta, Paks állomáson

Az átlagszél sebesség szerinti relatív gyakoriságát is vizsgáltuk (10.2.9-11. ábra), mely alapján elmondhatjuk, hogy leggyakrabban 1,1-2 m/s közötti szelek fújnak, utána következik a 0,1-1 m/s-os tartomány, majd pedig a 2,1-3 m/s-os. Az 5,1-6 m/s közötti szélsebességek már kisebb százalékban fordulnak elő, 6 m/s felettiek pedig igen ritkán.



10.2.9-11. ábra: Az átlagos szélsebesség relatív gyakorisága [%] Paks állomáson (1997-2010)

A 10.2.9-12. ábra a szélsebesség átlagos napi menetét mutatja be évszakonkénti bontásban. Láthatjuk, hogy a szélsebesség nagyobb a nappali órákban, mint az éjszakai, illetve az esti és reggeli órákban. A legmagasabb sebességek általában 13-14 óra között fordulnak elő, a legalacsonyabb értékekre pedig 0-5 óra között lehet számítani. A szélsebességek napi ingása általában a tavaszi évszakban a legnagyobb (1,8 m/s), és télen a legkisebb (1 m/s).



10.2.9-12. ábra: A szélsebesség [m/s] átlagos napi menete (1997-2010) Paks állomáson

10.2.9.3 Maximális széllökések

A szélmegfigyelések az átlagos szélsebesség mellett kiterjednek a széllökések erősségének megállapítására is. Az alábbi táblázatban bemutatjuk a maximális széllökések alakulását az 1997-2010 közötti években, havi bontásban (10.2.9-2. táblázat). Az időszakban a legerősebb széllökést, 24,8 m/s-ot, 2004. november 19-én regisztrálták. Ez azonban nem döntötte meg az eddig mért abszolút maximumot: 31,6 m/s (1985. február 3.). A 2009. októberi (21,2 m/s), valamint a 2004. novemberi maximális széllökések (24,8 m/s) azonban meghaladták az 1997 előtti időszak legnagyobb októberi, valamint novemberi értékeit.

Havi maximális széllökések [m/s]														
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Január	13,6	13,5	16,5	20,1	15,3	16,8	13,3	14,9	15,1	17,6	21,6	19,7	10,1	17,2
Február	19,5	23,7	14,9	17,4	18,2	15,4	15,3	17,7	12,1	13,9	19,5	14,8	16,3	18,1
Március	18,5	21,6	13,5	20,1	16,0	19,8	17,7	15,6	15,4	17,7	16,2	18,8	20,1	15,4
Április	22,5	19,2	14,4	18,4	19,2	14,0	20,5	15,8	14,0	16,5	15,5	18,0	17,0	14,5
Május	17,6	16,0	15,3	17,6	18,8	15,5	14,9	15,1	17,6	15,0	19,5	13,0	14,4	21,9
Június	18,3	17,7	19,1	14,5	18,0	17,1	14,2	18,5	14,4	19,3	17,3	17,2	17,3	16,4
Július	19,4	16,3	13,4	18,6	13,1	14,6	17,9	13,8	12,1	18,0	17,0	14,4	15,6	13,5
Augusztus	24,0	13,3	15,9	14,9	14,2	15,1	21,0	13,4	14,7	15,7	16,9	18,7	13,6	18,6
Szeptember	19,2	13,1	12,0	15,5	16,1	11,5	14,1	15,2	12,7	11,4	14,0	20,1	15,4	16,5
Október	16,7	15,7	12,2	11,6	9,8	20,4	19,8	12,0	11,2	19,4	14,9	13,0	21,2	14,4
November	14,7	13,8	11,8	12,2	16,5	14,9	11,3	24,8	13,1	16,1	15,7	14,9	11,9	13,0
December	15,9	14,5	13,3	10,8	13,0	12,8	19,3	14,2	14,6	10,7	13,6	18,3	12,4	18,7

10.2.9-2. táblázat: A maximális széllökések havonta (1997-2010) Paks állomáson

10.2.9.3.1 Maximális szélsebességek relatív gyakoriságai

A 10.2.9-3. táblázatban a maximális széllökések szélsebesség és szélirány szerinti relatív gyakoriságát láthatjuk éves viszonylatban. Az irány szerinti gyakoriságot tekintve, a maximális széllökések iránya legtöbbször északnyugati, ezután következnek a déli, majd az észak-északnyugati irányok. A sebességet tekintve, a 2-4 m/s közötti széllökések fordulnak elő a legtöbbször, de az 1-2 m/s, illetve a 4-6 m/s közöttiek is gyakoriak. 12 m/s feletti sebességek már kisebb arányban fordulnak elő az évben, 17 m/s-ot meghaladók pedig csak ritkán.

A maximális szélsebesség szélirány szerinti relatív gyakorisága (%)																		
v (m/s)	**Szélcsend**	**É**	**ÉÉK**	**ÉK**	**KÉK**	**K**	**KDK**	**DK**	**DDK**	**D**	**DDNY**	**DNY**	**NYDNY**	**NY**	**NYÉNY**	**ÉNY**	**ÉÉNY**	**Összesen**
[0,0 - 0,1)																		0,769
[0,1 - 1,0)		0,179	0,303	0,211	0,033	0,044	0,042	0,252	0,192	0,273	0,158	0,461	0,195	0,267	0,338	0,612	0,185	3,745
[1,0 - 2,0)		0,675	1,279	0,784	0,111	0,236	0,303	1,367	1,029	1,312	0,637	1,242	0,644	0,964	0,821	1,787	1,196	14,385
[2,0 - 3,0)		0,626	1,101	1,328	0,383	0,684	0,684	1,743	1,251	2,123	0,855	1,166	0,756	1,163	0,748	1,576	1,242	17,428
[3,0 - 4,0)		0,478	1,152	1,560	0,529	0,879	0,649	1,291	1,010	2,241	0,869	1,196	0,624	0,971	0,751	1,280	0,937	16,419
[4,0 - 5,0)		0,385	0,860	1,344	0,524	0,811	0,494	0,927	0,748	1,518	0,647	0,969	0,489	0,739	0,594	1,214	0,783	13,045
[5,0 - 6,0)		0,401	0,674	1,048	0,436	0,491	0,218	0,654	0,447	1,092	0,535	0,689	0,394	0,667	0,543	1,201	0,823	10,314
[6,0 - 7,0)		0,290	0,477	0,638	0,225	0,204	0,135	0,366	0,259	0,723	0,369	0,482	0,259	0,433	0,392	1,150	0,704	7,106
[7,0 - 8,0)		0,253	0,301	0,371	0,128	0,106	0,072	0,220	0,172	0,405	0,241	0,362	0,171	0,327	0,320	0,922	0,784	5,155
[8,0 - 9,0)		0,192	0,195	0,193	0,074	0,060	0,032	0,160	0,051	0,229	0,132	0,250	0,118	0,222	0,237	0,818	0,631	3,593
[9,0 - 10,0)		0,100	0,125	0,109	0,033	0,012	0,011	0,072	0,040	0,109	0,077	0,178	0,083	0,134	0,190	0,688	0,551	2,512
[10,0 - 11,0)		0,079	0,074	0,095	0,014	0,007	0,007	0,044	0,018	0,028	0,035	0,130	0,058	0,088	0,148	0,538	0,440	1,803
[11,0 - 12,0)		0,051	0,030	0,040	0,007	0,007	0,011	0,019	0,009	0,004	0,011	0,086	0,047	0,060	0,086	0,470	0,376	1,314
[12,0 - 13,0)		0,042	0,021	0,018	0,002	0,002		0,004	0,005	0,002	0,011	0,049	0,021	0,051	0,063	0,315	0,255	0,860
[13,0 - 14,0)		0,025	0,009	0,009				0,002	0,002	0,005	0,004	0,026	0,019	0,012	0,056	0,227	0,185	0,580
[14,0 - 15,0)		0,021	0,005	0,009			0,002		0,002			0,019	0,021	0,011	0,016	0,150	0,120	0,375
[15,0 - 16,0)		0,009	0,002									0,009	0,005	0,011	0,016	0,090	0,090	0,230
[16,0 - 17,0)		0,005	0,004	0,002								0,004	0,002	0,002	0,011	0,090	0,040	0,158
[17,0 - 18,0)			0,004	0,002								0,002	0,002	0,004	0,002	0,049	0,023	0,086
[18,0 - 19,0)												0,004	0,004	0,002	0,004	0,018	0,025	0,055
[19,0 - 20,0)														0,002		0,019	0,016	0,037
[20,0 - 21,0)		0,002										0,002		0,002		0,007	0,007	0,019
[21,0 - 22,0)														0,004		0,002	0,002	0,007
[22,0 - 23,0)															0,002			0,002
[23,0 - 24,0)																0,002		0,002
[24,0 - 25,0)																	0,002	0,002
Összesen	**0,769**	**3,815**	**6,613**	**7,762**	**2,501**	**3,542**	**2,659**	**7,120**	**5,233**	**10,062**	**4,580**	**7,326**	**3,912**	**6,131**	**5,338**	**13,223**	**9,415**	**100,000**

10.2.9-3. táblázat: A maximális széllökés sebesség és irány szerinti relatív gyakorisága [%] Paks állomáson (1997-2010)

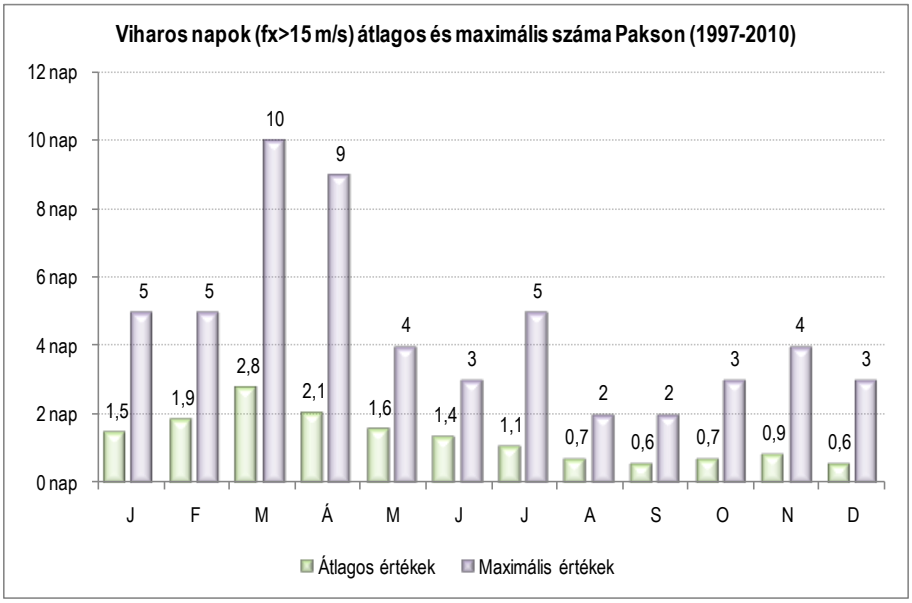
10.2.9.3.2 Maximális széllökések visszatérési értékei

A gyakorisági értékeken túl meghatároztuk a maximális széllökések 2, 4, 5…, 100 000 éves visszatérési periódusait is (Gumbel-féle statisztikai módszerrel). Ez alapján láthatjuk, hogy 20 m/s körüli, viharos szélsebességre átlagosan kétévente lehet számítani Paks környékén, 24 m/s-os nagyságúra – mely már erősen viharosnak számít – körülbelül 10 évente, 30 m/s-os szél átlagosan 500 évente fordulhat elő, míg 34-35 m/s-os, orkán erejű szél csupán 5 000 évente (10.2.9-4. táblázat).

A maximális széllökés visszatérési értékei Gumbel eloszlással	
Visszatérési periódus (év)	Maximális széllökés [m/s]
2	20,7
4	22,2
5	22,6
10	23,9
20	25,1
50	26,7
100	27,9
200	29,1
500	30,7
1 000	31,8
2 000	33,0
5 000	34,6
10 000	35,8
20 000	36,9
100 000	39,6

10.2.9-4. táblázat: A maximális széllökés visszatérései értékei Gumbel eloszlással Paks állomásra vonatkozóan (1981-2010-es adatok alapján)

Azon napokat, melyeken a maximális széllökés meghaladja a 15 m/s-ot, viharos napnak nevezzük. A 10.2.9-13. ábra ezen napok átlagos és maximális számát mutatja be havonta, az 1997-2010-es időszakra vonatkozóan, Paks állomásra. Legtöbbször általában márciusban figyelhetünk meg viharos szelet (3 nap), valamint január-február és április-május hónapokban jelentkezik átlagosan 2-2 napon. A legtöbb, 10 viharos napot 2000 márciusában mértük.



10.2.9-13. ábra: Viharos napok átlagos és maximális havi száma (1997-2010) Paks állomáson

10.2.9.4 Légköri stabilitási viszonyok

A szinoptikus szélsebesség és szélirány Pasquill-index szerinti relatív gyakorisága Paks állomásra vonatkozóan, éves viszonylatban (1997-2010).

A szinoptikus szélsebesség és szélirány Pasquill-index szerinti relatív gyakorisága																			
	P.i.	Szélcsend/ változó	É	ÉÉK	ÉK	**KÉK**	**K**	**KDK**	**DK**	**DDK**	**D**	**DDNY**	**DNY**	**NYDNY**	**NY**	**NYÉNY**	**ÉNY**	**ÉÉNY**	**Összesen**
[0,0 - 0,1)	A	0,0																	0,0
	B	0,1																	0,1
	C	0,1																	0,1
	D	0,6																	0,6
	E	0,6																	0,6
	F	3,7																	3,7
[0,1 – 1,1)	A		0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9
	B		0,1	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	1,5
	C		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	1,3
	D		0,7	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,6	0,7	0,7	0,6	6,8
	E		0,5	0,5	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	3,6
	F		1,3	1,1	0,5	0,2	0,2	0,1	0,5	0,7	0,7	0,6	0,8	0,8	0,6	1,0	1,1	1,4	11,5
[1,1 – 2,1)	A		0,2	0,3	0,5	0,5	0,3	0,3	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	4,0
	B		0,3	0,3	0,6	0,5	0,3	0,4	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	5,6
	C		0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,4	0,2	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,3	4,1
	D	0,0	0,7	0,5	0,5	0,4	0,3	0,3	0,5	0,6	0,6	0,3	0,2	0,6	0,7	0,9	1,1	1,1	9,3
	E		0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	2,8
	F		0,3	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0	0,1	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	3,3
[2,1 – 3,1)	A		0,2	0,3	0,3	0,2	0,0	0,0	0,1	0,2	0,4	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	2,7
	B		0,4	0,3	0,6	0,2	0,1	0,1	0,3	0,4	0,5	0,4	0,4	0,2	0,4	0,2	0,5	0,4	5,4
	C		0,3	0,3	0,3	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,5	0,5	4,1
	D		0,6	0,4	0,7	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,5	0,3	0,3	0,4	0,3	0,5	1,1	0,9	6,7
	E		0,0	0,1	0,1	0,0			0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7
	F		0,0	0,0	0,1	0,0	0,0		0,0	0,0	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0		0,0	0,0	0,7
[3,1 – 5,1)	A		0,0	0,2	0,0				0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,9
	B		0,3	0,4	0,3	0,1		0,0	0,1	0,2	0,8	0,6	0,5	0,3	0,1	0,1	0,3	0,4	4,6
	C		0,5	0,3	0,2	0,1		0,1	0,3	0,1	0,4	0,2	0,2	0,2	0,1	0,3	0,7	0,6	4,0
	D		0,5	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0	0,2	0,2	0,4	0,5	0,2	0,3	0,2	0,5	1,7	1,4	6,9
	E			0,0	0,0					0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0		0,2
	F		0,0	0,0	0,0						0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				0,1

A szinoptikus szélsebesség és szélirány Pasquill-index szerinti relatív gyakorisága																			
	P.i.	Szélcsend/ változó	É	ÉÉK	ÉK	**KÉK**	**K**	**KDK**	**DK**	**DDK**	**D**	**DDNY**	**DNY**	**NYDNY**	**NY**	**NYÉNY**	**ÉNY**	**ÉÉNY**	**Összesen**
[5,1 – 7,1)	A			0,0								0,0							0,0
	B		0,0	0,0	0,0						0,0	0,1	0,1	0,0				0,0	0,3
	C		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0		0,0	0,1	0,2	0,1		0,0	0,1	0,1	0,7
	D		0,0	0,1	0,0				0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,7	0,4	1,8
	E												0,0						0,0
	F												0,0						0,0
[7,1 – 10,1)	A												0,0						0,0
	B												0,0	0,0					0,0
	C											0,0	0,0	0,0					0,0
	D		0,0	0,0		0,0						0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,3
	E																		
	F																		
[10,1 – 13,1)	A																		
	B																		
	C																		
	D												0,0				0,0	0,0	0,0
	E																		
	F																		
Összesen		**5,1**	**7,5**	**6,8**	**6,3**	**3,6**	**2,2**	**2,6**	**4,9**	**5,0**	**7,5**	**5,5**	**4,9**	**5,1**	**4,8**	**5,9**	**10,3**	**9,9**	**100,0**

Megjegyzés:

P.i - Pasquill-féle stabilitási kategóriák
A – erősen labilis
B – közepesen labilis
C – enyhén labilis
D – semleges
E – enyhén stabil
F – erősen stabil

10.2.9-5. táblázat: A szinoptikus szélsebesség és szélirány Pasquill-index szerinti relatív gyakorisága [%] Paks állomáson, éves viszonylatban (1997-2010)

10.3 MIKRO- ÉS MEZOKLÍMA A TERVEZETT TELEPHELY KÖRNYEZETÉBEN

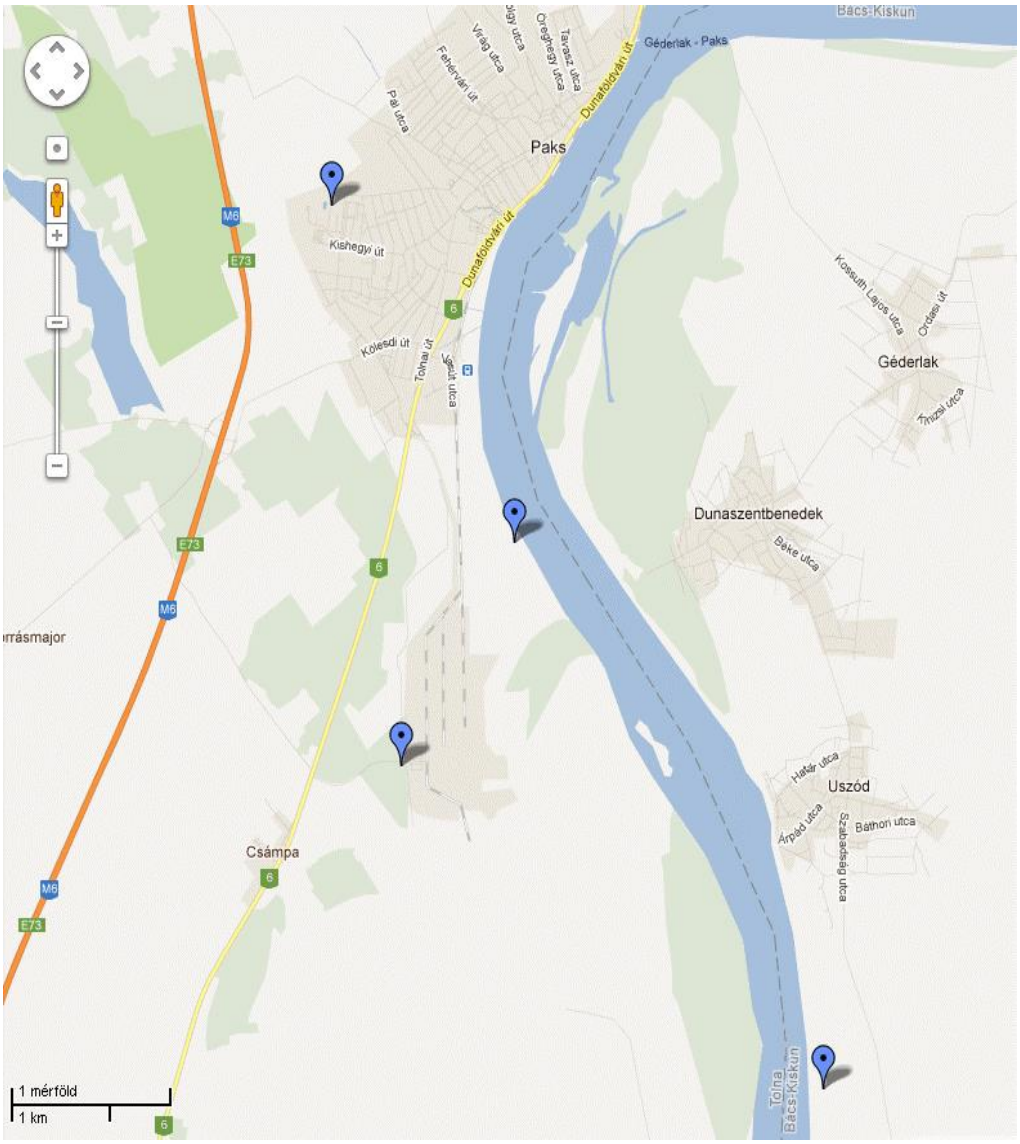
10.3.1 A TERVEZETT TELEPHELY KÖRNYEZETÉBEN LÉVŐ NÉGY MÉRŐÁLLOMÁS ADATAINAK ELEMZÉSE

Az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) a tervezett telephely környezetének jellemzését négy mérőállomás, az OMSZ 1979 óta működő Paks állomás, valamint további három, a Lévai Projekt keretében telepített ideiglenes mérőállomás 2012. április 1. és 2013. november 30. között mért adatainak elemzésével végezte.

A 3 telepített állomásnál is a megszokott mérési és adatgyűjtési eljárásokat alkalmazták, biztosítva az adatok összevethetőségét.

A vizsgált mérőállomás helyszínei

- Paks állomás, Atomerőmű déli bejáratától NY-ra, kb. 300 m
- Paks, Csónakház, Atomerőmű területétől ÉK-re, kb. 1 km-re a Duna jobb partján
- Paks, Gesztenyés utca, Atomerőmű területétől É-ÉNY-ra, kb. 4 km-re Paks nyugati határában
- Uszód, Barákai Vízmű, Atomerőmű területétől DK-re, kb. 5 km-re a Duna bal partján



10.3.1-1. ábra: A meteorológiai mérőoszlopok helyei

A mérések során az alábbi meteorológiai paramétereket mérték.

Mért elem	Mintavétel gyakorisága	Számított adat (10 percre vetítve)	Tárolt érték
Légnyomás	1 perc	Átlag, minimum és maximum	Átlag
Szélsebesség	2 másodperc	Maximum és annak ideje, átlag	Maximum és annak ideje, átlag
Szélirány	2 másodperc	Maximális széllökés iránya, átlag	Maximális széllökés iránya, átlag
Léghőmérséklet	1 perc	Átlag, minimum, maximum	Átlag, minimum, maximum, pillanatnyi
Légnedvesség	1 perc	Átlag, minimum, maximum	Átlag

10.3.1-1. táblázat: A mért meteorológiai paraméterek

Először a Paks állomás 2012. április-2013. március időszakában mért adatait viszonyítottuk a korábban bemutatott 1981-2010-es átlagértékekhez, majd a 4 állomás egyéves (2012. április-2013. március), valamint 8 hónapos (2013. április-2013. november) adatsorát hasonlítottuk össze egymással.

Ezekből a vizsgálatokból kimutatható egyrészt az, hogy a tanulmányozott időszak mennyire tért el az átlagos viszonyoktól, illetve az is, hogy a Paksi Atomerőmű környezetében kimutatható-e lényeges időjárási különbség.

10.3.1.1 Paks állomás 2012 április 1. - 2013 november 30. időszakra vonatkozó adatainak összehasonlítása a sokéves átlaggal

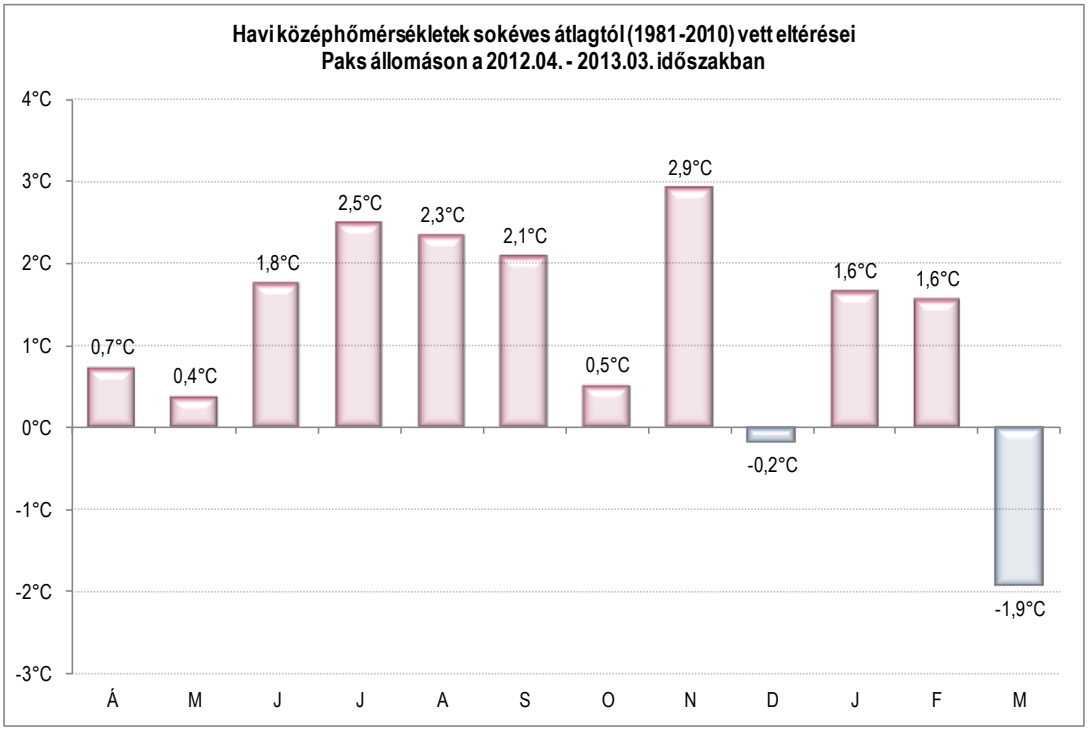
Bevezetésként egy kis kitekintést adunk az időjárás országos alakulására a 2012 áprilisa és 2013 márciusa közötti időszakban. Az országos viszonyokat tekintve a vizsgálatra kijelölt időszak több szempontból is rendkívülinek számít. A 12 hónap bővelkedett mind hőmérsékleti, mind csapadék szélsőségekben.

Az országos átlaghőmérséklet két hónap – 2012 decembere és 2013 márciusa – kivételével mindegyik hónapban jóval a sokévi átlag felett alakult. A legnagyobb anomáliát novemberben jegyeztük (+3,1°C), de a nyári hónapokban is említésre méltó különbségek adódtak. A 9. legmelegebb tavasz után a június és az augusztus a 4. legmelegebb június, illetve augusztus lett az 1901-től kezdődő idősorban, míg a július az eddig jegyzett legmelegebb júliusunk volt. Összességében a 2012-es nyári időszakot az elmúlt 112 év 2. legmelegebb nyaraként tartjuk számon. A sort az őszi átlaghőmérsékletek sem törték meg, a 4. legmelegebb őszt jegyeztük 1901 óta, 2012/13 tele pedig az első harmadban foglal helyet (33.). Ugyanakkor figyelemre méltó 2013 márciusának középhőmérséklete, országos átlagban 2,2°C-kal hidegebb volt a megszokottnál.

A csapadékviszonyok tekintetében mindkét szélsőségre találunk példát. 2012 nagy részét rendkívüli szárazsággal jellemezhetjük, két hónap is első helyezett lett az 1901 óta vezetett listán: 2012 márciusában a sokéves átlag mindössze 6%-a hullott le (2 mm), augusztusban pedig a szokásos mennyiség 14%-a (7,6 mm) ezzel a két hónap rendre az elmúlt 112 év legszárazabb márciusa és augusztusa. Egészen októberig mindössze két hónap érte el a szokásos értékeket. Októbertől azonban változás indult, decembertől pedig már a hatalmas csapadéktöbblettel küzdött az ország. 2012/13 tele 1901 óta a 4. legcsapadékosabb tél volt hazánkban, februárban a szokásos mennyiség több mint két és félszerese hullott. A legnagyobb többlet azonban 2013 márciusához köthető: az országos átlagos csapadékösszeg 345%-a a normálnak, mely a tavalyi év tükrében is, illetve az árvizek kialakulásának szempontjából is rendkívüli.

10.3.1.1.1 Hőmérséklet

A vizsgált időszakban kettő kivételével minden hónapot pozitív hőmérsékleti anomáliával jellemezhetünk a harmincéves átlaghoz viszonyítva *(*10.3.1-2. *ábra)*. Az 1981-2010 közötti értékeket legnagyobb mértékben a novemberi középhőmérséklet haladta meg: Paks állomáson 2012 novembere összességében 2,9°C-kal volt melegebb a megszokottnál. Másfél fok feletti pozitív eltérést láthatunk még 2012 júniusa és szeptembere között, illetve a 2013-as év első két hónapjában. Az átlagnál hűvösebb volt 2012 decemberében, jelentős negatív anomáliát azonban 2013 márciusában láthatunk: az első tavaszi hónap Pakson 1,9°C-kal hidegebbnek bizonyult a megszokottnál.
Paks állomáson a középhőmérsékleti anomália alakulása a vizsgált időszak minden hónapjában az átlagos országos trendeknek megfelelően alakult. A legtöbb hónapban néhány tized fokkal melegebb viszonyok jellemezték a területet az országos átlagokhoz képest.



10.3.1-2. ábra: Havi középhőmérsékletek sokéves átlagtól (1981-2010) vett eltérései Paks állomáson a 2012.04-2013.03. időszakban

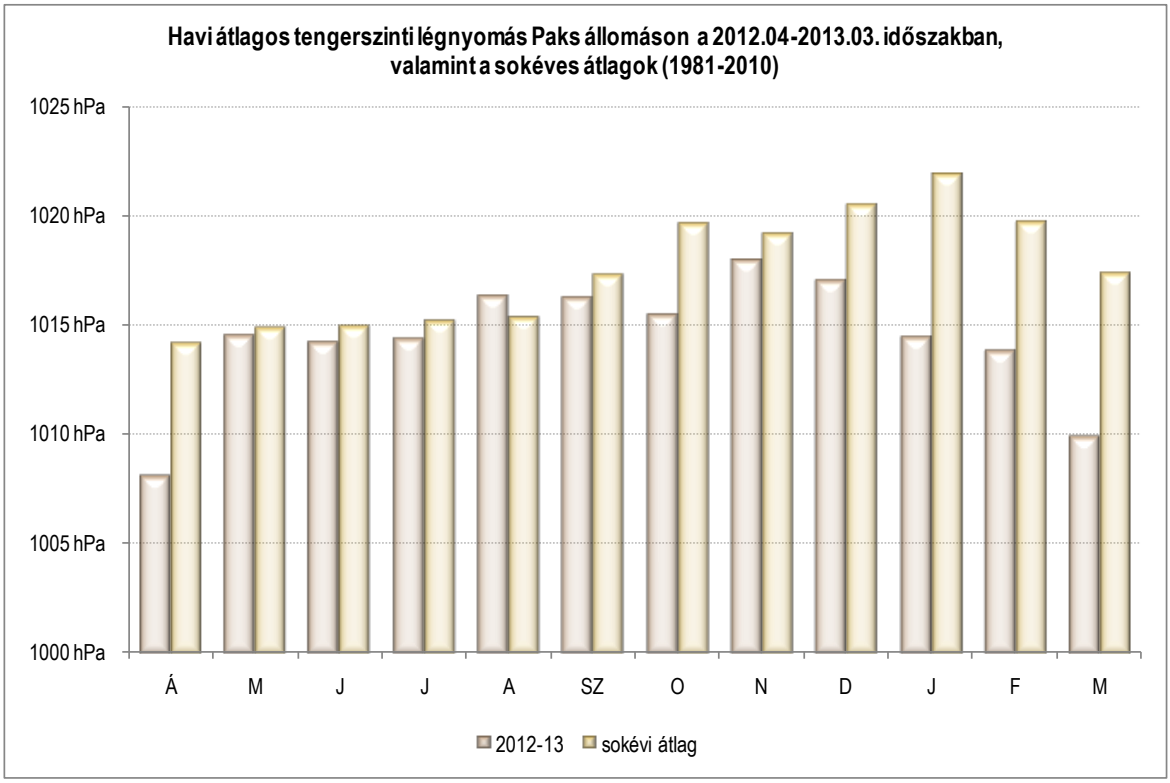
Nyári-, hőség-, illetve forró napról beszélünk, ha a hőmérséklet napi csúcsértéke eléri vagy meghaladja a 25°C-ot, a 30°C-ot, illetve a 35°C-ot. Ezen küszöbnapok számának alakulását láthatjuk a 10.3.1-2. *táblázat*ban Paks állomásra vonatkozóan. Mindhárom kategóriánál egyértelműen a melegebb viszonyokról kapunk képet a kiválasztott időszakban. A nyári napok számában szeptemberben látjuk a legnagyobb eltérést, a szokásos 11 helyett 18 nap felelt meg a kritériumnak. A hőségnapokat tekintve augusztusban figyelhető meg a legnagyobb különbség, 10 nappal többet regisztráltunk a normálnál. Két nyári hónapban, júliusban és augusztusban jegyeztünk az átlagnál jelentősen több forró napot: mindkét hónapban 7-tel többet a megszokottnál. Összességében a július és az augusztus hozta a legtöbb meleg küszöbnapot.

	Nyári napok (Tmax≥25°C) szám		Hőségnapok (Tmax≥30°C) szám		Forró napok (Tmax≥35°C) szám	
	2012	1981-2010-es átlag	2012	1981-2010-es átlag	2012	1981-2010-es átlag
Április	5	2	3	0	0	0
Május	13	11	4	2	0	0
Június	21	18	11	6	1	1
Július	30	25	18	12	8	1
Augusztus	29	24	21	11	9	2
Szeptembe	18	11	8	1	0	0
Október	0	2	0	0	0	0

10.3.1-2. táblázat: Nyári napok, hőségnapok és forró napok száma Paks állomáson a 2012.04-2013.03. időszakban, valamint a sokéves átlagok (1981-2010)

10.3.1.1.2 Légnyomás

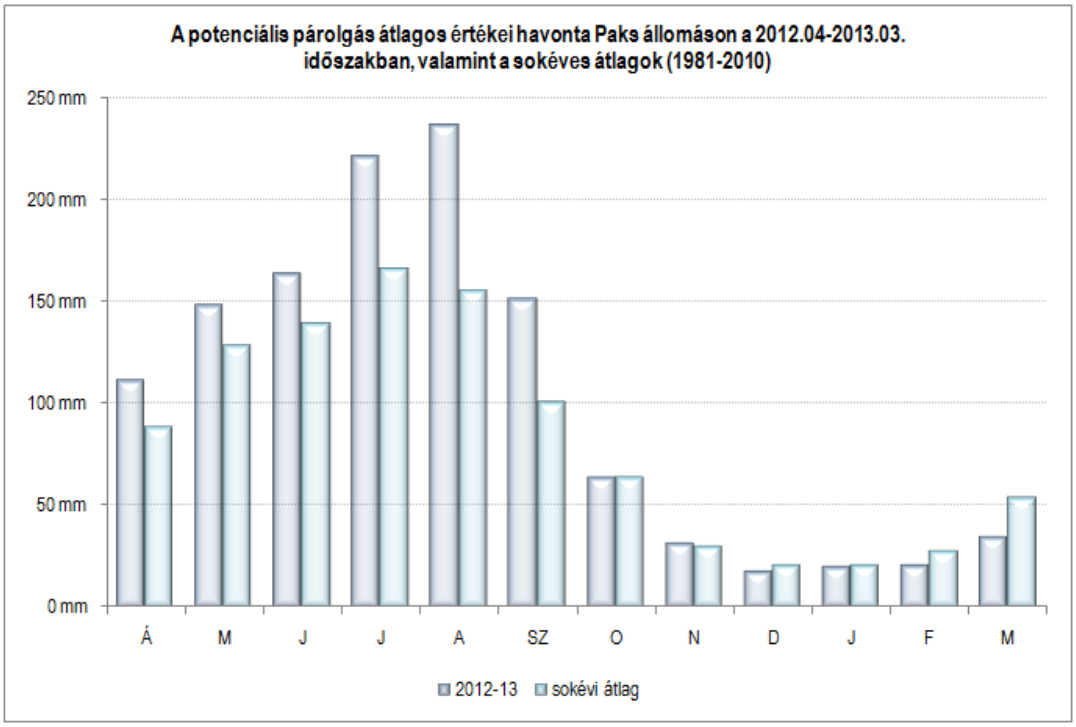
A sokéves átlag alapján *(*10.3.1-3. *ábra)* a tengerszinti légnyomás áprilisban a legalacsonyabb Paks térségében, mely a vizsgált időszakban is teljesült (1008,0 hPa). Ugyanakkor a megszokott menettől eltérően nem januárban regisztráltuk a legmagasabb átlagot, hanem 2012 novemberében (1017,9 hPa). A januári értéket (1014,4) hat hónap is megelőzi: a május, az augusztus, a szeptember, az október, a már említett november és a december is. A sokéves átlagtól vett legnagyobb eltérés januárban és márciusban látszik: mindkét hónapban 7,5 hPa-lal alacsonyabb volt az átlagos tengerszinti légnyomás a megszokottnál. 2012 augusztusa volt az egyetlen olyan hónap, amikor a harmincéves átlagot meghaladó tengerszinti légnyomást regisztráltunk.



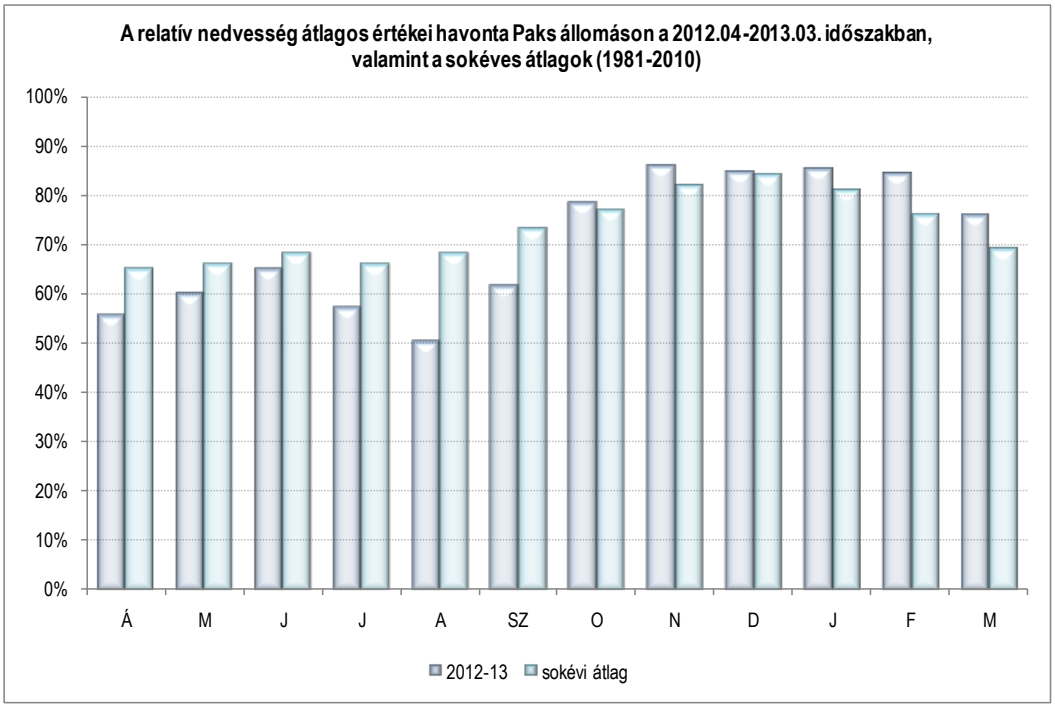
10.3.1-3. ábra: Havi átlagos tengerszinti légnyomás Paks állomáson a 2012.04-2013.03. időszakban, valamint a sokéves átlagok (1981-2010)

10.3.1.1.3 Légnedvesség

A potenciális párolgás havi átlagértékeinek diagramján *(*10.3.1-4. *ábra)* látható, hogy 2012-ben tavasszal és nyáron a sokéves átlagnál jelentősen magasabb értékeket kaptunk eredményül. Országos viszonylatban ez az időszak szárazabb és lényegesen melegebb volt a normálnál, s ez Paks térségében is hasonlóan alakult. Pakson, ebben az időszakban minden hónapban alacsonyabb volt a levegő nedvességtartalma, melyhez az átlagosnál közel 2,5°C-kal melegebb hónapok is társultak, melyek együtt a légtér szárazabbá válását eredményezték, azaz az átlagosnál sokkal nagyobb páramennyiség felvételére nyílt lehetőség. Az október-január közötti időszak közel átlagosan alakult a potenciális párolgás szempontjából, majd februárban és márciusban a szokásosnál sokkal nedvesebb és részben hűvösebb időszak folyamán alacsonyabb értékeket regisztráltunk az 1981-2010-es normálnál. A vizsgált időszakban a legalacsonyabb potenciális párolgást decemberben jegyeztük, a legmagasabb értéket pedig augusztusban.



10.3.1-4. ábra: A potenciális párolgás átlagos értékei havonta Paks állomáson a 2012.04-2013.03. időszakban, valamint a sokéves átlagok (1981-2010)



10.3.1-5. ábra: A relatív nedvesség átlagos értékei havonta Paks állomáson a 2012.04-2013.03. időszakban, valamint a sokéves átlagok (1981-2010)

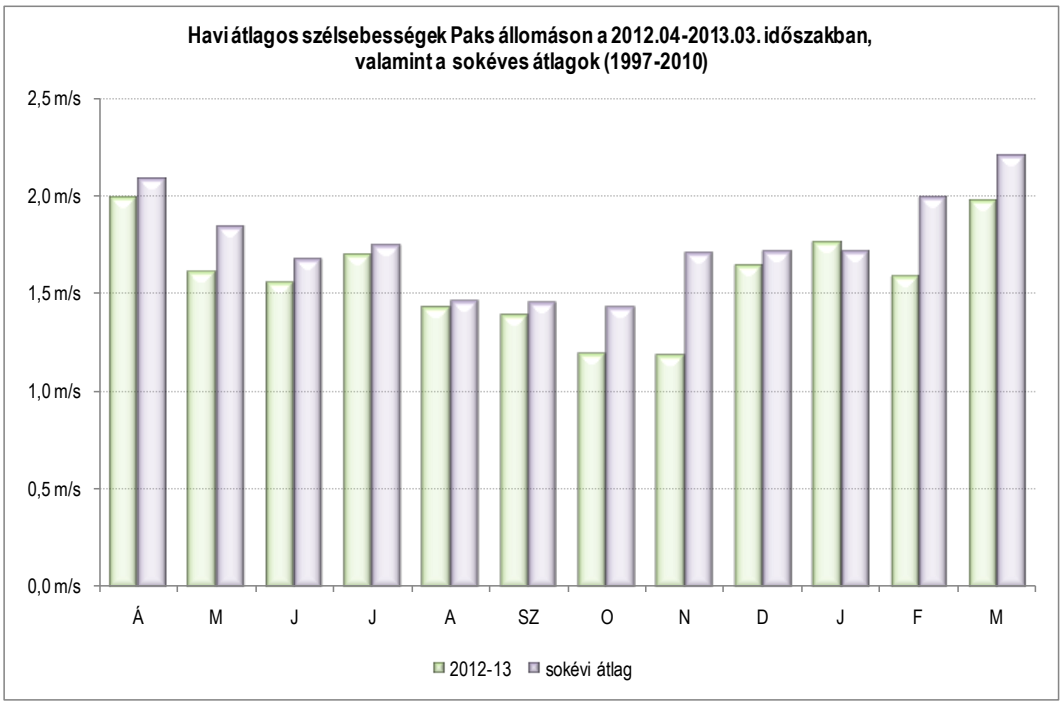
A relatív nedvesség a levegő tényleges páranyomása és telítési páranyomása közötti arány. Ha a levegőben lévő vízgőztartalmat növeljük, egy meghatározott érték elérése után a páranyomás tovább nem nő, hanem kicsapódás keletkezik, ez a telítési páranyomás.

A vizsgált időszak első felében átlag alatti, második felében pedig átlag feletti relatív nedvesség értékek jelentkeztek Paks állomáson. A sokéves átlag alapján a relatív nedvesség decemberben (84%) éri el a legmagasabb átlagértéket, és áprilisban a legalacsonyabbat (65%). A kijelölt időszakban mind a minimum, mind a maximum helye más hónapra esett

(10.3.1-5. *ábra*): 2012 augusztusában figyelhető meg a legalacsonyabb érték, mely még a sokéves legalacsonyabb értéknél is jóval kisebb (50,4%), a legnagyobb átlagos relatív nedvesség pedig novemberben jelentkezett (85,9%). Az augusztusi eredmény esetén kaptuk a legnagyobb különbséget: a vizsgált paraméter 17,6%-kal alacsonyabbnak adódott a normálnál.

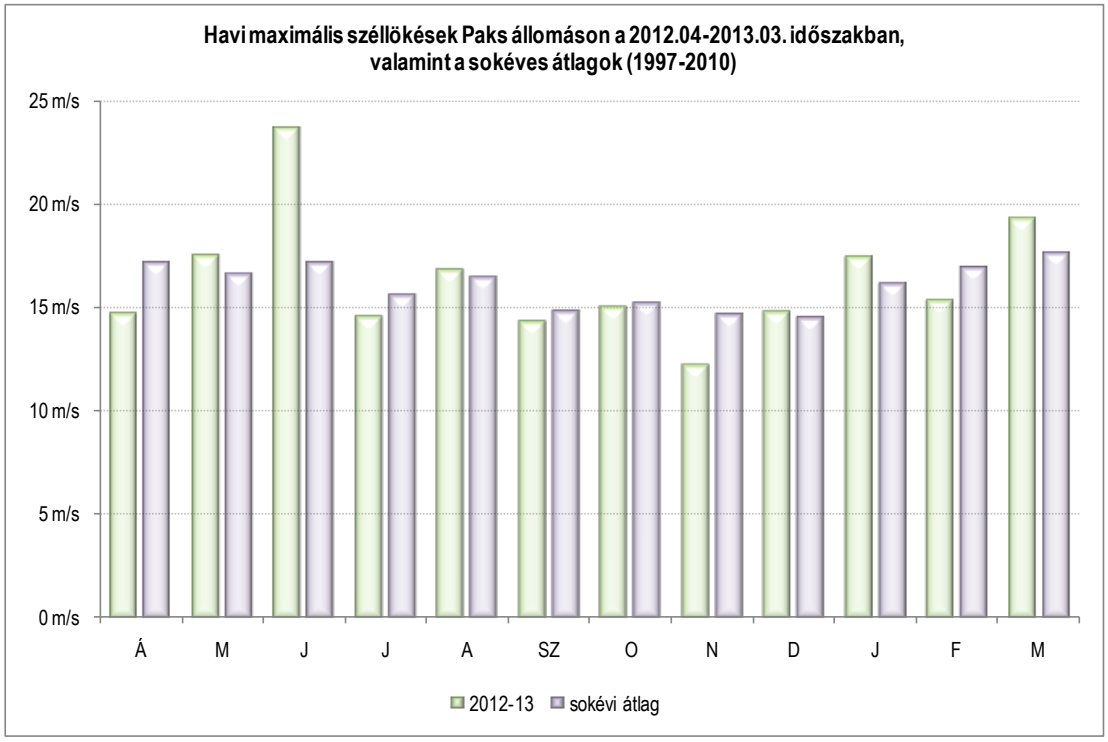
10.3.1.1.4 Szél

A havi átlagos szélsebességek menete a vizsgált időszakban jól illeszkedett a sokéves átlaghoz *(*10.3.1-6. *ábra)*. A megszokott értékekhez képest 0-0,5 m/s-os különbségek figyelhetők meg (a január kivételével minden hónapban normál alatti értékek jelentkeztek). A legalacsonyabb átlagos szélsebességet októberben és novemberben jegyeztük (1,2 m/s), a legmagasabbat pedig 2012 áprilisában és 2013 márciusában (2,0 m/s). A normáltól vett legnagyobb eltérés novemberben figyelhető meg, a megszokottnál 0,5 m/s-mal alacsonyabb átlagos szélsebesség jellemzi a hónapot.



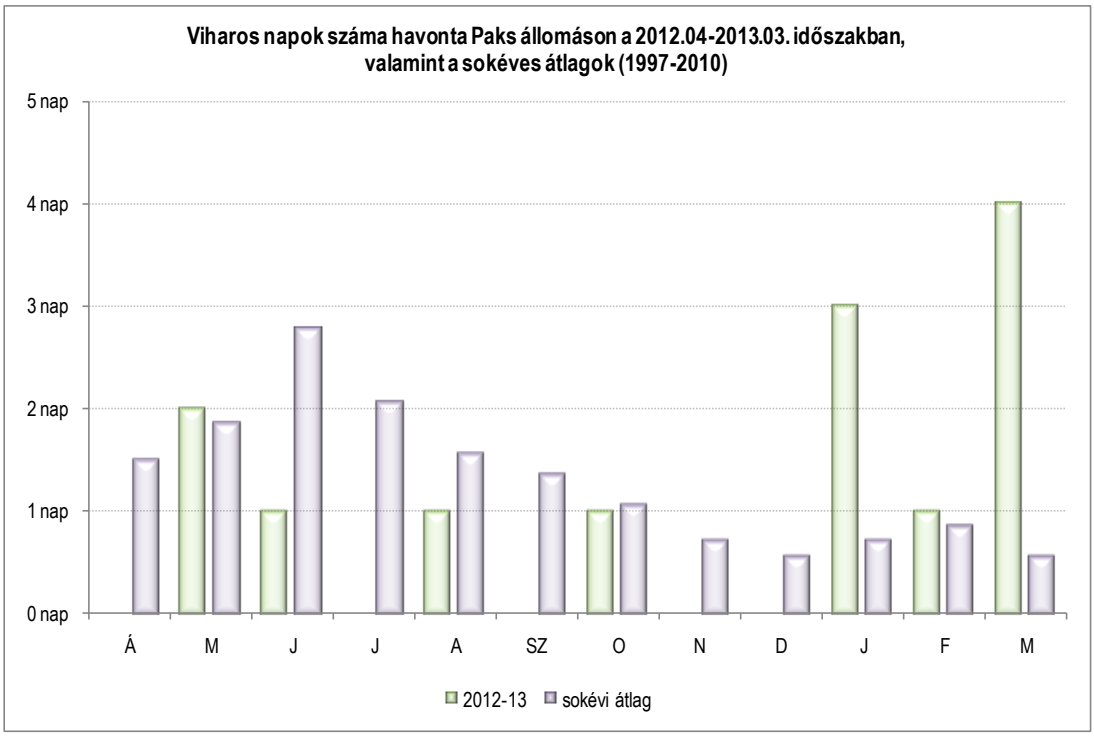
10.3.1-6. ábra: Havi átlagos szélsebességek Paks állomáson a 2012.04-2013.03. időszakban, valamint a sokéves átlagok (1997-2010)

Összességében elmondható, hogy az átlagos szélsebességhez hasonlóan a havi maximális széllökések is jó közelítéssel a sokéves átlagok körül alakultak. Egy nagyobb eltérés figyelhető meg (10.3.1-7. *ábra*), 2012 júniusában a normálnál több mint 6 m/s-mal nagyobb széllökést is regisztráltunk. Ugyancsak júniushoz köthető az időszak legnagyobb maximális széllökése: 23,7 m/s. A legalacsonyabb értéket novemberben jegyeztük (12,2 m/s), és ebben a hónapban figyelhető meg a legnagyobb negatív anomália is a sokéves átlaghoz képest. A minimum és maximum értékek nem a megszokott hónapokhoz köthetők: a referencia időszak alapján az ideivel ellentétben általában márciusban figyelhető meg a legmagasabb, és decemberben a legalacsonyabb érték.



10.3.1-7. ábra: Havi maximális széllökések (adott hónap legnagyobb széllökése) Paks állomáson a 2012.04-2013.03. időszakban, valamint a sokéves átlagok (havi legnagyobb széllökések sokévi átlaga) (1997-2010)

A viharos napok számában *(*10.3.1-8. *ábra)* a megszokott értékekhez képest a legnagyobb eltérést 2013 márciusában láthatjuk: pontosan hétszer több nap felelt meg a kritériumnak. Kiemelkedő érték még a januári, a normál több mint négyszeresét jegyeztük. A sokéves átlagtól eltérően öt hónapban nem regisztráltunk egyetlen viharos napot sem (április, július, szeptember, november, december).



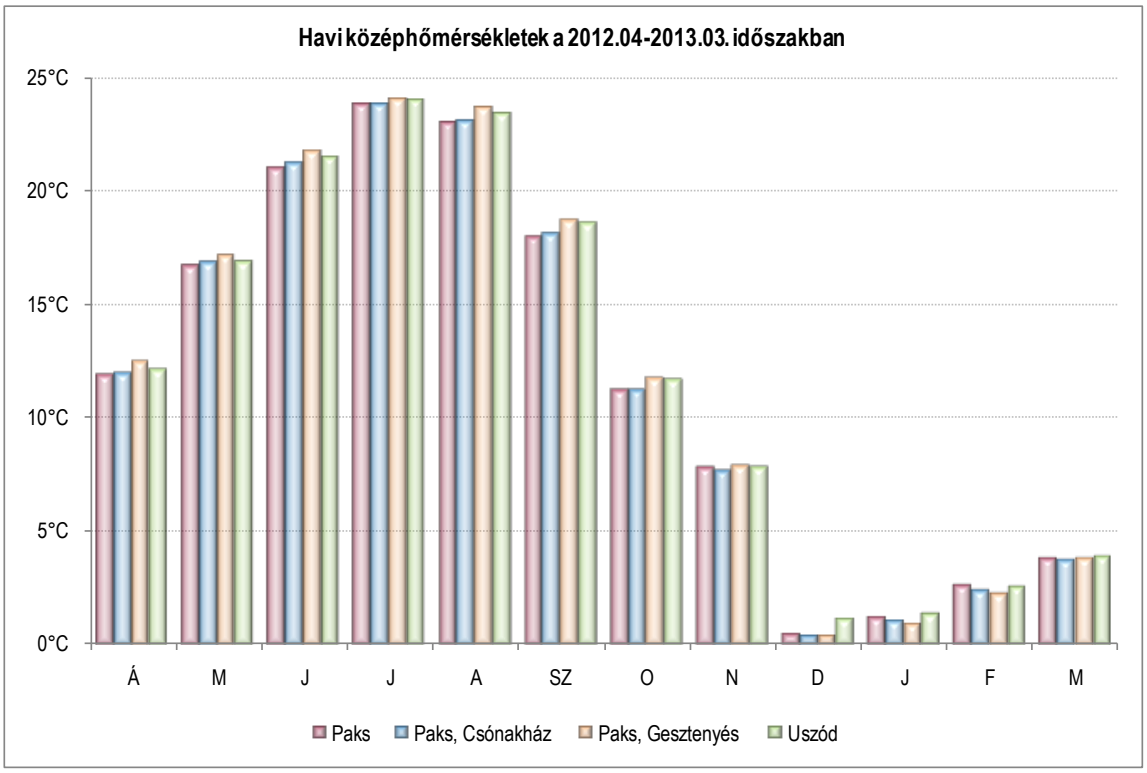
10.3.1-8. ábra: Viharos napok száma havonta Paks állomáson a 2012.04-2013.03. időszakban, valamint a sokéves átlagok (1997-2010)

10.3.1.2 A négy paksi állomás 2012. április 1. - 2013.március 31. időszakra vonatkozó adatainak összehasonlítása

10.3.1.2.1 Hőmérséklet

A négy, Pakson és környékén telepített állomás havi középhőmérsékleti trendjei jól illeszkednek egymáshoz, de az egyes mérőhelyek kisebb klimatológiai különbségei is megjelennek (10.3.1-9. *ábra*).

A teljes időszakra vonatkozóan Paks és Paks Csónakház állomások átlaghőmérséklete (11,9°C) 0,2°C-kal kevesebb volt, mint a Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon mért átlaghőmérséklet (12,1°C). Utóbbi két állomás magasabb értékei a városi hőhatásra (Gesztenyés esetében), illetve a délebbi fekvésre (Uszód) utalhatnak. A kijelölt időszakban a legnagyobb különbség két állomás havi középhőmérsékleti adatai között Gesztenyés és Uszód esetében jelentkezett 2012 decemberében (Uszódon 0,75°C-kal melegebb volt havi átlagban). A havi középhőmérséklet szempontjából leginkább Paks és Paks Csónakház állomások hasonlítanak (köztük a legkisebb a távolság), az átlagos eltérés az egyes mért adatok között mindössze 0,1°C. Az átlagban két, leginkább különböző állomás Paks Csónakház és Paks Gesztenyés, a köztük lévő átlagos havi eltérés 0,3°C a teljes időszakra vonatkozóan.



10.3.1-9. ábra: Havi középhőmérsékletek alakulása Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2012.04-2013.03. időszakban

Mind a négy állomás legmagasabb maximumhőmérséklete augusztusra tehető (10.3.1-3. *táblázat*), s mindegyiken láthatunk 38°C feletti értéket legalább egy alkalommal. Nincsenek igazán kiugró értékek, ha az egyes állomások legnagyobb maximumhőmérsékleti adatait összevetjük maximum 1-2°C különbségeket tapasztalunk. Mégis ki tudjuk választani a legmelegebb mérőhelyet az állomások sora közül: két hónapot leszámítva minden esetben Paks állomásunkon jegyeztük a legnagyobb maximumhőmérsékleti értéket. Az időszak legnagyobb maximumát azonban Paks Csónakház állomáson jegyeztük augusztus 6-án (39,7°C). Paks állomás augusztusi legnagyobb maximuma eddig az 1992-ben mért 37,5°C volt, melyet most mind a négy állomás, 2012 augusztusában mért maximumhőmérséklete megdöntött. Ezen kívül április hónapban született új rekord, a szintén 1992-es, 29,3°C-os rekordot előzték meg a Paks, Paks Csónakház és Paks Gesztenyés állomásokon mért maximumhőmérsékletek.

A vizsgált időszak tekintetében ugyanígy kiválaszthatjuk a legalacsonyabb maximumhőmérsékletek tipikus helyét is: három hónap kivételével Paks Gesztenyés állomáshoz tartoznak ezek az értékek. Ugyancsak a Gesztenyés utcában jelentkezett a legkisebb maximumhőmérsékleti adat a teljes adattáblát figyelembe véve: itt decemberben -2,1°C volt a legalacsonyabb maximumhőmérséklet.

	Maximumhőmérsékletek szélsőségei [°C]							
	Paks		Paks Csónakház		Paks Gesztenyés		Uszód	
	Legalacsonyabb	Legmagasabb	Legalacsonyabb	Legmagasabb	Legalacsonyabb	Legmagasabb	Legalacsonyabb	Legmagasabb
Április	8,5	31,8	8,6	30,2	7,5	30,2	7,9	29,1
Május	11,8	32,8	12,4	31,8	11,6	31,7	12,2	30,6
Június	20,6	36,4	20,0	35,9	19,9	35,9	20,0	36,0
Július	24,3	38,7	24,9	37,4	24,3	37,3	24,2	38,1
Augusztus	23,9	39,0	24,2	**39,7**	24,3	38,8	23,6	38,4
Szeptember	16,0	33,3	16,4	32,4	16,1	32,6	16,4	32,7
Október	4,4	24,7	4,3	24,2	3,9	24,1	4,3	24,8
November	7,3	20,1	6,8	19,6	6,8	19,3	7,0	19,2
December	-1,7	13,3	-1,6	13,3	**-2,1**	12,6	3,9	12,4
Január	0,0	13,1	-0,1	12,4	-0,4	12,2	0,0	11,8
Február	0,1	12,7	-0,8	12,4	-1,0	12,1	-0,9	11,8
Március	-0,4	20,4	-0,4	19,8	-0,7	19,7	-0,7	18,4

10.3.1-3. táblázat: Maximumhőmérsékletek szélsőségei havonta Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2012.04-2013.03. időszakban

	Minimumhőmérsékletek szélsőségei [°C]							
	Paks		Paks Csónakház		Paks Gesztenyés		Uszód	
	Legalacsonyabb	Legmagasabb	Legalacsonyabb	Legmagasabb	Legalacsonyabb	Legmagasabb	Legalacsonyabb	Legmagasabb
Április	-7,1	10,9	-6,3	5,0	-5,7	6,7	-5,2	10,9
Május	3,0	15,8	4,0	17,5	3,8	11,2	4,7	17
Június	8,8	20,6	8,8	20,5	8,8	21,4	9,4	20,1
Július	8,5	22,4	10,0	21,2	10,9	22,3	12,6	20,3
Augusztus	6,3	20,3	7,4	21,0	9,9	**23,5**	8,8	21,5
Szeptember	2,4	17,9	3,7	18,3	4,9	17,9	5,5	12,5
Október	-1,1	14,8	-1,0	15,3	-1,0	14,8	0,0	15
November	-2,8	8,8	-1,8	8,6	-0,3	8,8	-1,0	9,5
December	-11,8	6,6	-10,7	5,7	-8,7	6,0	-10	6,4
Január	-7,7	6,0	-7,4	5,8	-6,8	5,7	-5,5	5,8
Február	-11,3	7,3	-11,3	6,3	-8,1	6,7	**-12,7**	6,7
Március	-11,2	9,2	-9,5	8,8	-6,6	9,2	-7,7	8,8

10.3.1-4. táblázat: Minimumhőmérsékletek szélsőségei havonta Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2012.04-2013.03. időszakban

Ugyanígy a minimumhőmérsékletek szélsőségeit is kigyűjtöttük (10.3.1-4. *táblázat*). Február kivételével mindegyik hónapban Paks állomáson mértük a legalacsonyabb minimumhőmérsékletet. Összevetve ezt a legnagyobb maximumhőmérséklet adatokkal elmondhatjuk, hogy a legnagyobb havi hőingású állomás a négy közül Paks állomás. A legkisebb minimumhőmérsékletet az időszak során 2013. február 11-én regisztráltuk Uszód állomáson.

A legmagasabb minimumhőmérséklet esetén már nem volt ekkora dominancia, de a hónapok felében ez is Paks állomáson jelentkezett. Az időszak legmagasabb minimumhőmérsékletét, 23,5°C-ot Paks Gesztenyés állomáson mértük, augusztus 6-án, mely megdöntötte az eddigi, 2003-as rekordot (22,7°C). Szintén meghaladták az eddigi legnagyobb értéket a Paks és Paks Gesztenyés állomásokon, júliusban mért minimumhőmérsékletek (eddigi rekord: 21,5°C, 2009).

A meleg küszöbnapok alakulását összehasonlítva a négy állomáson, nagy különbségeket nem tapasztaltunk (10.3.1-5. *táblázat*, 10.3.1-6. *táblázat*, 10.3.1-7. *táblázat*). Nyári napból Paks Csónakház állomáson regisztráltunk a legtöbbet (118-at), Uszódon pedig a legkevesebbet (112), de a különbség köztük mindössze 6 nap. Hőségnapból Paks állomáson volt a legtöbb (65 nap), Uszódon pedig a legkevesebb (51 nap), így ennél a küszöbnapnál kicsit nagyobb, 14 nap volt az eltérés e két állomás között. A forró napok száma közel azonosan alakult a négy helyen, egyedül Pakson jegyeztünk fel 18 napon 35°C-ot meghaladó hőmérsékletet, a többi állomáson 17-17 ilyen nap adódott.

	Nyári napok (Tmax≥25°C) száma			
	Paks	Paks Csónakház	Paks Gesztenyés	Uszód
Április	5	4	4	3
Május	13	14	14	12
Június	21	21	21	21
Július	30	30	30	30
Augusztus	29	30	30	28
Szeptember	18	19	16	18
Október	0	0	0	0

10.3.1-5. táblázat: Nyári napok száma havonta Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2012.04-2013.03. időszakban

	Hőségnapok (Tmax≥30°C) száma			
	Paks	Paks Csónakház	Paks Gesztenyés	Uszód
Április	3	1	1	0
Május	4	2	2	1
Június	11	12	11	10
Július	18	16	16	16
Augusztus	21	18	19	18
Október	0	0	0	0

10.3.1-6. táblázat: Hőségnapok száma havonta Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2012.04-2013.03. időszakban

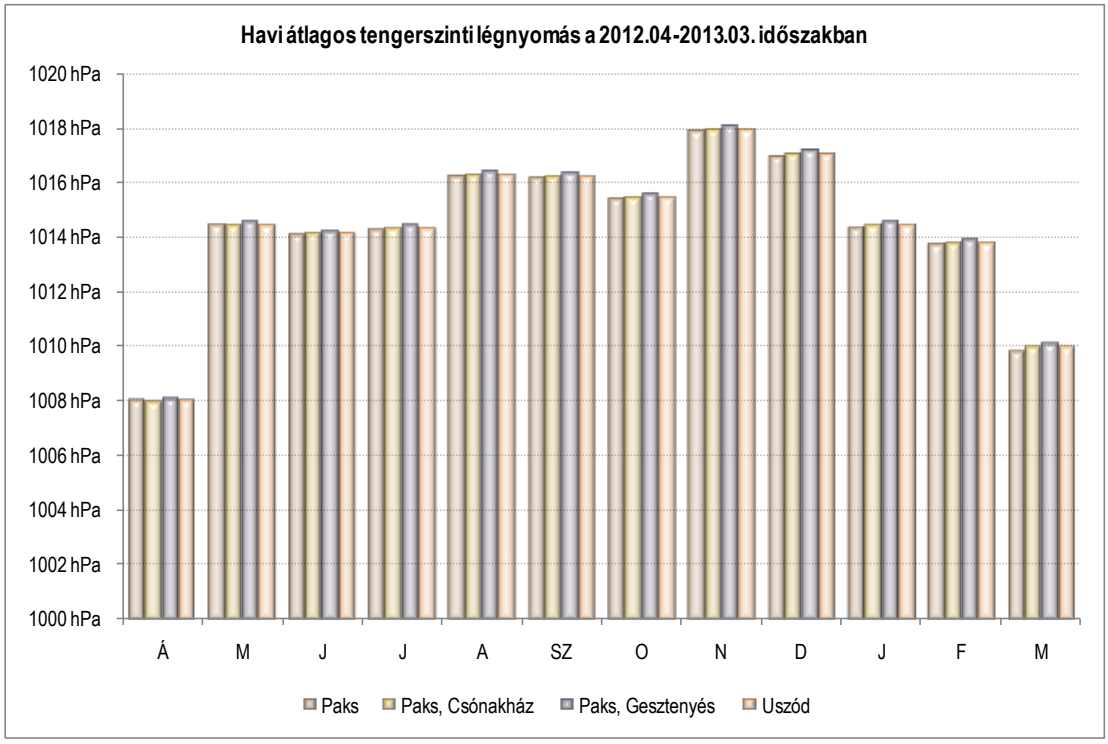
	Forró napok (Tmax≥35°C) száma			
	Paks	Paks Csónakház	Paks Gesztenyés	Uszód
Április	0	0	0	0
Május	0	0	0	0
Június	1	2	1	1
Július	8	8	8	8
Augusztus	9	7	8	8
Szeptember	0	0	0	0
Október	0	0	0	0

10.3.1-7. táblázat: Forró napok száma havonta Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2012.04-2013.03. időszakban

10.3.1.2.2 Légnyomás

Mivel a négy állomás – a nagytérségű folyamatok szempontjából legalábbis – igen közel helyezkedik el egymáshoz, a tengerszintre átszámított légnyomások havi értékeiben (10.3.1-10. *ábra*) lényegében nem látható lényeges különbség (1-2 tized hPa eltérések adódtak).

A legnagyobb tengerszinti légnyomást az időszakban, 1035,5 hPa-t Paks Gesztenyés állomáson mértük 2013. január 3-án, míg a legkisebbet Paks állomáson 2012. október 27-én (10.3.1-8. *táblázat*).



10.3.1-10. ábra: Havi átlagos tengerszinti légnyomás Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2012.04-2013.03. időszakban

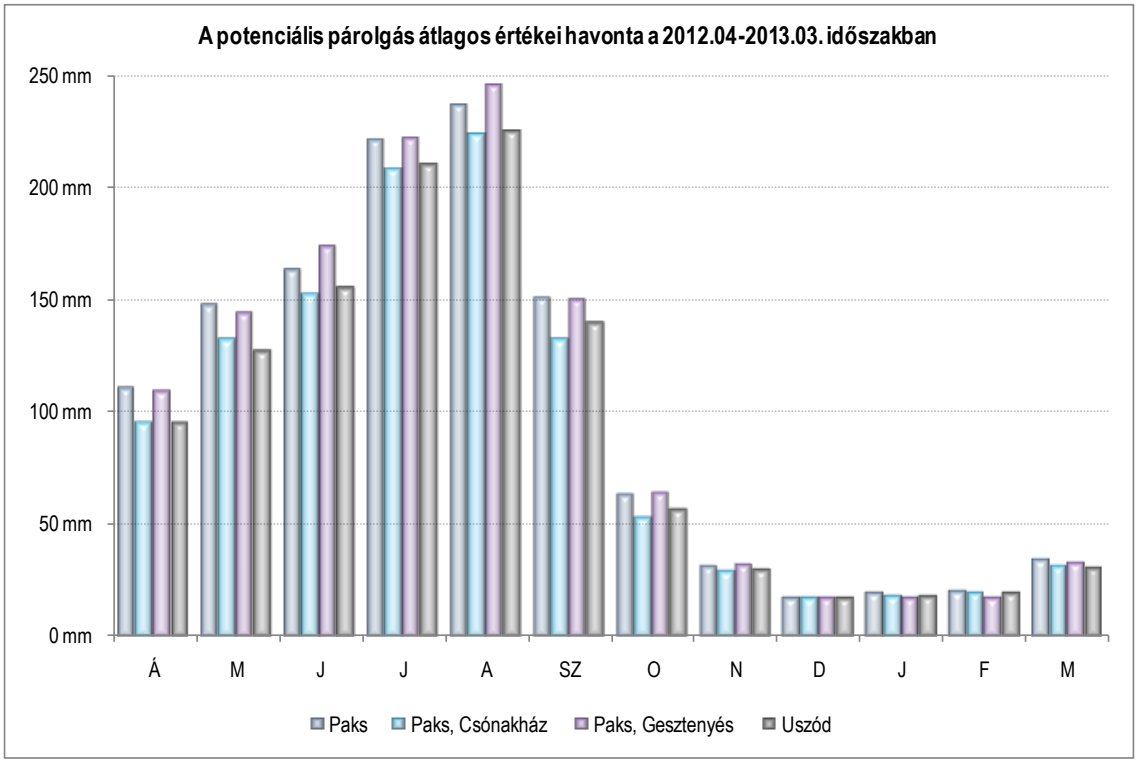
	A tengerszinti légnyomás szélsőségei [hPa]							
	Paks		Paks Csónakház		Paks Gesztenyés		Uszód	
	Legala-csonyabb	Legma-gasabb	Legala-csonyabb	Legma-gasabb	Legala-csonyabb	Legma-gasabb	Legala-csonyabb	Legma-gasabb
Április	994,6	1022,8	994,7	1023	994,8	1023	994,7	1023
Május	1004,2	1026,7	1004,3	1026,7	1004,5	1026,8	1004,2	1026,9
Június	1003,1	1022,8	1003,1	1022,9	1003,1	1022,9	1003,1	1022,7
Július	1007,3	1024,5	1007,3	1024,5	1007,5	1024,8	1007,5	1024,4
Augusztus	1008,1	1024,7	1008,1	1024,8	1008,2	1024,9	1008,3	1024,7
Szeptember	1003,6	1025,7	1003,7	1025,8	1003,7	1025,8	1003,6	1025,9
Október	988,8	1024	989	1024,2	989,2	1024,2	989	1024,2
November	992,6	1033,7	992,7	1033,7	992,8	1033,8	992,7	1033,5
December	999,4	1033,7	999,6	1033,8	999,8	1034	999,6	1033,6
Január	995,4	1035,3	995,5	1035,4	995,7	1035,5	995,5	1035,4
Február	990,9	1027,9	991	1028	991,1	1028,1	991,1	1028,1
Március	991,7	1028,8	991,6	1028,9	992,3	1028,9	991,8	1028,9

10.3.1-8. táblázat: A tengerszinti légnyomás szélsőségei havonta Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2012.04-2013.03. időszakban

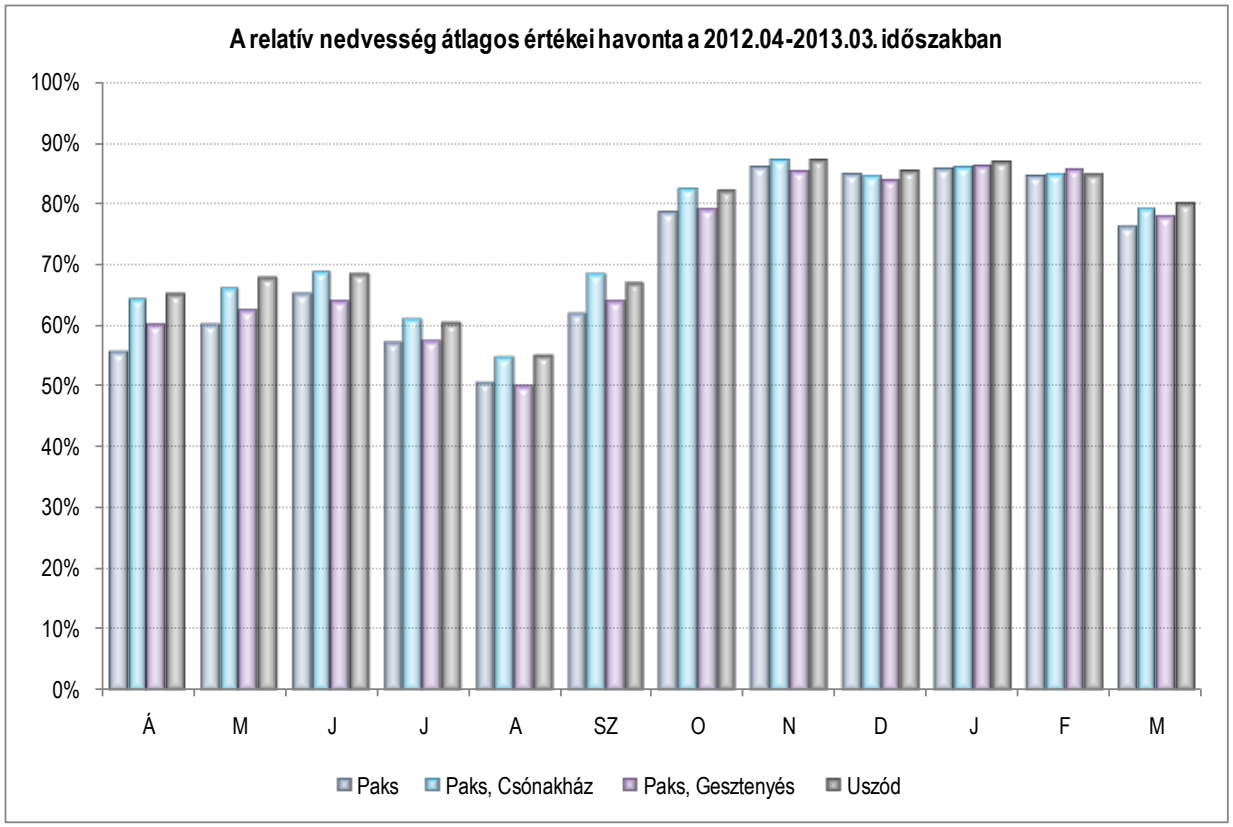
10.3.1.2.3 Légnedvesség

A potenciális párolgás értékei is igen hasonló éves menetet mutattak a négy állomáson (10.3.1-11. *ábra*). Nagyobb eltérések a nyári félév folyamán jelentkeztek, amikor a potenciális párolgás értékei nagyobbak voltak. Paks és Paks Gesztenyés állomások értékei a legtöbb hónapban meghaladták a másik két állomás összegeit, s így az egész időszakot tekintve is ez a két állomás áll az első két helyen (Gesztenyés 1233 mm-rel az első, Paks 1222 mm-rel a második). Összességében a legkisebb potenciális párolgás Paks Csónakház állomáson adódott: 1117 mm.

A relatív nedvesség értékek szintén a nyári félév során mutattak nagyobb eltéréseket, míg a téli hónapokban szinte azonosak voltak (10.3.1-12. *ábra*).



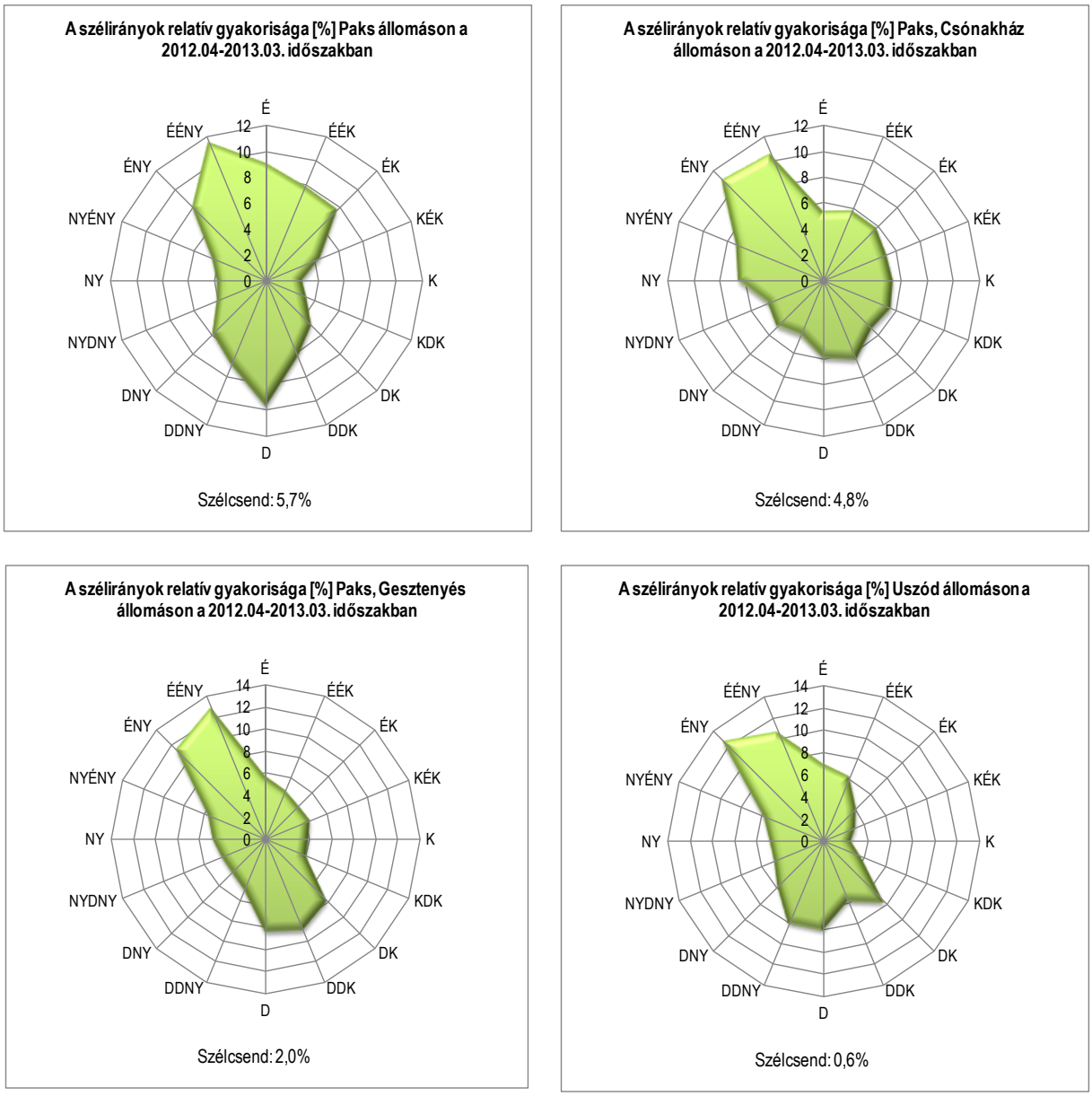
10.3.1-11. ábra: A potenciális párolgás átlagos értékei havonta Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2012.04-2013.03. időszakban



10.3.1-12. ábra: A relatív nedvesség átlagos értékei havonta Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2012.04-2013.03. időszakban

10.3.1.2.4 Szél

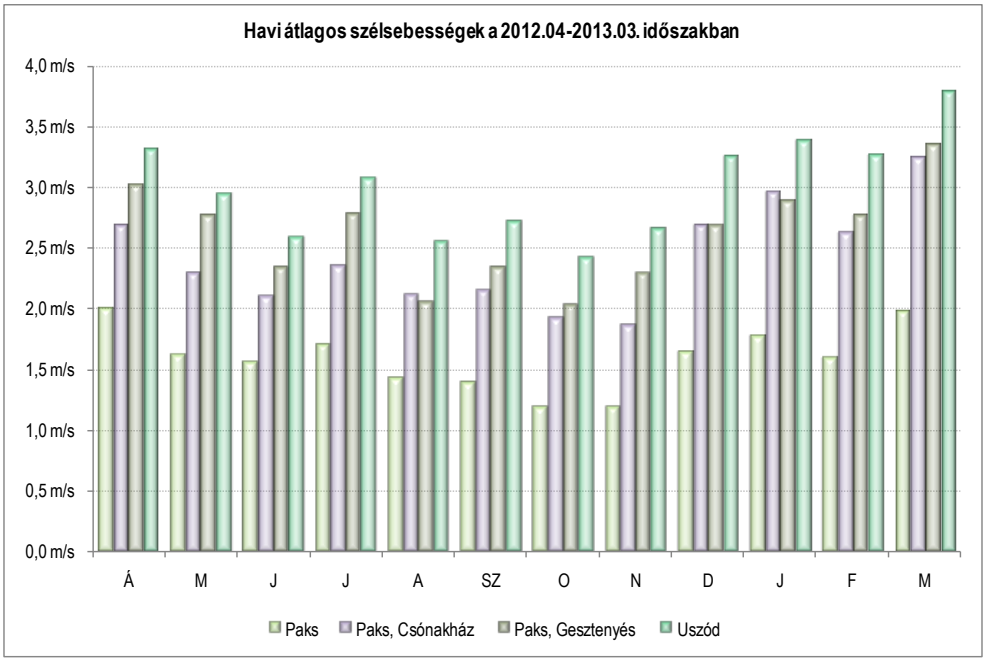
A szélirányok relatív gyakoriságát ábrázoló szélrózsák alapján láthatjuk, hogy a szél mint meteorológiai elem már jóval nagyobb eltéréseket mutat kis távolságon belül is, mint az eddig vizsgált paraméterek. A nagyléptékű időjárási rendszerek meghatározó hatása mellett az uralkodó szélirányt nagymértékben befolyásolják a domborzati, felszínborítottsági és beépítettségi jellemzők. A vizsgált időszakban a négy állomás leggyakoribb szélirányai eltéréseket mutattak (10.3.1-13. *ábra*): Paks állomáson az uralkodó szélirány az ÉÉNy-i volt, s mellette erős másodmaximumként a D-i irány rajzolódott ki. Legkevesebbet kelet felől fújt a szél. Paks Csónakház esetében a leggyakoribb az ÉNy-i és az ÉÉNy-i szél volt, míg a többi irány közel azonos gyakorisággal fordult elő. Paks Gesztenyés állomáson szintén az ÉÉNy-i és az ÉNy-i szél dominált a vizsgált időszakban, míg másodmaximumként a DDK-i, a D-i és DK-i irány jelentkezett. Uszód állomáson egyértelműen az ÉNy-i szél volt a leggyakoribb, de emellett az ÉÉNy-i is sokszor előfordult, s a DDNy-i, D-i és DK-i szél is többször fújt.



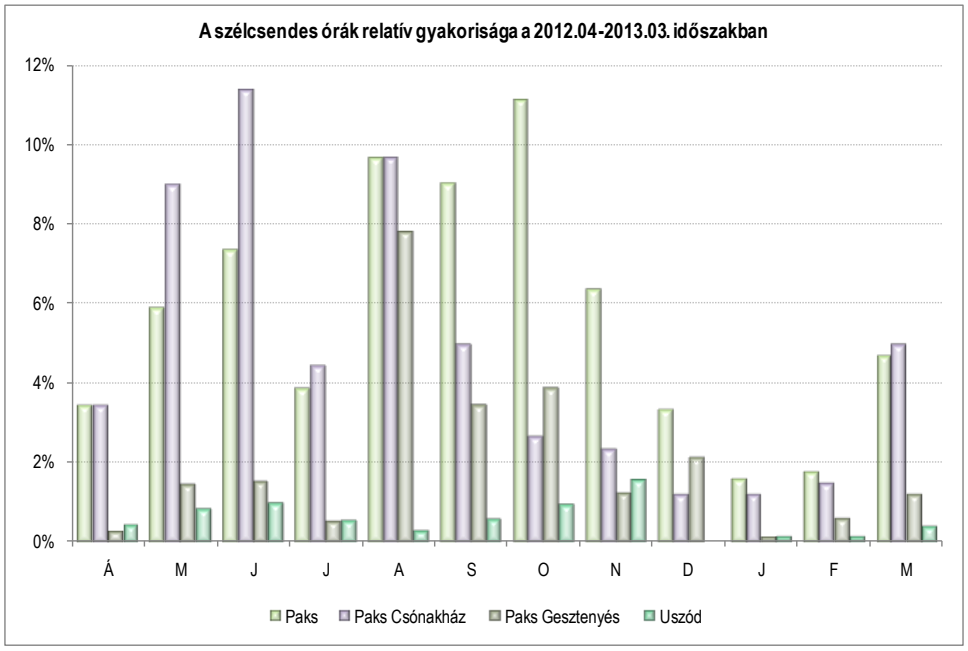
10.3.1-13. ábra: A szélirányok relatív gyakorisága Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2012.04-2013.03. időszakban

Következő ábránkon a havi átlagos szélsebességeket láthatjuk az időszakra (10.3.1-14. *ábra*). Egyértelműen látszik a négy állomás közti különbség, a legkisebb átlagos szeleket Pakson mértük, míg a legnagyobbakat Uszód állomáson. Az átlagos különbség e két állomás havi átlagszél értékei között 1,4 m/s. Paks Csónakház és Paks Gesztenyés

szélsebességei a két szélső értékeket mutató állomás között helyezkednek el, döntően Gesztenyés állomás átlagos szelei voltak nagyobbak, de akadt két hónap (augusztus és január), amikor Csónakház állomáson jegyeztünk nagyobb értéket.



10.3.1-14. ábra: Havi átlagos szélsebességek Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2012.04-2013.03. időszakban

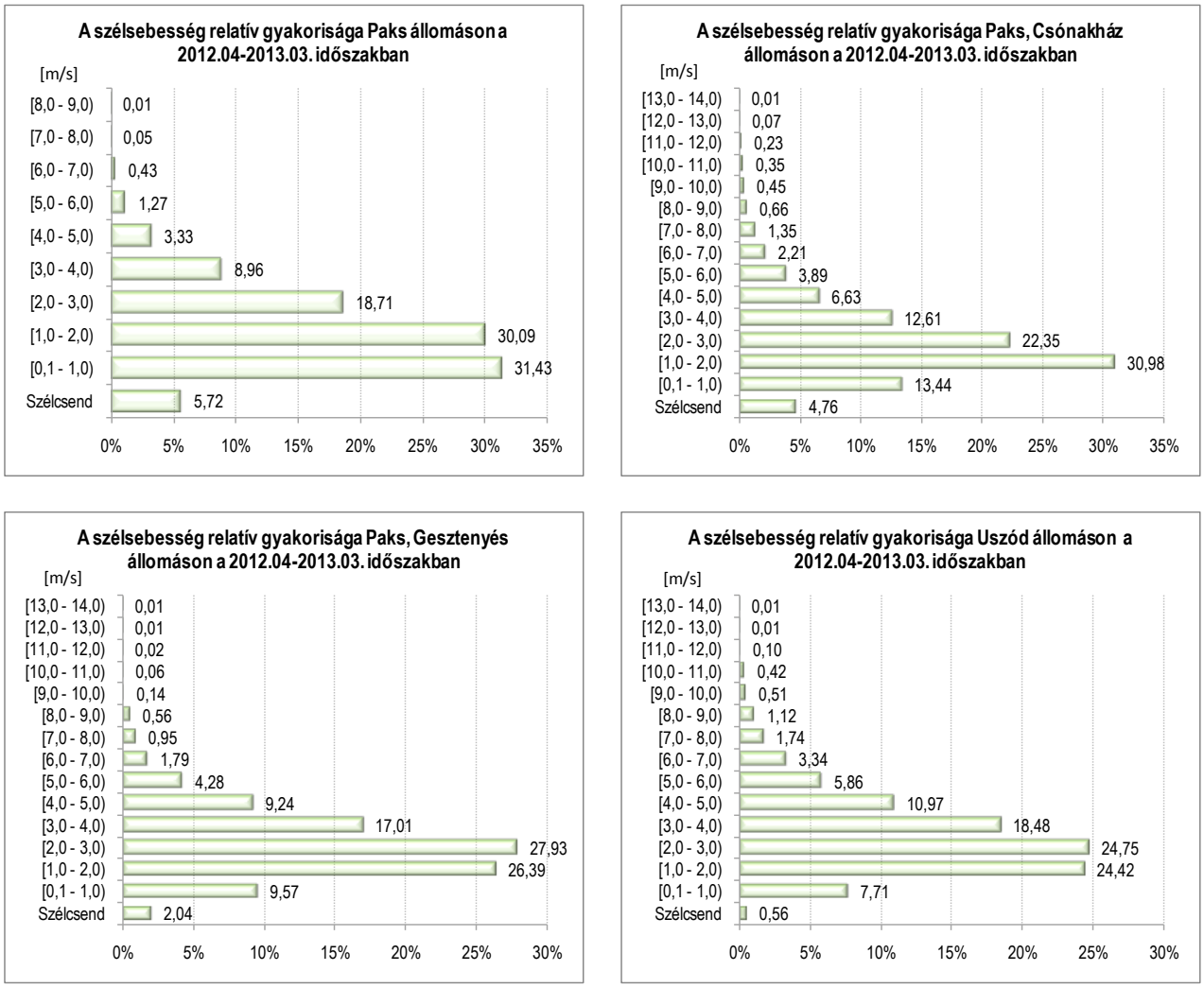


10.3.1-15. ábra: A szélcsendes órák relatív gyakorisága Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2012.04-2013.03. időszakban

A szélcsendes órák előfordulását tekintve szintén eltéréseket mutatnak az állomások (10.3.1-15. *ábra*). Paks és Paks Csónakház állomásokon gyakrabban figyeltünk meg a vizsgált időszakban szélcsendet, mint Paks Gesztenyés és Uszód állomás esetében. Az egész időszakot nézve Paks állomáson volt a leggyakoribb a szélcsend (5,7%), utána Paks Csónakház (4,8%) és Paks Gesztenyés állomáson (2%), a legritkább pedig Uszód állomáson (0,6%).

A szélsebesség relatív gyakorisági értékeit láthatjuk a 10.3.1-16. *ábra* diagramjain. Míg Paks esetében a 0,1-2 m/s közötti szélsebességek fordultak elő leggyakrabban, addig a másik három állomás esetében a nagyobb szélsebességek felé tolódott a hisztogram, ezen állomásokon az 1-3 m/s közötti értékek voltak a leggyakoribbak. A nagyobb szélsebességek

felé haladva egyre kisebb gyakoriságokat láthatunk, s Paks ebben is eltér a többi állomástól: A legnagyobb órás átlagos szélsebesség, mely Pakson előfordult, a 8-9 m/s közötti tartományba esik, míg a többi állomásnál ezen intervallumban jóval nagyobb gyakoriság jelentkezett, a legnagyobb órás átlagszél pedig 13-14 m/s közötti volt.

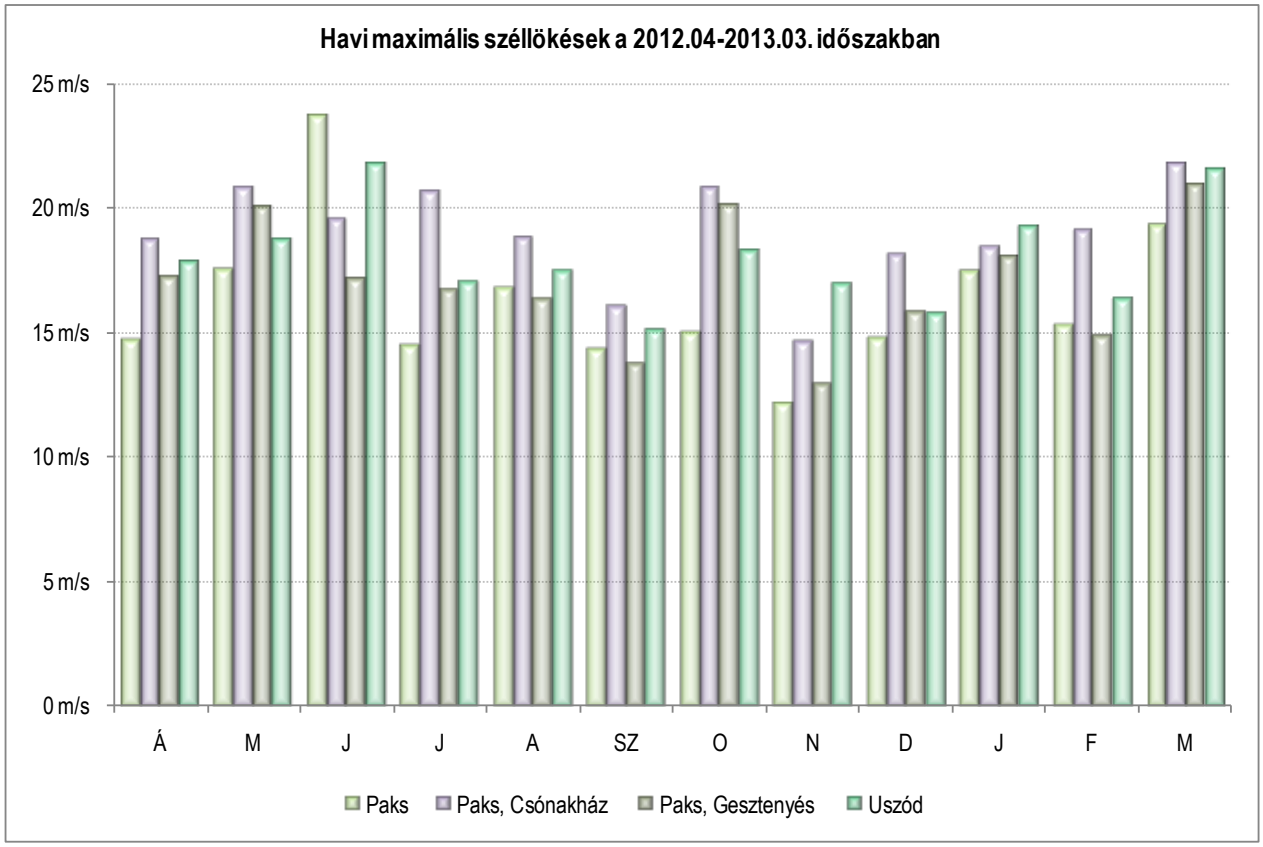


10.3.1-16. ábra: A szélsebesség relatív gyakorisága Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2012.04-2013.03. időszakban (órás átlag szélsebesség adatok alapján)

A havonta előforduló legnagyobb széllökések értékeit mutatja be következő ábránk (10.3.1-17. *ábra*). A 12 hónapból 9 hónapban Paks Csónakház állomáson jelentkezett a legnagyobb maximális széllökés, míg 8 hónapban Paks állomáson a legkisebb maximális széllökés a négy állomás közül. A 12 hónap legmagasabb értékét (23,7 m/s) azonban június hónapban, Paks állomáson regisztráltuk.

A 10.3.1-9. *táblázat*ban a maximális széllökés szélirányok szerinti gyakoriságát adtuk közre. Az adatok alapján láthatjuk, hogy Paks és Paks Csónakház esetében az ÉNy-i irányú maximális széllökés volt a leggyakoribb, míg a másik két állomásnál az ÉÉNy-i irányú.

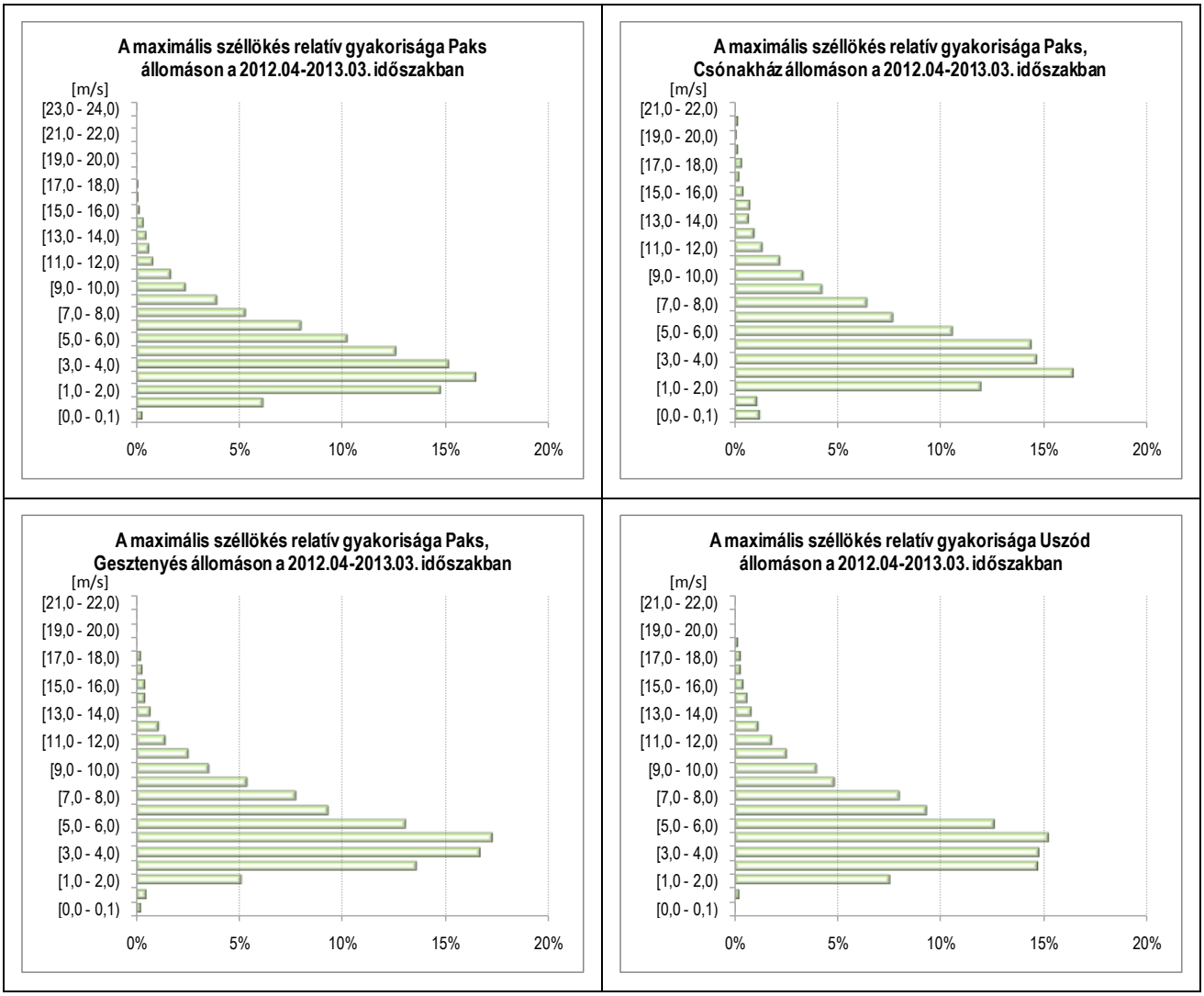
A maximális széllökés sebesség szerinti gyakoriságát is kiszámoltuk, e hisztogramok láthatók a 10.3.1-18. *ábra* diagramjain. Legnagyobb gyakorisággal a 2-6 m/s közötti maximális széllökések jelentkeztek mind a négy állomáson.



10.3.1-17. ábra: Havi maximális széllökések Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2012.04-2013.03. időszakban

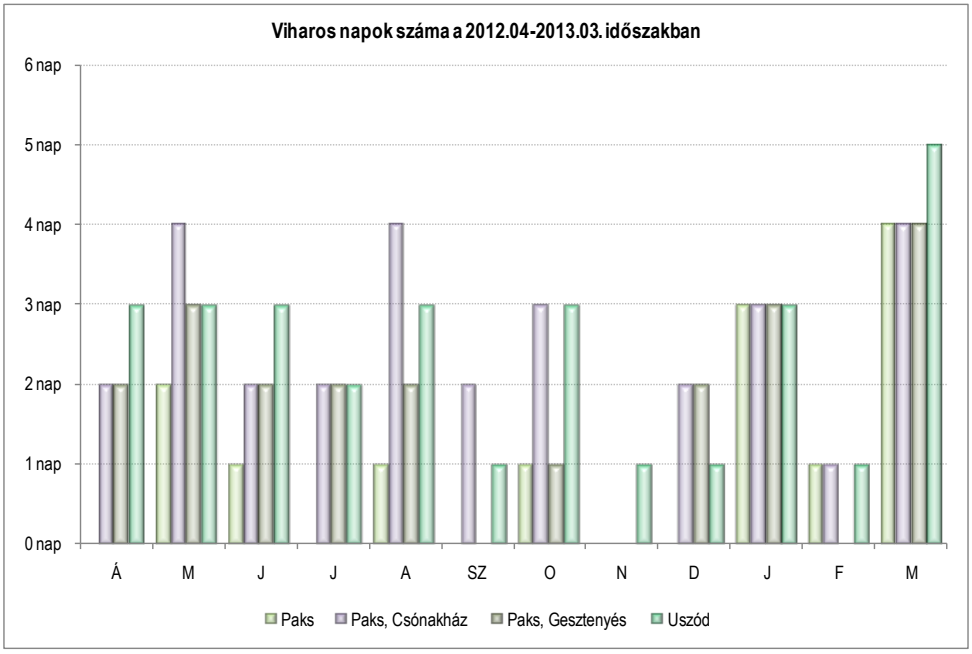
A maximális széllökés szélirány szerinti relatív gyakorisága a 2012.04-2013.03. időszakban								
	É	**ÉÉK**	**ÉK**	**KÉK**	**K**	**KDK**	**DK**	**DDK**
Paks	6,801	8,473	12,469	1,775	2,645	2,278	6,103	4,122
Paks Csónakház	3,608	3,191	7,586	6,545	4,833	4,880	3,677	7,227
Paks Gesztenyés	2,209	5,231	5,002	4,658	3,525	4,040	7,669	10,850
Uszód	2,386	6,782	4,635	3,242	2,946	4,510	7,307	6,485
	D	**DDNY**	**DNY**	**NYDNY**	**NY**	**NYÉNY**	**ÉNY**	**ÉÉNY**
Paks	10,785	5,335	7,763	2,736	4,408	4,534	13,591	6,183
Paks Csónakház	5,863	7,516	1,214	5,527	7,724	6,869	15,206	8,534
Paks Gesztenyés	7,268	4,006	4,292	3,067	6,307	5,952	6,822	19,103
Uszód	7,364	8,346	4,453	4,829	3,220	6,371	10,458	16,669

10.3.1-9. táblázat: A maximális széllökés szélirány szerinti relatív gyakorisága Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2012.04-2013.03. időszakban (órás adatok alapján)



10.3.1-18. ábra: A maximális széllökés sebesség szerinti relatív gyakorisága Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2012.04-2013.03. időszakban (órás adatok alapján)

Végezetül a viharos napok havi számát mutatjuk be a 10.3.1-19. *ábra* diagramján. A legtöbb viharos napot 2013 márciusában Uszód állomáson figyeltük meg (5 napon haladta meg a maximális széllökés a 15 m/s-ot). Az egész időszakot tekintve Paks Csónakház és Uszód állomásokon regisztráltuk a legtöbb viharos napot, szám szerint 29-29 napot, Paks Gesztenyés állomáson 21 napon teljesült ez a kritérium, míg Paks állomáson csupán 13 olyan nap volt, amikor 15 m/s-ot meghaladó széllökést mértünk.

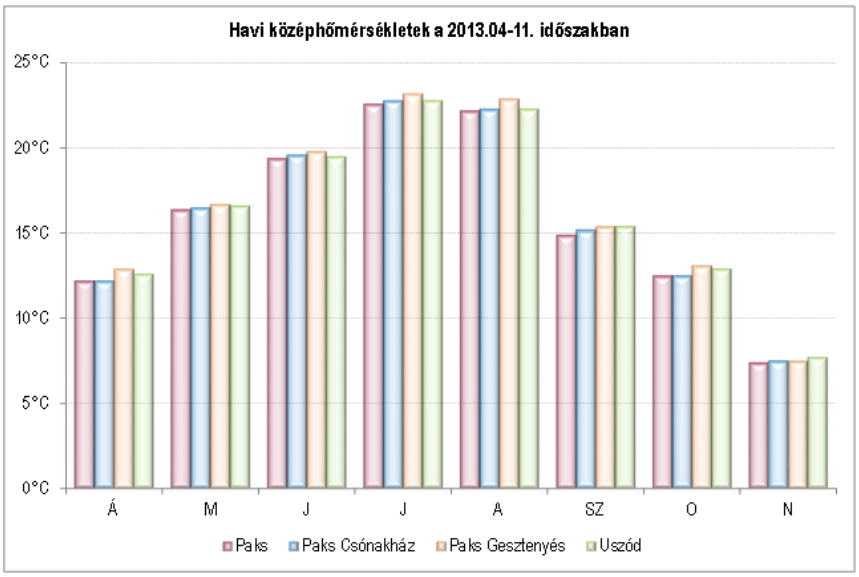


10.3.1-19. ábra: A viharos napok száma havonta Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2012.04-2013.03. időszakban

10.3.1.3 A négy paksi állomás 2013. április 1. – 2013. november 30. időszakra vonatkozó adatainak összehasonlítása

10.3.1.3.1 Hőmérséklet

A második mérési időszakban szintén kis eltéréseket figyelhetünk meg a négy állomás havi középhőmérsékletei között (10.3.1-20. *ábra*). A kilenc hónapra vonatkozóan Paks Gesztenyés állomáson volt a legmagasabb az időszakos átlaghőmérséklet (16,4°C), majd Uszód (16,2°C) és Paks Csónakos (16,1°C) állomás következett, s legvégül Paks (16,0°C). Az előző időszakhoz hasonlóan, Paks Gesztenyés és Uszód állomás magasabb értékei a városi hőhatásra (Gesztenyés esetében), illetve a délebbi fekvésre (Uszód) utalhatnak. A havi középhőmérséklet szempontjából ebben az időszakban is Paks és Paks Csónakház állomások hasonlítanak a leginkább.



10.3.1-20. ábra: Havi középhőmérsékletek alakulása Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2013.04-2013.11. időszakban

Az időszak legnagyobb maximumhőmérséklete Paks Gesztenyés állomáson júliusra, míg a többi állomáson augusztusra esett (10.3.1-10. *táblázat*). A legmelegebbet Paks állomáson mértük, itt az augusztusi maximum 39,1°C volt, mely új augusztusi rekord az állomás sorában (a tavalyi 39,0°C után). De nem csak ez, hanem április kivételével az összes hónap esetében Paks állomáson mértük a legnagyobb havi maximumhőmérsékletet a négy állomás közül.

A legalacsonyabb maximumhőmérsékletek – az előző időszakhoz hasonlóan – három hónap kivételével Paks Gesztenyés állomáson jelentkeztek, s az időszak legkisebb maximumhőmérsékletét is itt mértük novemberben (1,8°C).

	Maximumhőmérsékletek szélsőségei [°C]							
	Paks		Paks Csónakház		Paks Gesztenyés		Uszód	
	Legala-csonyabb	Legma-gasabb	Legala-csonyabb	Legma-gasabb	Legala-csonyabb	Legma-gasabb	Legala-csonyabb	Legma-gasabb
Április	5,6	30,3	5,7	30,5	5,4	29,8	5,7	29,4
Május	14,6	32,3	14,8	31,6	14,6	31,2	14,2	30,8
Június	16,0	36,4	16,1	35,8	15,9	35,6	15,5	34,9
Július	25,0	38,6	24,8	38,5	24,7	38,1	24,2	37,4
Augusztus	23,2	**39,1**	22,3	38,6	22,2	37,8	22,9	37,7
Szeptember	12,7	29,2	12,7	28,1	12,5	27,7	12,9	28,3
Október	11,9	26,7	11,4	26,1	11,2	26,0	12,1	25,2
November	2,2	21,6	2,4	21,3	1,8	20,9	2,4	20,7

10.3.1-10. táblázat: Maximumhőmérsékletek szélsőségei havonta Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2013.04-2013.11. időszakban

	Minimumhőmérsékletek szélsőségei [°C]							
	Paks		Paks Csónakház		Paks Gesztenyés		Uszód	
	Legala-csonyabb	Legma-gasabb	Legala-csonyabb	Legma-gasabb	Legala-csonyabb	Legma-gasabb	Legala-csonyabb	Legma-gasabb
Április	-0,7	11,6	-0,3	12,9	-0,5	14,9	0,4	15,7
Május	4,4	15,1	5,2	15,4	6,7	16,5	6,7	15,9
Június	8,2	20,2	9,3	21,9	9,4	22,7	9,0	21,6
Július	7,1	19,0	8,3	19,5	9,8	23,0	8,4	19,3
Augusztus	8,3	20,7	9,7	20,8	11,4	20,3	9,6	20,6
Szeptember	4,6	15,6	6,0	15,8	6,4	15,5	5,5	16,0
Október	**-5,0**	12,7	-3,5	12,6	-1,9	13,6	-3,4	13,4
November	-3,8	9,8	-3,5	10,3	-3,5	10,2	-1,6	10,6

10.3.1-11. táblázat: Minimumhőmérsékletek szélsőségei havonta Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2013.04-2013.11. időszakban

Ugyanígy a minimumhőmérsékletek szélsőségeit is kigyűjtöttük (10.3.1-11. *táblázat*). A legalacsonyabb havi minimumhőmérsékleteket rendre Paks állomáson mértük, tehát az előző időszakhoz hasonlóan ebben a periódusban is ezen az állomáson volt a legnagyobb a havi hőingás. A legkisebb minimumhőmérsékletet is itt mértük, októberben -5°C-os havi minimum jelentkezett.

A legmagasabb havi minimumhőmérsékletek Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon jelentkeztek (legtöbbször a Gesztenyés utcában). Az időszak legmagasabb minimumhőmérsékletét, 23,0°C-ot Paks Gesztenyés állomáson mértük, júliusban.

A meleg küszöbnapokat tekintve Paks állomás egy kevéssel kiemelkedett a többi állomás közül, itt mértük a legtöbb nyári (104 nap), hőség (46 nap) és forró napot (14 nap) is a négy állomás közül (10.3.1-12. *táblázat* - 10.3.1-14. *táblázat*). A legtöbb meleg küszöbnap augusztusban jelentkezett az állomásokon, ekkor Pakson a hónap minden napja nyári nap (25°C feletti maximumhőmérsékletű nap) volt, de a többi állomáson is csak 1 vagy 2 napon adódott 25°C-nál alacsonyabb maximumhőmérséklet. A hónap körülbelül felében teljesült a hőségnap definíciója, míg forró napot is jelentős számban regisztráltunk. Érdemes megemlíteni, hogy áprilisban Paks és Paks Csónakház állomásokon 1-1 napon 30°C feletti maximumhőmérséklet is jelentkezett, s októberben is mértünk még néhány napon 25°C feletti maximumot.

	Nyári napok (Tmax≥25°C) száma			
	Paks	Paks Csónakház	Paks Gesztenyés	Uszód
Április	8	7	6	6
Május	11	8	6	6
Június	15	14	15	14
Július	31	30	29	29
Augusztus	28	26	25	25
Szeptember	8	8	6	8
Október	3	2	2	2

10.3.1-12. táblázat: Nyári napok száma havonta Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2013.04-2013.11. időszakban

	Hőségnapok (Tmax≥30°C) száma			
	Paks	Paks Csónakház	Paks Gesztenyés	Uszód
Április	1	1	0	0
Május	2	2	2	1
Június	7	7	7	7
Július	21	16	15	15
Augusztus	15	14	15	14
Szeptember	0	0	0	0
Október	0	0	0	0

10.3.1-13. táblázat: Hőségnapok száma havonta Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2013.04-2013.11. időszakban

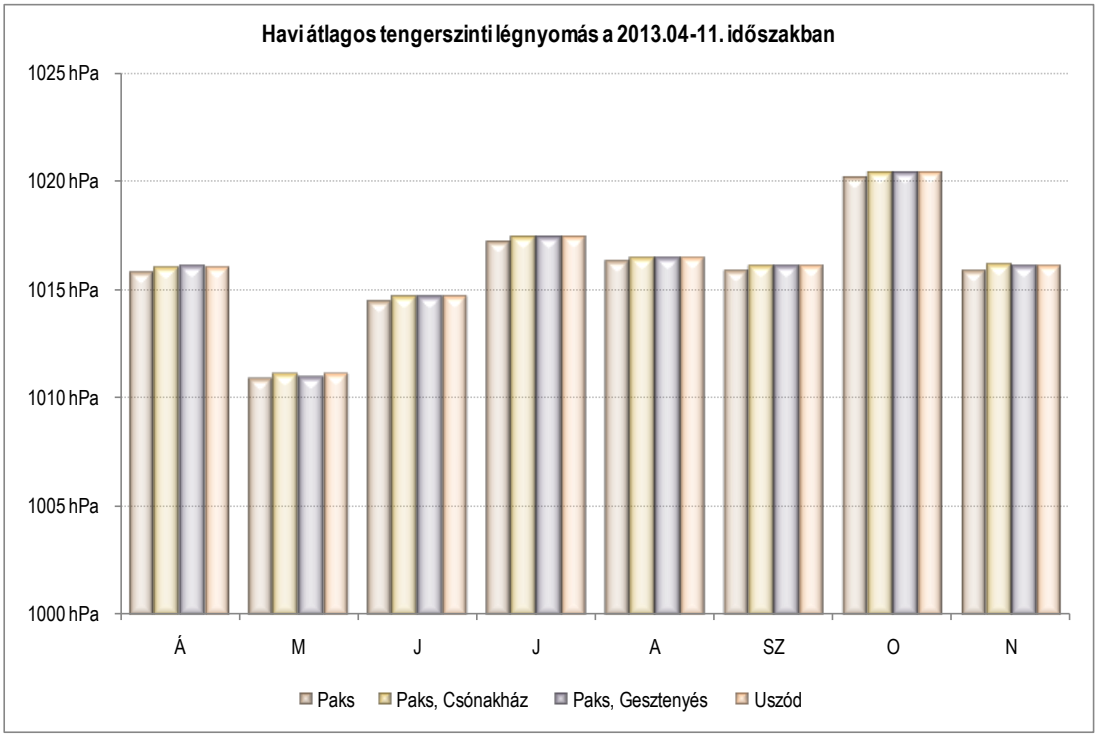
	Forró napok (Tmax≥35°C) száma			
	Paks	Paks Csónakház	Paks Gesztenyés	Uszód
Április	0	0	0	0
Május	0	0	0	0
Június	3	4	3	0
Július	3	2	2	2
Augusztus	8	5	6	5
Szeptember	0	0	0	0
Október	0	0	0	0

10.3.1-14. táblázat: Forró napok száma havonta Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2013.04-2013.11. időszakban

10.3.1.3.2 Légnyomás

Ahogy az előző időszakban is láttuk, a tengerszintre átszámított légnyomás havi átlagai ekkora területen belül csupán néhány tizedes eltérést mutatnak (10.3.1-21. *ábra*). A legnagyobb értékeket októberben mértük, a legkisebbeket pedig májusban.

A legnagyobb tengerszinti légnyomást, 1034,5 hPa-t Paks Csónakház és Uszód állomásokon mértük 2013.október 4-én, míg a legkisebbet, 996,5 hPa-t Paks állomáson november 5-én (10.3.1-15. *táblázat*).



10.3.1-21. ábra: Havi átlagos tengerszinti légnyomás Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2013.04-2013.11. időszakban

	A tengerszinti légnyomás szélsőségei [hPa]							
	Paks		Paks Csónakház		Paks Gesztenyés		Uszód	
	Legala-csonyabb	Legma-gasabb	Legala-csonyabb	Legma-gasabb	Legala-csonyabb	Legma-gasabb	Legala-csonyabb	Legma-gasabb
Április	1001,8	1028,5	1002,2	1028,9	1002,3	1029,0	1002,0	1028,8
Május	999,9	1021,1	1000,2	1021,4	1000,2	1021,2	1000,0	1021,3
Június	1003,9	1024,0	1004,1	1024,2	1004,1	1024,1	1004,0	1024,1
Július	1009,3	1024,5	1009,5	1024,7	1009,4	1024,6	1009,6	1024,6
Augusztus	1008,9	1022,8	1009,2	1023,2	1009,0	1023,1	1009,0	1023,2
Szeptember	997,5	1026,8	997,9	1027,0	997,9	1027,0	997,9	1027,1
Október	1005,1	1034,1	1004,9	1034,5	1005,3	1034,3	1005,0	1034,5
November	996,5	1032,0	996,7	1032,3	996,8	1032,2	996,6	1032,2

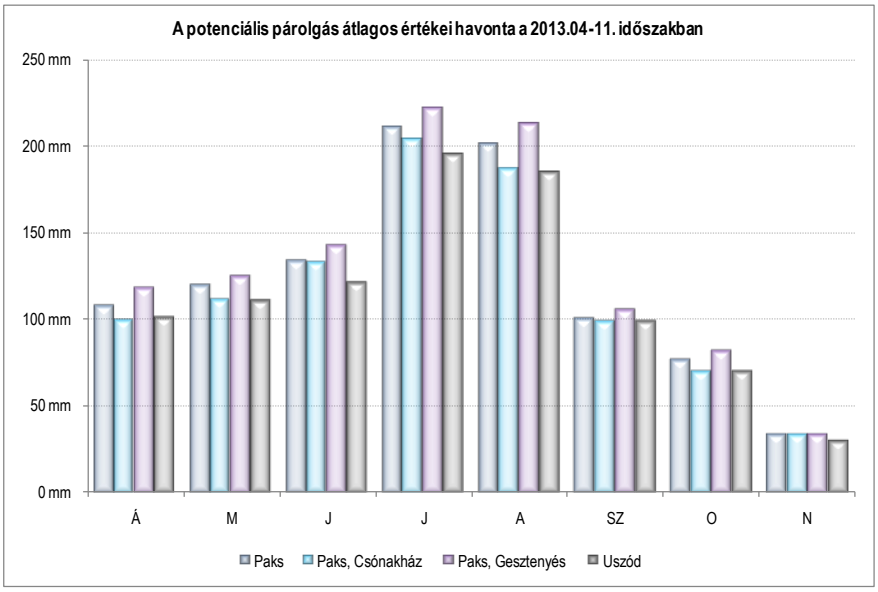
10.3.1-15. táblázat: A tengerszinti légnyomás szélsőségei havonta Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2013.04-2013.11. időszakban

10.3.1.3.3 Légnedvesség

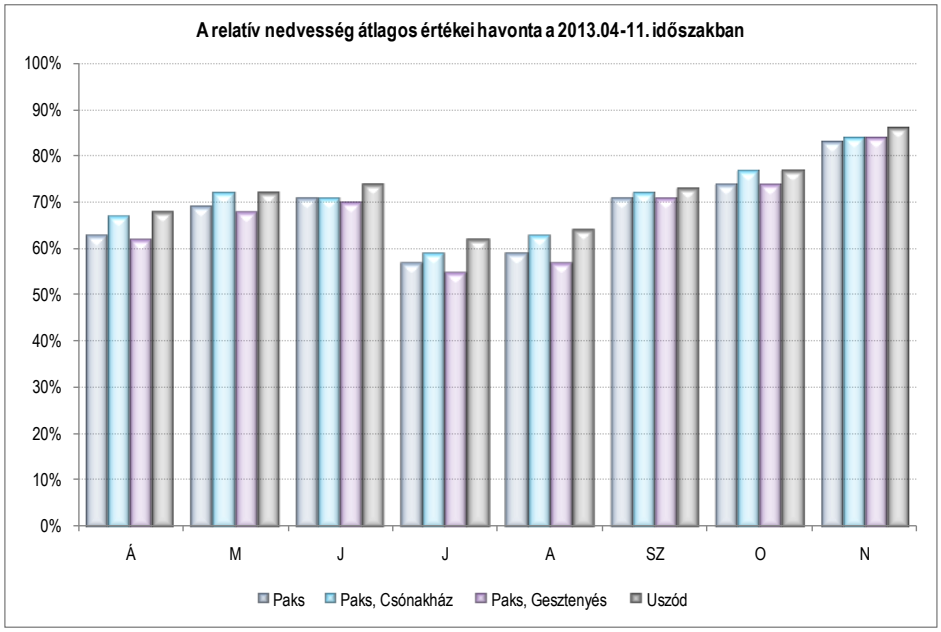
A potenciális párolgás (10.3.1-22. *ábra*) és a relatív nedvesség (10.3.1-23. *ábra*) havi értékei is körülbelül együtt mozogtak az időszakban a négy állomáson.

A potenciális párolgás esetében nagyobb eltérések a nyári időszak folyamán jelentkeztek. A hónapok során Paks Gesztenyés állomáson mértük a legnagyobb értékeket, míg általában Uszód állomáson a legkisebbeket.

A relatív nedvesség novemberben volt a legnagyobb a térségben, s július-augusztusban a legkisebb.



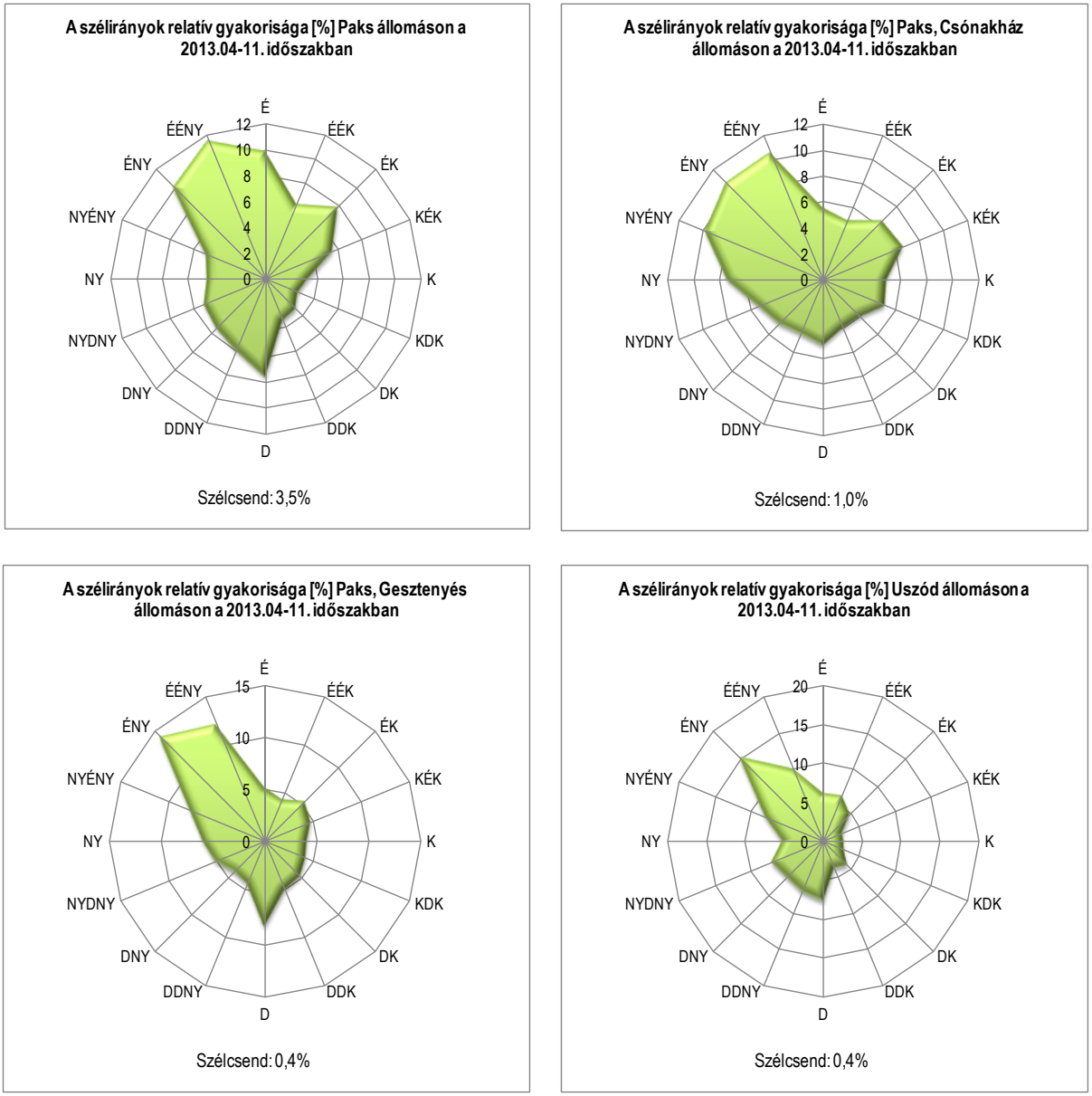
10.3.1-22. ábra: A potenciális párolgás átlagos értékei havonta Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2013.04-2013.11. időszakban



10.3.1-23. ábra: A relatív nedvesség átlagos értékei havonta Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2013.04-2013.11. időszakban

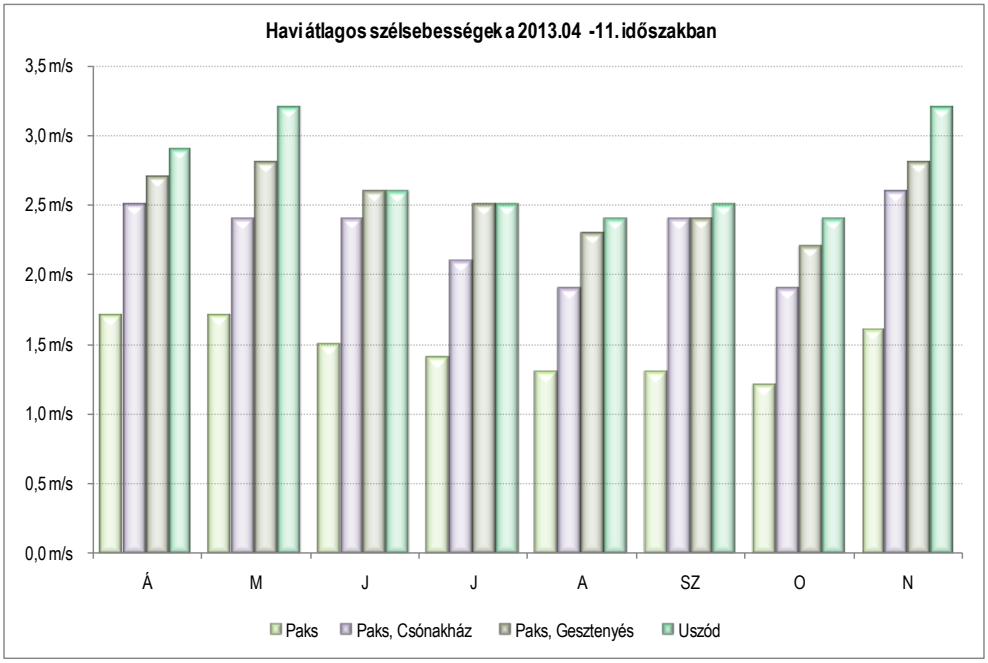
10.3.1.3.4 Szél

A szélsebességet és a szélirányt – ahogy már említettük – a nagyléptékű időjárási rendszerek meghatározó hatása mellett nagymértékben befolyásolják a domborzati, felszínborítottsági és beépítettségi jellemzők is, így ez az elem jóval nagyobb eltéréseket mutat a 4 állomás esetében. A szélirányok relatív gyakoriságát ábrázoló szélrózsákat láthatjuk az alábbi diagramokon (10.3.1-24. *ábra*). Paks állomáson az uralkodó szélirány az ÉÉNy-i volt, de az ÉNy-i és az É-i irány csak kevéssel maradt el ettől, s ezek mellett erős másodmaximumként a D-i irány rajzolódott ki. Paks Csónakház esetében a leggyakoribb az ÉÉNy-i, az ÉNy-i és a NyÉNy-i szél volt, másodmaximumot nem tudunk kiemelni. Paks Gesztenyés állomáson az ÉNy-i szél volt a leggyakoribb, de emellett az ÉÉNy-i is sokszor előfordult, s másodmaximumként a D-i irány jelentkezett. Uszód állomáson egyértelműen az ÉNy-i szél dominált.

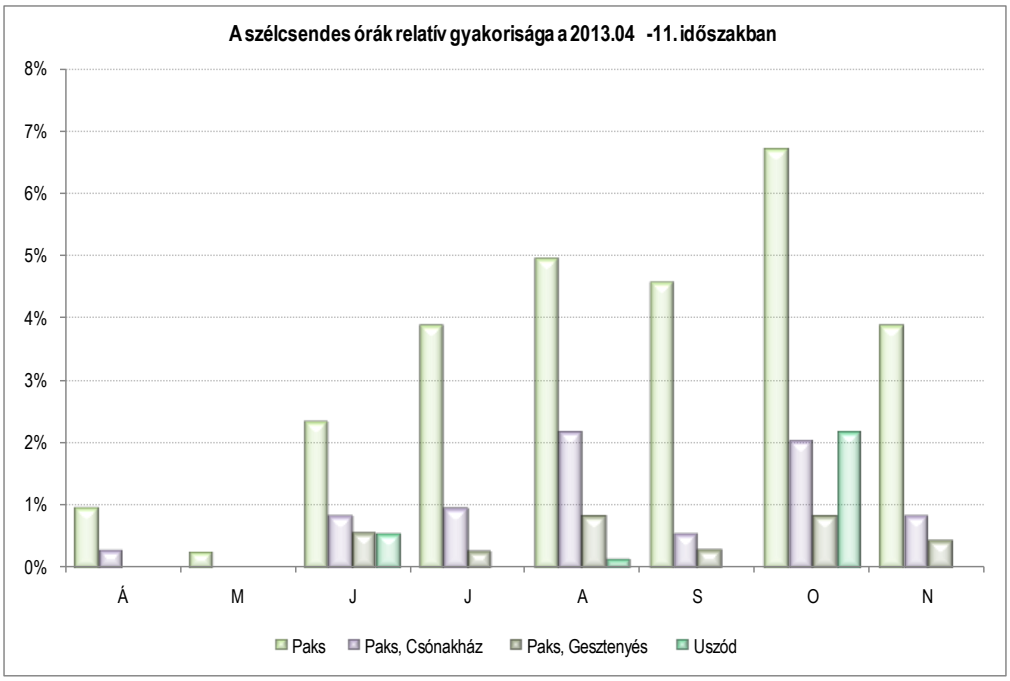


10.3.1-24. ábra: A szélirányok relatív gyakorisága Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2013.04-2013.11. időszakban

Következő ábránkon a havi átlagos szélsebességeket láthatjuk (10.3.1-14. *ábra*). Az előző időszakhoz hasonlóan itt is egyértelműen látszik a négy állomás közti különbség, a legkisebb átlagos szeleket ismét Pakson mértük, míg a legnagyobbakat Uszód állomáson. Az átlagos különbség e két állomás havi átlagszél értékei között 1,25 m/s volt az időszakban. A második legszelesebb állomás Paks Gesztenyés volt, a harmadik pedig Paks Csónakház. A legszelesebb hónapok az április, a május és a november voltak, a legkisebb havi átlagokat pedig az augusztus-október időszakban mértük.



10.3.1-25. ábra: Havi átlagos szélsebességek Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2013.04-2013.11. időszakban

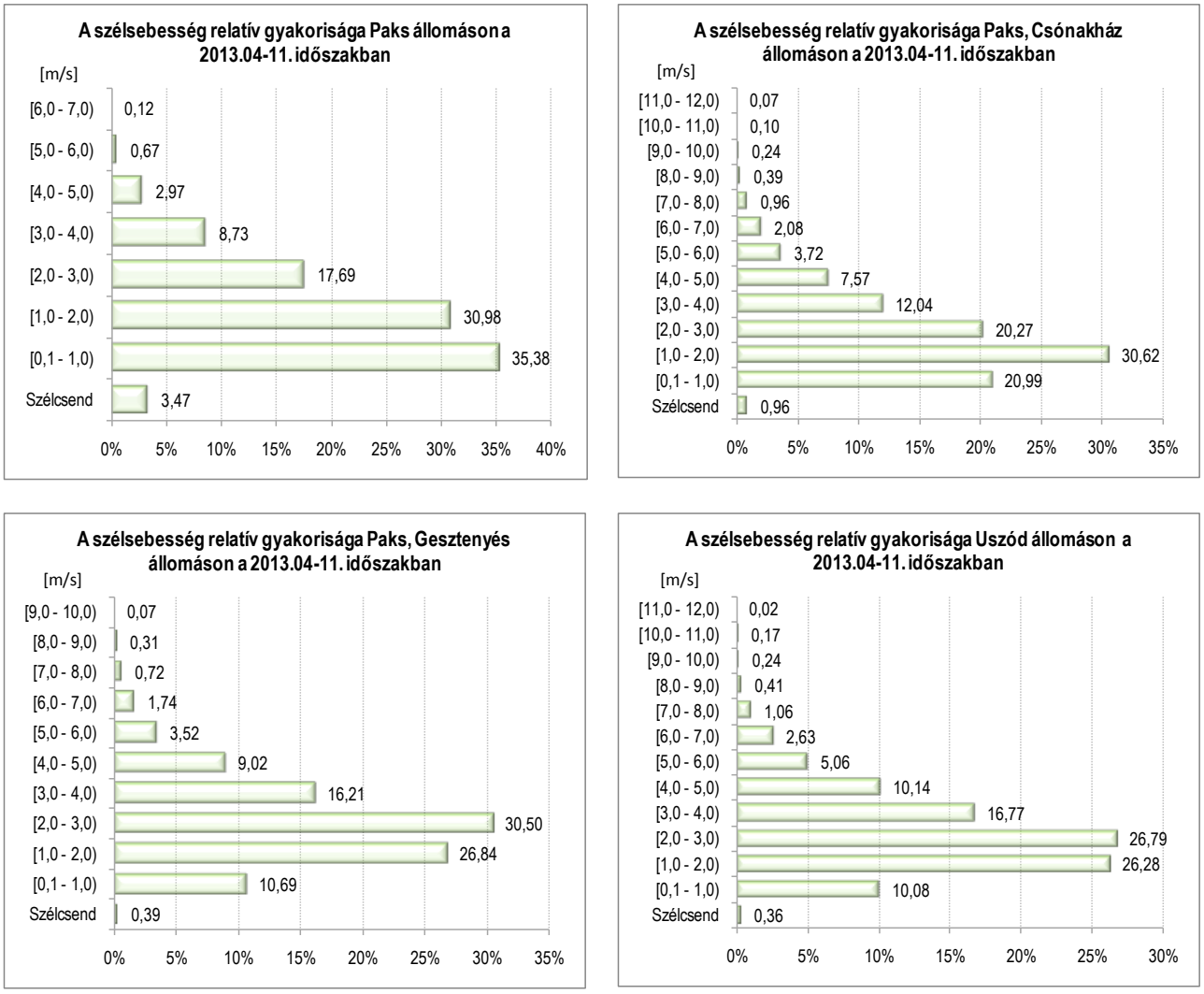


10.3.1-26. ábra: A szélcsendes órák relatív gyakorisága Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2013.04-2013.11. időszakban

A szélcsendes órák előfordulását tekintve szintén eltéréseket mutatnak az állomások (10.3.1-26. *ábra*). Az egész időszakot nézve Paks állomáson volt a leggyakoribb a szélcsend (3,5%), utána Paks Csónakház (1,0%) következett, legritkábban pedig Paks Gesztenyés (0,4%) és Uszód állomáson (0,4%) fordult elő. A hónapokat tekintve a legtöbb szélcsendes időszakot októberben figyeltük meg, míg április-májusban egyes állomásokon nem is regisztráltunk szélcsendes órát.

A szélsebesség relatív gyakorisági értékeit láthatjuk a 10.3.1-27. *ábra* diagramjain. Míg Paks esetében a 0,1-1 m/s közötti, Paks Csónakház esetében az 1-2 m/s közötti szélsebességek fordultak elő leggyakrabban, addig a másik két állomás esetében a 2-3 m/s közötti értékek voltak a leggyakoribbak. A nagyobb szélsebességek felé haladva egyre kisebb gyakoriságokat láthatunk. A legnagyobb órás átlagos szélsebességek különbözőek voltak a négy állomáson, Pakson a 6-7

m/s közötti tartományba estek a maximumok, Paks Gesztenyés állomáson 9-10 m/s közé, míg Paks Csónakház és Uszód állomásokon a 11-12 m/s intervallumba.

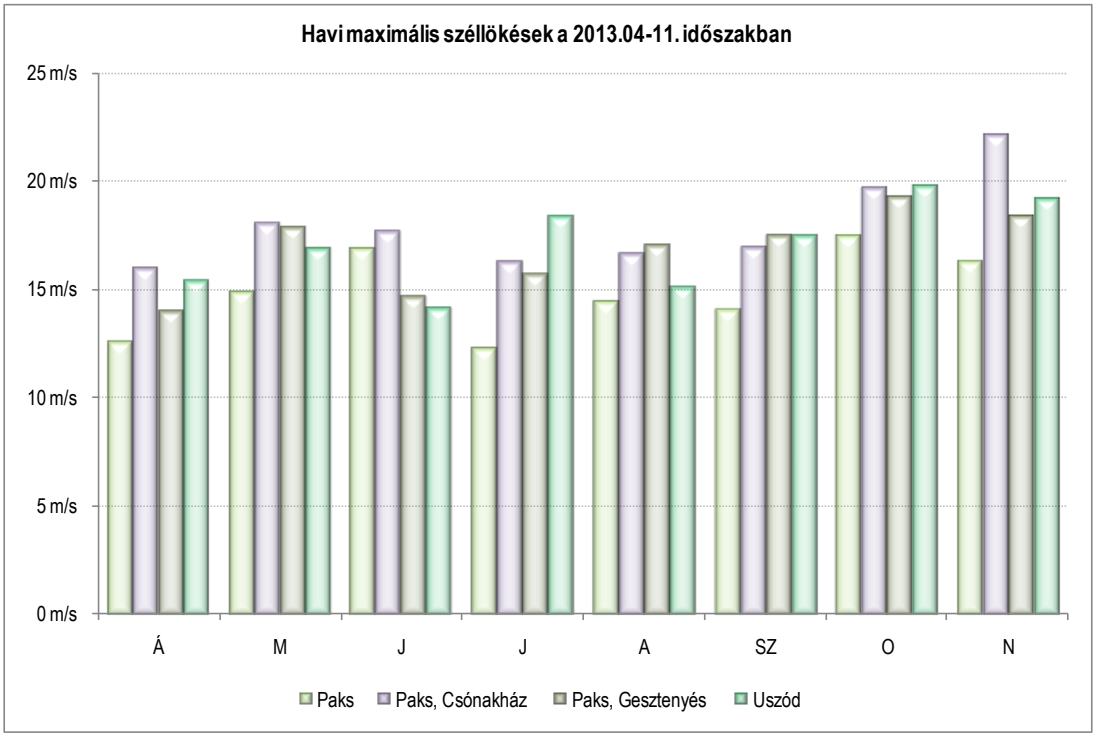


10.3.1-27. ábra: A szélsebesség relatív gyakorisága Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2013.04-2013.11. időszakban (órás átlag szélsebesség adatok alapján)

A havonta előforduló legnagyobb széllökések értékeit mutatja be következő ábránk (10.3.1-28. *ábra*). A 8 hónapból 4 hónapban Paks Csónakház állomáson jelentkezett a legnagyobb maximális széllökés, míg 7 hónapban Paks állomáson a legkisebb maximális széllökés a négy állomás közül. A legmagasabb szélmaximumot az időszakban (22,2 m/s) november hónapban, Paks Csónakház állomáson regisztráltuk.

A 10.3.1-16. *táblázat*ban a maximális széllökés szélirányok szerinti gyakoriságát adtuk közre. Az adatok alapján láthatjuk, hogy Paks esetében az ÉNy-i irányú maximális széllökés volt a leggyakoribb, míg a másik három állomásnál az ÉÉNy-i irányú.

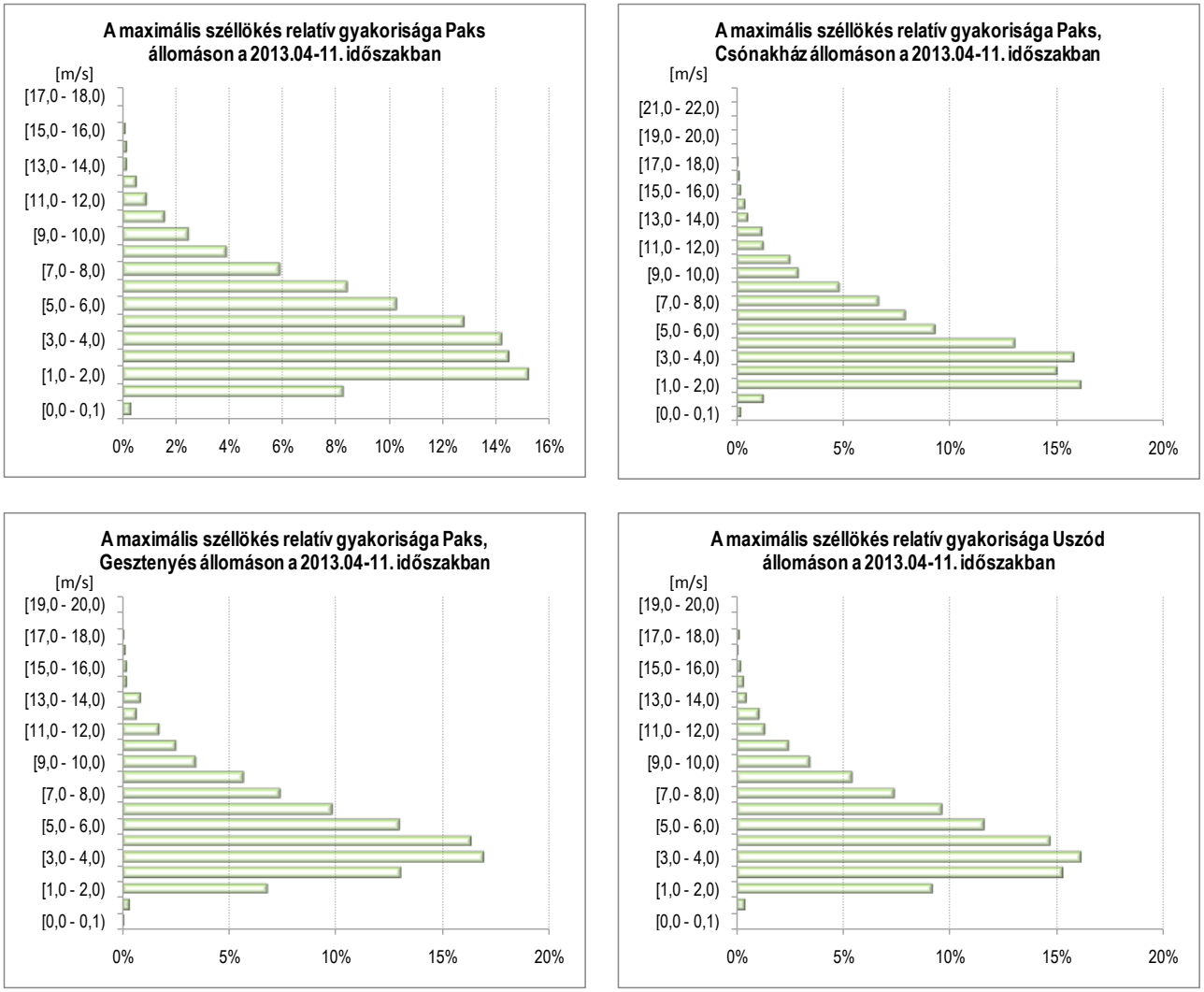
A maximális széllökés sebesség szerinti gyakoriságát is kiszámoltuk, e hisztogramok láthatók a 10.3.1-29. *ábra* diagramjain. Legnagyobb gyakorisággal a 2-5 m/s közötti maximális széllökések jelentkeztek mind a négy állomáson.



10.3.1-28. ábra: Havi maximális széllökések Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2013.04-2013.11. időszakban

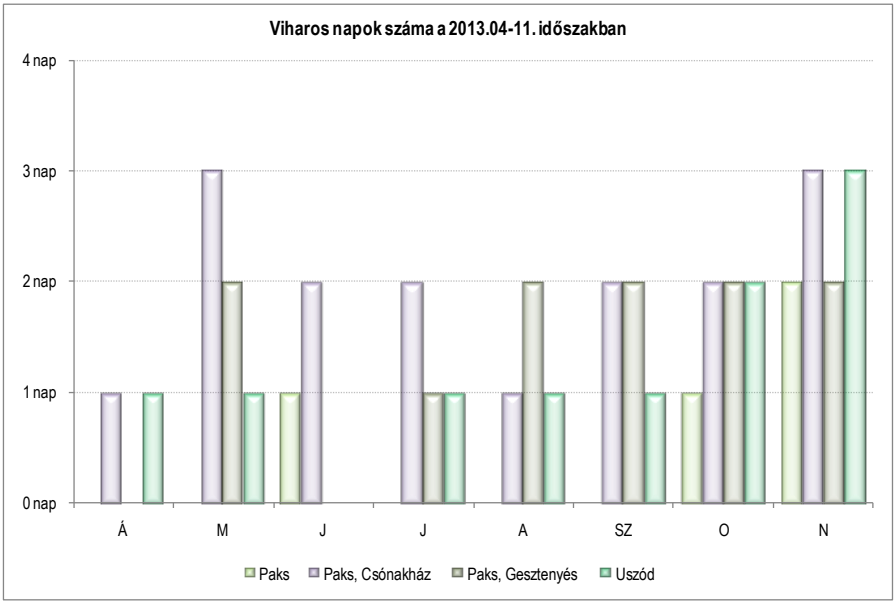
A maximális széllökés szélirány szerinti relatív gyakorisága a 2013.04-11. időszakban								
	É	**ÉÉK**	**ÉK**	**KÉK**	**K**	**KDK**	**DK**	**DDK**
Paks	7,816	8,913	13,233	1,903	2,125	1,680	4,457	2,725
Paks Csónakház	2,312	3,082	6,318	10,068	4,675	4,658	2,192	4,452
Paks Gesztenyés	5,079	5,079	6,840	4,976	3,779	3,505	4,856	6,601
Uszód	2,000	7,588	5,127	3,247	3,076	3,179	4,392	4,375
	D	**DDNY**	**DNY**	**NYDNY**	**NY**	**NYÉNY**	**ÉNY**	**ÉÉNY**
Paks	8,296	5,091	8,588	3,445	4,542	5,022	15,787	6,376
Paks Csónakház	4,418	6,712	2,003	5,890	8,202	10,651	8,784	15,582
Paks Gesztenyés	6,857	4,343	3,882	3,779	6,874	8,345	10,226	14,979
Uszód	6,751	8,392	4,820	6,153	4,239	8,939	11,451	16,271

10.3.1-16. táblázat: A maximális széllökés szélirány szerinti relatív gyakorisága Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2013.04-2013.11. időszakban (órás adatok alapján)



10.3.1-29. ábra: A maximális széllökés sebesség szerinti relatív gyakorisága Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2013.04-2013.11. időszakban (órás adatok alapján)

Végezetül a viharos napok havi számát mutatjuk be a 10.3.1-30. *ábra* diagramján. A legtöbb viharos napot májusban Paks Csónakház, valamint novemberben Paks Csónakház és Uszód állomásokon figyeltük meg (3-3 napon haladta meg a maximális széllökés a 15 m/s-ot). Az egész időszakot tekintve Paks Csónakház állomáson regisztráltuk a legtöbb viharos napot, szám szerint 16 napot, Paks Gesztenyés állomáson 11 napon, Uszódon pedig 10 napon teljesült ez a kritérium, míg Paks állomáson csupán 4 olyan nap volt, amikor 15 m/s-ot meghaladó széllökést mértünk.



10.3.1-30. ábra: A viharos napok száma havonta Paks, Paks Csónakház, Paks Gesztenyés és Uszód állomásokon a 2013.04-2013.11. időszakban

10.3.1 ÖSSZEFOGLALÁS

Elemeztük és összevetettük a Pakson és környékén telepített négy állomás 2012. április és 2013. november között mért adatait.

Az első részben Paks állomás méréseit hasonlítottuk össze a sokéves átlagokkal. Az országos viszonyokhoz hasonlóan azt kaptuk, hogy a vizsgált időszak az 1981-2010-es átlagoknál (két hónap kivételével) melegebbnek bizonyult. A nedvességi paraméterek a légtér szárazságát mutatták az időszak első felében és nedvesebbé válását az ősz közepétől. A szélsebességeket vizsgálva láthattuk, hogy január kivételével az összes hónapban normál alatti havi átlagok adódtak, januárban és márciusban azonban az átlagosnál jóval több viharos napot regisztráltunk.

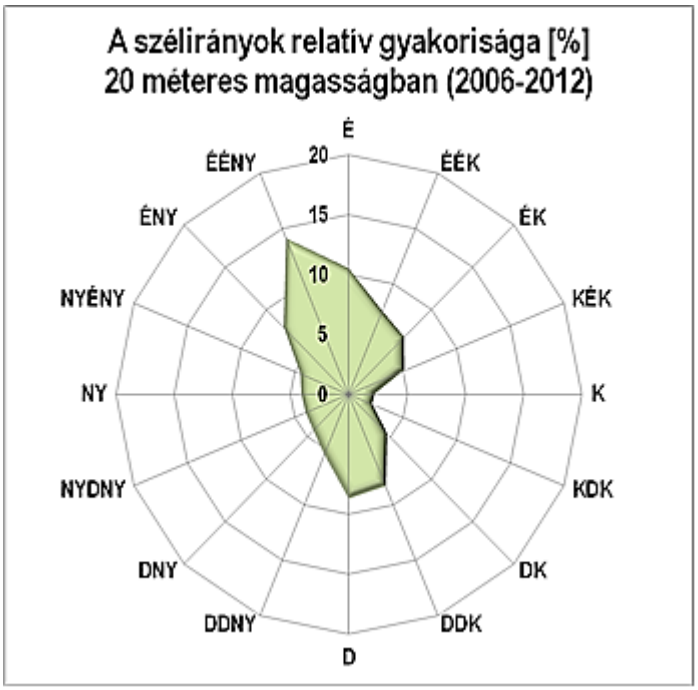
A második és harmadik részben a négy állomás adatait hasonlítottuk össze, két időszakra bontva. Az állomások egymáshoz való közelsége miatt a legtöbb meteorológiai paraméter igen hasonló értékeket mutatott, nagyobb különbségek csak a szélviszonyokban adódtak. A minimum- és maximumhőmérsékletek szélsőségeit tekintve azt találtuk, hogy a legnagyobb havi maximumhőmérsékletek és a legalacsonyabb havi minimumhőmérsékletek is Paks állomáson jelentkeztek legtöbbször, tehát ez az állomás mutatta a vizsgált időszakban a legnagyobb havi hőingásokat. A tengerszinti légnyomás és a nedvességi paraméterek nagyon hasonlóan alakultak a négy állomáson. A szélviszonyokat vizsgálva azonban mind a szélsebességekben, mind a szélirányokban láthattunk különbségeket. A legfontosabb kiemelni, hogy Paks állomás bizonyult a legkevésbé szeles állomásnak, kisebb átlagos szélsebességek, több szélcsendes óra és kisebb maximális széllökések jellemezték, mint a többi három állomást. Az átlagos szélsebességeket és szélcsendes órákat tekintve Uszód állomás bizonyult a legszelesebbnek, a legnagyobb maximális széllökéseket azonban legtöbbször Paks Csónakház állomáson mértük.

10.3.2 A PAKSI MÉRŐTORONY MÉRÉSEINEK FELDOLGOZÁSA

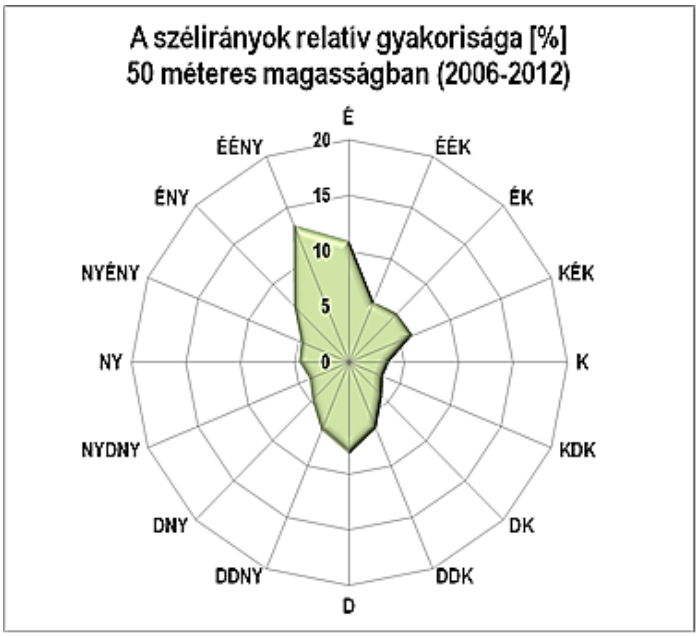
A paksi mérőtorony által rögzített, 10 perces bontású adatok 2006. novemberi kezdettel álltak rendelkezésünkre. A három szinten (20, 50 és 120 méteren) történő mérések eredményei a PA Zrt. tulajdonát képezik, azok nem alkotják az OMSZ meteorológiai adatbázisának részét, ezért a fentiekben tárgyalt széladatokkal ellentétben a szokásos többszintű adatellenőrzési- és pótlási eljárásainkon nem estek át. Az adatfeldolgozás első szintjeként a kapott adatokat feldolgozható formátumúra hoztuk, majd megpróbáltuk kiszűrni a hibás adatokat. Az adatsorok rövidsége, formátuma, valamint az egyes adatsorokban jelen lévő hibák és hiányok csak a széladatok feldolgozását tették lehetővé, hangsúlyozzuk azonban, hogy a bemutatott eredmények a rendelkezésre álló adatok minősége miatt tájékoztató jellegűek.

10.3.2.1 Szélirány

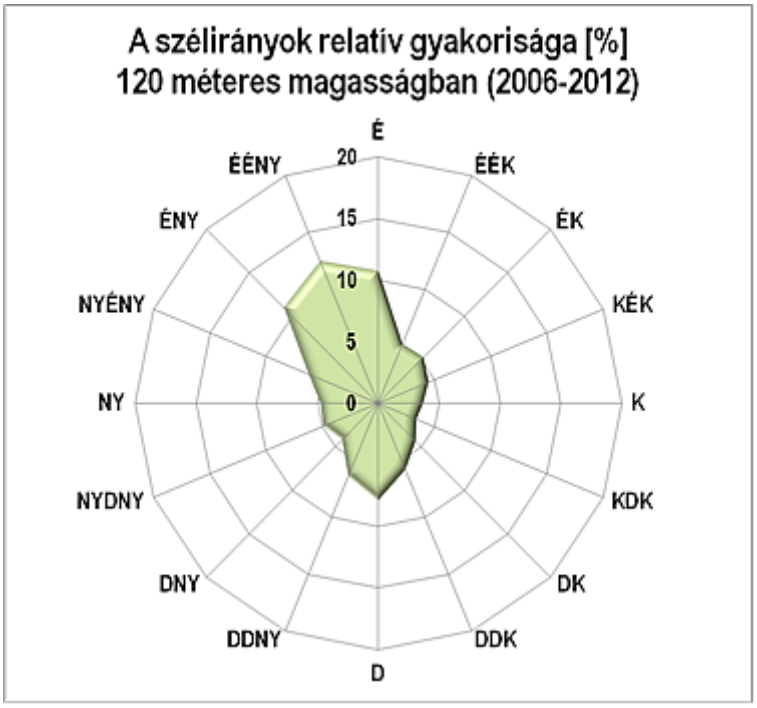
A mérőtorony 20 méteres szintjén (10.3.2-1. ábra) a vizsgált 7 év adatai alapján az észak-északnyugati szélirány volt az uralkodó (14%), emellett az északi fordult elő a legtöbb alkalommal. Viszonylag gyakori volt még a déli (8,7%) és a déli-délkeleti (8,3%) irány. 50 méteres magasságban (10.3.2-2. ábra) is az észak-északnyugati irány volt a leggyakoribb (13,3%), a 20 méteres szinthez hasonló sorrenddel, 120 méteren (10.3.2-3. ábra) azonban már mutatkoznak a jelei a északnyugatias szél arányának növekedésének. Habár itt is az észak-északnyugati szél volt az uralkodó (12,4%), azt az északnyugati (10,9%), majd az északi szél (10,7%) követte, a délies szelek az alacsonyabb szinteknél kevésbé voltak hangsúlyosak.



10.3.2-1. ábra: Szélirányok relatív gyakorisága [%] Paks mérőtorony 20 m-es szinten

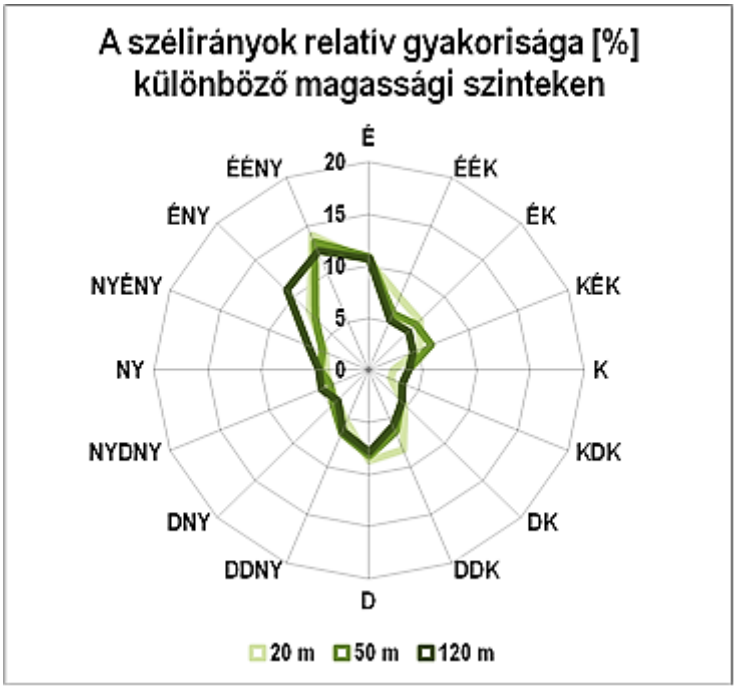


10.3.2-2. ábra: Szélirányok relatív gyakorisága [%] Paks mérőtorony 50 m-es szinten



10.3.2-3. ábra: Szélirányok relatív gyakorisága [%] Paks mérőtorony 120 m-es szinten

A különböző szinteken regisztrált szélirányok gyakoriságának különbségeit egy összehasonlító diagramon ábrázoltuk (10.3.2-4. ábra). Az északnyugatias irány arányának magassággal való növekedése jól látható.

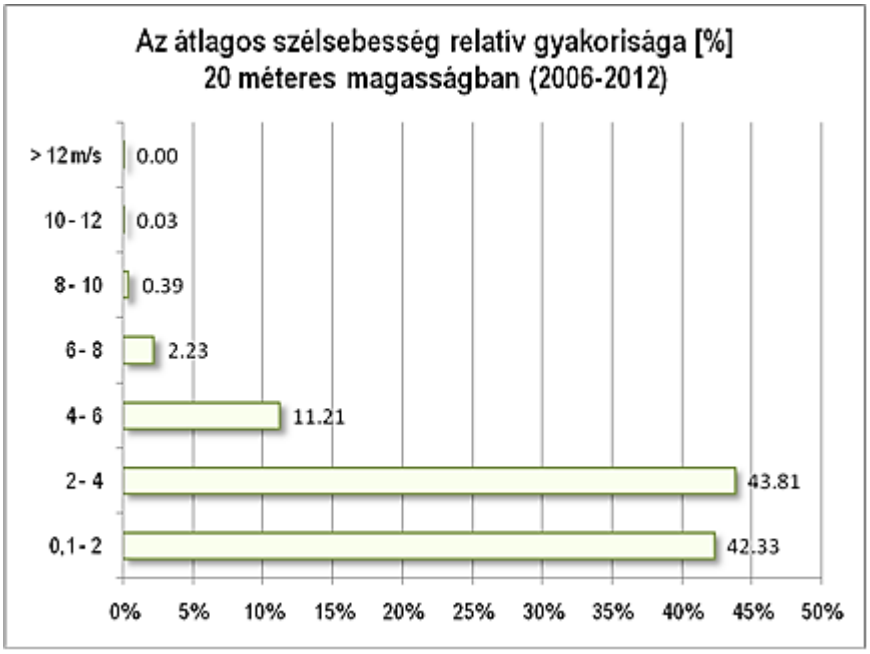


10.3.2-4. ábra: Szélirányok relatív gyakorisága [%] Paks mérőtorony különböző magassági szintjein

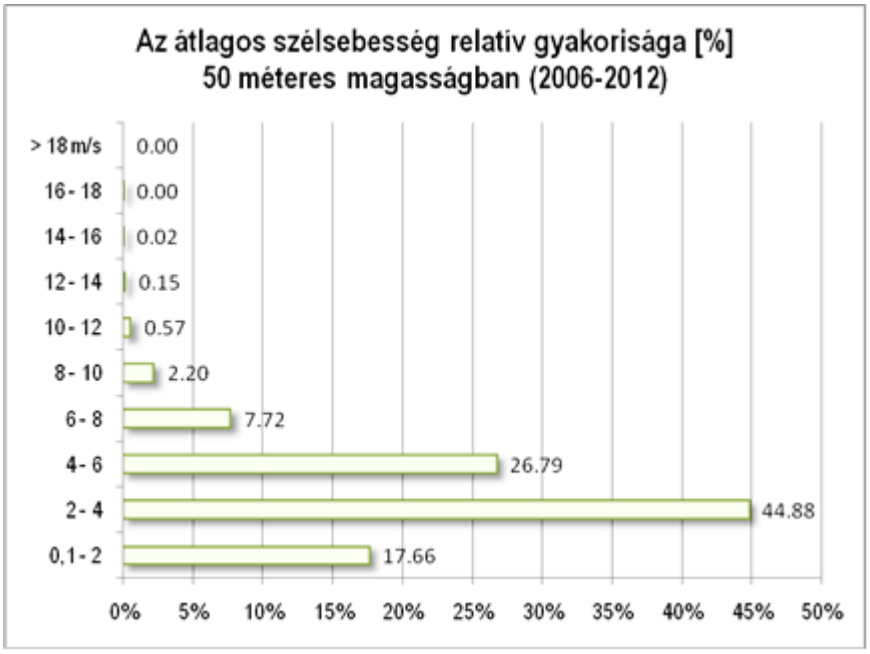
10.3.2.2 Átlagos szélsebességek

A szél sebessége a troposzférában a magassággal jellemzően emelkedik, ezt tükrözik a különböző szinteken mért 10 perces átlagos szélsebességeket feldolgozó ábrák is. Míg 20 méteren (10.3.2-5. ábra) a 2-4 m/s-os tartomány gyakorisága alig nagyobb az ez alatti tartományénál, 50 méteren (10.3.2-6. ábra) már egyértelmű a túlsúlya, 120 méteren (10.3.2-7. ábra) pedig már a 4 és 6 m/s közötti sebesség fordult elő a legnagyobb arányban. A vizsgált

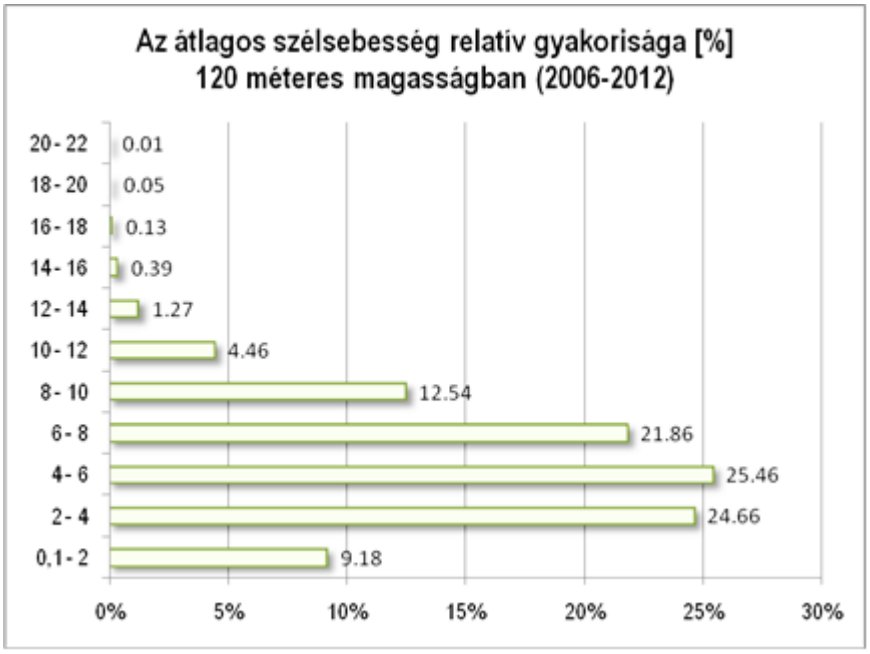
időtartam alatt 20 méteren 12 m/s volt a maximális átlagsebesség, 50 méteren csaknem 18 m/s, 120 méteren pedig 20 m/s feletti értékek is előfordultak.



10.3.2-5. ábra: Az átlagos szélsebesség relatív gyakorisága [%] Paks mérőtorony 20 m-es szinten



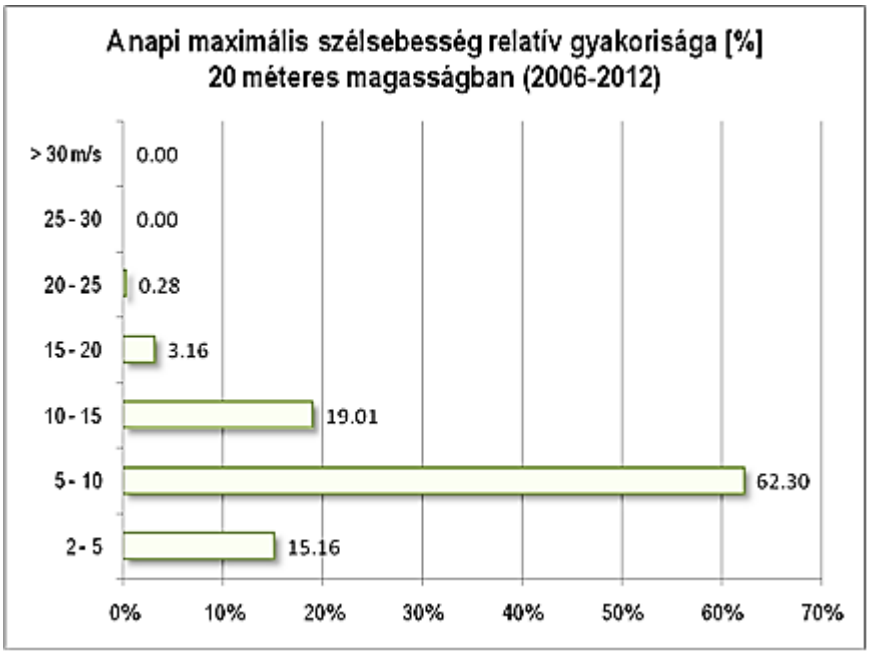
10.3.2-6. ábra: Az átlagos szélsebesség relatív gyakorisága [%] Paks mérőtorony 50 m-es szinten



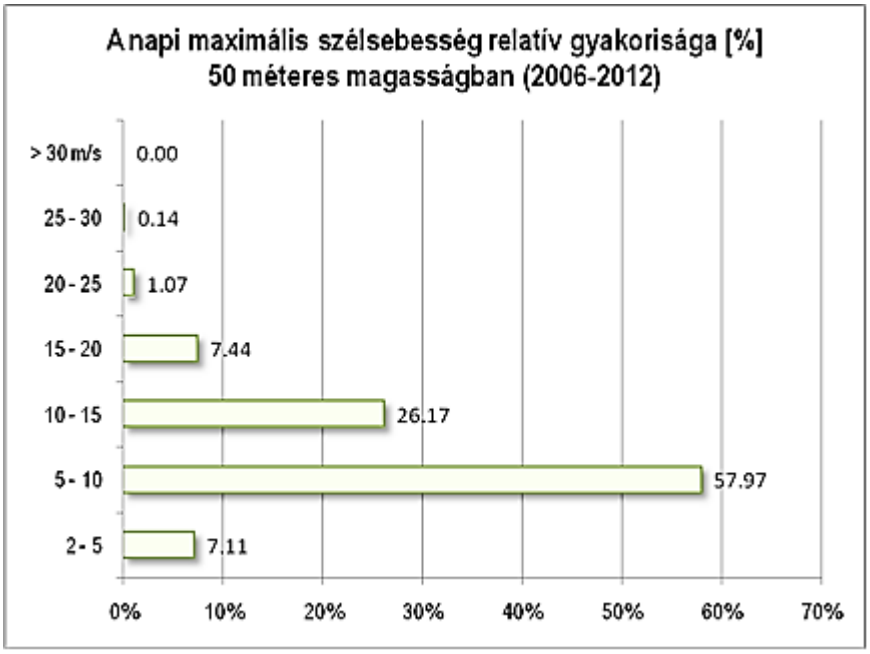
10.3.2-7. ábra: Az átlagos szélsebesség relatív gyakorisága [%] Paks mérőtorony 120 m-es szinten

10.3.2.3 Maximális széllökések

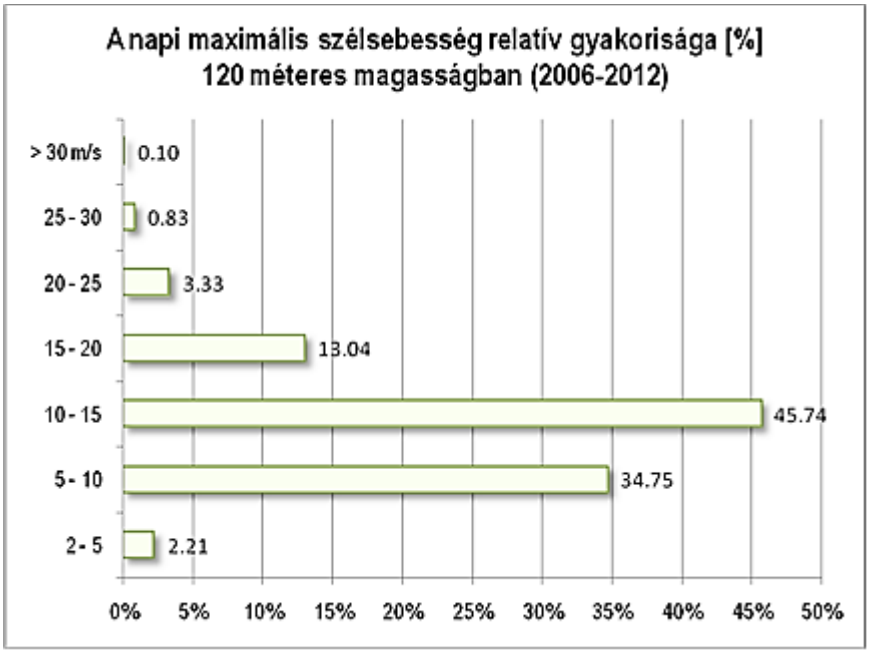
A maximális széllökések nagysága is a magassággal növekvő képet mutat. Az alábbi ábrák a napi maximális szélsebesség relatív gyakoriságait mutatják a vizsgált szinteken. Látható, hogy 20 méteren (10.3.2-8. ábra) 25 m/s-ot meghaladó széllökés nem fordult elő, 120 méteren (10.3.2-10. ábra) azonban 30 m/s-nál nagyobb lökések is voltak.



10.3.2-8. ábra: A napi maximális szélsebesség relatív gyakorisága [%] Paks mérőtorony 20 m-es szinten



10.3.2-9. ábra: A napi maximális szélsebesség relatív gyakorisága [%] Paks mérőtorony 50 m-es szinten



10.3.2-10. ábra: A napi maximális szélsebesség relatív gyakorisága [%] Paks mérőtorony 120 m-es szinten

10.4 KLÍMAMODELLEZÉS

10.4.1 A RENDELKEZÉSRE ÁLLÓ MODELLEREDMÉNYEK RÉSZLETESEBB EREDMÉNYEKKEL VALÓ FRISSÍTÉSÉT SZOLGÁLÓ MODELLSZIMULÁCIÓK ELŐKÉSZÍTÉSE

Az Országos Meteorológiai Szolgálatnál (OMSz) az éghajlatváltozás vizsgálatához az elmúlt években két regionális klímamodell adaptálása történt meg:

- *a toulouse-i Météo France által nemzetközi együttműködésben kifejlesztett **ALADIN-Climate** (10.4.1-1. ábra), valamint*
- *a hamburgi Max Planck Intézet által fejlesztett **REMO** (10.4.1-2. ábra) regionális klímamodelleké.*

A modellekkel először a múltra vonatkozóan végeztünk szimulációkat, hogy teszteljük őket egy, a mérések által ismert, hosszabb múltbeli időszakon, s az így nyert következtetésekkel segítsük fejlesztésüket.

A regionális modellkísérleteket elsőként olyan határfeltételek alkalmazásával hajtottuk végre, melyek előállításához megfigyelési információkat is felhasználtak. Az ilyen típusú modellkísérletek segítségével célzottan a regionális modell hibáit tudjuk számszerűsíteni, hiszen a méréseken alapuló peremfeltételek (az ún. *re-analízisek*) elméletileg nem hoznak hibát a szimulációba. Ezeket olyan szimulációk követték, amelyekben a nagyskálájú kényszereket már globális általános cirkulációs modellek biztosították. A múltra vonatkozóan így előállított eredményeket ebben az esetben is összehasonlítottuk megfigyelési adatokkal, s mivel a regionális modellek mellett a globális modellek is hibával terheltek, ezért a kiértékeléssel ezek együttes hibájáról kaptunk képet.

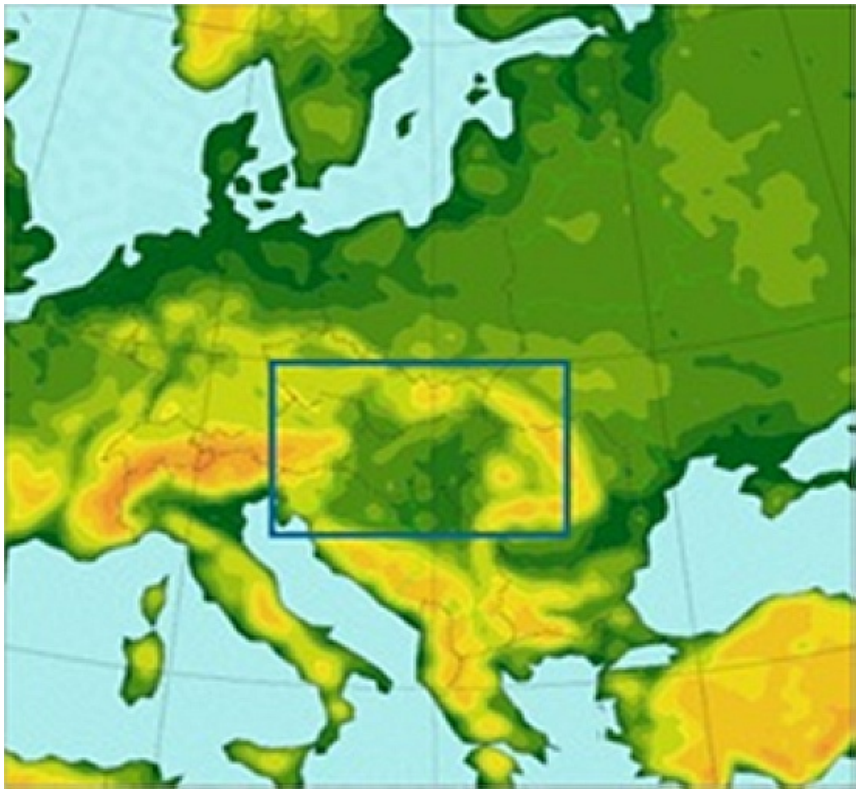
	ALADIN-Climate 4.5		**REMO 5.0**	
Időszak	1961–2000	1961–2100	1961–2000	1951–2100
Felbontás	25 és 10 km	10 km	25 km	25 km
Peremfeltétel	Re-analízisek	GCM	Re-analízisek	GCM

*GCM: Global Climate Model – globális **éghajlati** modell.*

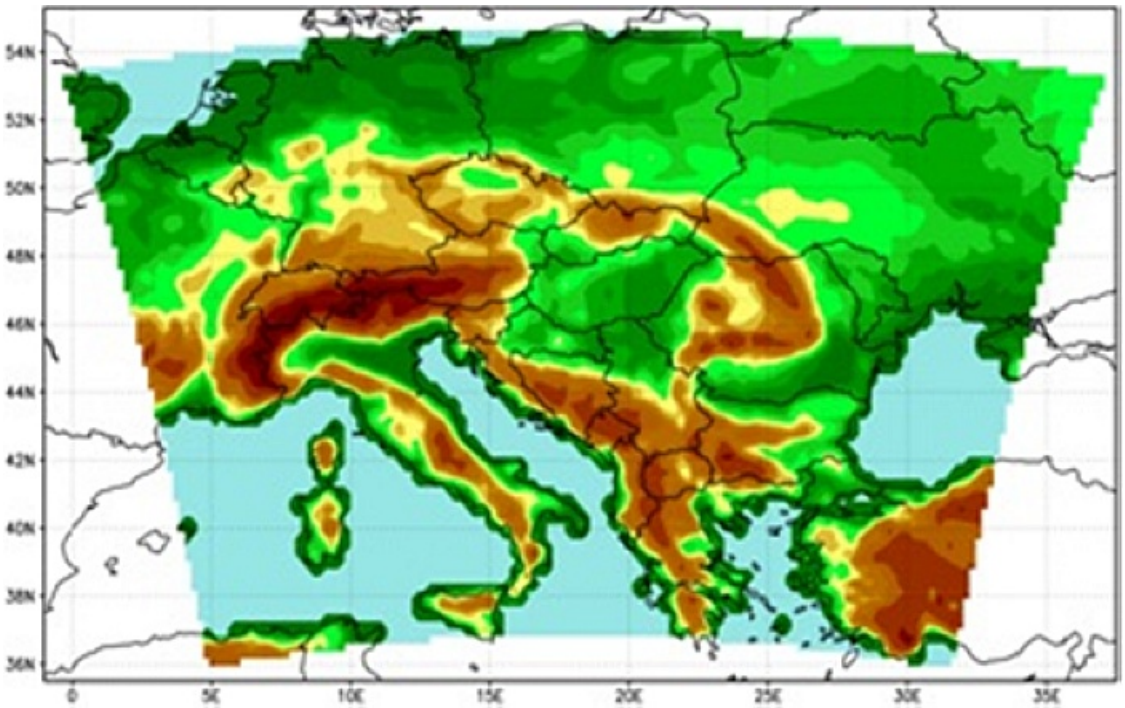
10.4.1-1. táblázat: Az ALADIN-Climate és REMO regionális klímamodellekkel végrehajtott kísérletek jellemzői

Figyelembe véve, hogy a jövőre vonatkozóan kizárólag a globális modellek eredményeit tudjuk határfeltételként felhasználni, a jövőbeli projekciók bizonytalanságának csökkentése és a fejlesztés összetett feladat, mert a regionális és a globális modellek párhuzamos fejlesztését igényli.

A modellkísérletek integrálási területei:



10.4.1-1. ábra: Az ALADIN-Climate modell 25 (teljes panel) és 10 km-es (kék téglalap) felbontású tartományai



10.4.1-2. ábra: A REMO modell 25 km-es felbontással lefedett tartománya

A modelleredményeket az 1961–1990 időszakra vetettük össze egy rácsra interpolált megfigyelési adatbázissal. Megállapítottuk, hogy az alkalmazott határfeltételtől függően a regionális modellek teljesen eltérő eredményt adhatnak. Azt tapasztaltuk továbbá, hogy jobb eredményeket kaptunk a durvább felbontással nagyobb területen végzett szimulációval, mint a finomabb felbontás alkalmazásával. Ebből arra következtettünk, hogy a 10 km-es felbontás esetében választott terület mérete nem elég nagy, emellett a csapadék eredményekben problémát okozott, hogy a tartomány pereme hegyvidékre esik.

Mivel a jelenlegi eredményeinket a jövőben 10 km-es felbontású eredményekkel tervezzük frissíteni, ezért az új modellkísérletekhez kulcskérdés az optimális integrálási tartomány meghatározása. A tartomány megválasztásánál két alapvető szempontot kell figyelembe venni:

(i) a területnek elég nagynak kell lennie a regionális viszonyok leírásához, ugyanakkor

(ii) a terület maximális méretét a rendelkezésre álló számítási kapacitás szabja meg.

A megfelelő tartomány kijelöléséhez érzékenységi vizsgálat szükséges. A módosított integrálási terület mellett azonban egyéb változással is járnak az új kísérletek. Az eddig alkalmazott kibocsátási forgatókönyveket a jelenlegi globális modellkísérletekben fokozatosan felváltják olyan új, fejlettebb forgatókönyvekkel, melyeket az elődeiktől eltérő elvek alapján dolgoztak ki. Az új forgatókönyvekkel készült globális modellkísérletek regionális modellekkel történő európai leskálázása egy összehangolt együttműködés, az EURO-CORDEX kezdeményezés keretében több lépésben történik: az új globális modellkísérleteket először 50 km-es felbontással skálázzák le Európa területére, majd ezek eredményeiből kiindulva készülnek a 10 km-es felbontású modellszimulációk.

A nemzetközi CORDEX együttműködés célja többek közt:

(1) regionális klímaszimulációk készítése a Föld különböző területeire,

(2) az eredmények együttes kiértékelése, melynek érdekében a kísérletek azonos területek felett azonos felbontással készülnek,

(3) szorosabb együttműködés elősegítése a meteorológusok és a felhasználók között.

A korlátozott számítási erőforrások miatt a különböző forgatókönyveken és regionális modelleken alapuló szimulációkat az intézmények egymás között megosztva végzik el, így különösen nagy jelentősége van az alkalmazott modellverziók és -tartományok összehangolásának. Ezért az OMSz-nál is megkezdődött egy egyeztetési folyamat annak érdekében, hogy az eredményeink felhasználhatók legyenek a projektben és hozzáférhessünk a nemzetközi eredményekhez.

Ennek első lépéseként adaptáltuk az ALADIN-Climate modell legújabb, az EURO-CORDEX projektben használatos verzióját az OMSz szuperszámítógépén. Az adaptáció során elsőként a modell informatikai tesztelése történt meg: megvizsgáltuk, hogy a modell programkódja jól működik-e a hazai számítógépes környezetben. A modellel több kísérletet kellett végrehajtani, amelyekben többek között teszteltük, hogy a multiprocesszoros környezet előnyeit kihasználó különböző fordítási kapcsolókkal a modell ugyanazt az eredményt adja-e; azaz például 8, 16, 32 processzor használatával ugyanarra az eredményre jutunk-e, mint 1 processzoron, s a modellfutást meggyorsító és a kódot átrendező fordítás alkalmazásával ugyanazt az eredményt kapjuk-e, mint ennek mellőzésével. Ez triviálisnak látszik, ugyanakkor általános tapasztalatunk, hogy az egyes modellek különböző platformokon eltérő módon viselkednek, és az adaptációnál gyakran merülhetnek fel olyan problémák, amik a korábbi környezetben nem fordultak elő. Az ALADIN-Climate modell új verziójának adaptálásánál is ez történt, és több hónapig tartott, mire megtaláltuk az eltérés okát. Ha az informatikai teszteken átment a modell, akkor az eredmények fizikai korrektségét kell megvizsgálni: egyfelől azt, hogy fizikailag értelmes eredményt ad-e a modell, másfelől azt, hogy a jelenlegi környezetben kapott eredmények mennyire térnek el a korábbi környezetben kapott eredményektől. Az ALADIN-Climate esetében az informatikai hibák kiküszöbölése után ezzel már nem volt probléma, s sikeresen le tudtuk zárni a modell adaptációját. Ennek eredményeképpen tehát rendelkezésünkre áll az ALADIN-Climate modell nemzetközi kísérletekben is alkalmazott legújabb változata, s hamarosan meg tudjuk kezdeni vele azokat az 50 km-es felbontású kísérleteket, amelyeket a végcélként kitűzött 10 km-es felbontású szimulációk előtt el kell végeznünk.

10.4.2 A RENDELKEZÉSRE ÁLLÓ EREDMÉNYEK FRISSÍTÉSE AZ ÚJABB MODELLVÁLTOZATOKKAL VÉGREHAJTOTT RÉSZLETESEBB MODELLSZIMULÁCIÓK EREDMÉNYEIVEL

A két regionális klímamodellel (ALADIN-Climate és REMO) a XXI. század végéig készültek projekciók az A1B kibocsátási forgatókönyvet figyelembe véve. Az adatok 10, illetve 25 km-es felbontáson állnak rendelkezésünkre a Kárpát-medence térségére (10.4.2-1. táblázat).

Modell	Felbontás	Peremfeltétel	Forgatókönyv	Időszak
ALADIN-Climate 4.5	10 km	ARPEGE	A1B	1961–2100
REMO 5.0	25 km	ECHAM	A1B	1951–2100

10.4.2-1. táblázat: A felhasznált modellkísérletek jellemzői

Ezeket az eredményeket tervezzük frissíteni 10 km-es felbontású, legújabb, ún. RCP forgatókönyvek szerint készült modellszimulációkkal. Ennek a folyamatnak több lépése van:

(1) a legújabb modellváltozat adaptálása;
(2) a modellel múltra vonatkozó kísérletek elvégzése és az eredmények validációja; majd
(3) a jövőre vonatkozó szimulációk elkészítése és az eredmények kiértékelése.

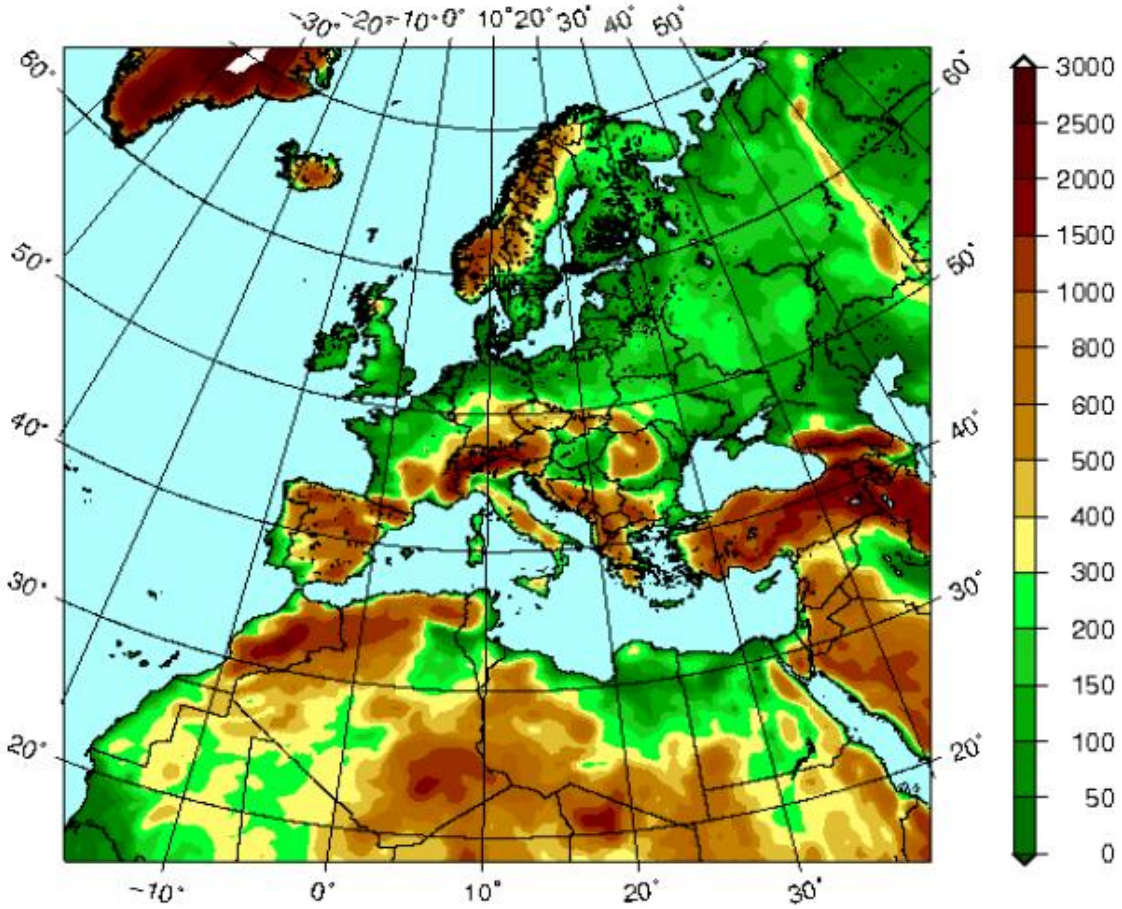
Az ALADIN-Climate modell esetében a finom felbontású kísérleteket két lépcsőben hajtjuk végre:

- *először az ARPEGE-Climat globális modell eredményeit 50 km-es felbontással skálázzuk le egy Európát lefedő tartományra, majd*
- *az 50 km-es felbontású ALADIN eredményekből kiindulva készítjük el a 10 km-es felbontású szimulációkat egy kisebb területre.*

A jelen fejezetben a fenti folyamat második lépéséről számolunk be, nevezetesen arról, hogy megtörtént az ALADIN-Climate regionális modell legfrissebb, 5.2-es verziójának validációja a EURO-CORDEX program keretei között.

A jövőre vonatkozó klímaprojekciók előállításához a legújabb, az IPCC következő helyzetértékelő jelentésében is alkalmazott RCP forgatókönyveket használják. A tervezett 50 km-es felbontású kísérleteinket, melyek eredményeinek további leskálázásával jutunk majd a finomfelbontású projekciókhoz, a EURO-CORDEX-en (a CORDEX európai ágán) belül végezzük.

Az integrálási tartomány egy egységes, egész Európát lefedő terület (10.4.2-1. ábra), amelyen a modellező csoportok 10 és 50 km felbontással futtatnak. Az OMSZ számítási kapacitásai nem teszik lehetővé, hogy egy 10 km-es felbontású szimulációval fedjük le Európát, ezért a programban egy 50 km-es felbontású modellkísérletet vállaltunk.



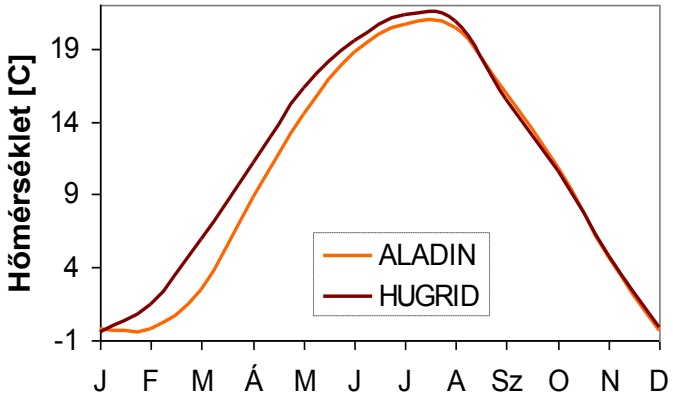
10.4.2-1. ábra: A EURO-CORDEX tartomány és 50 km-es felbontású domborzata

A jövőre vonatkozó klímaszimulációk megkezdése előtt szükséges elvégezni **a modellek validációjá**t, azaz múltra való tesztelését, hogy megismerhessük a modellek erősségeit és gyengeségeit, és azok alapján fejleszthessük azokat.

Elvárjuk, hogy a modell képes legyen a múltbeli éghajlati viszonyok leírására, hiszen különben hogyan bízhatunk abban, hogy megfelelőképpen szimulálja a jövőben várható változásokat? Ugyanakkor tisztában kell lennünk azzal is, hogy éppen az éghajlat változása miatt a múltat megfelelőképpen jellemző modell nem feltétlenül ad helyes projekciókat a jövőre, ahogy egy, a validáció során gyengébbnek ítélt modell sem szolgáltat okvetlenül rossz eredményeket a jövőre.

Az ***ALADIN-Climate*** legfrissebb verziójának adaptálása után az előző év végén elvégeztük a modell validációs integrálását az 1989–2008 időszakra, 50 km-es felbontáson a EURO-CORDEX tartományra, peremfeltételül az ERA-Interim re-analízis adatokat használva. A re-analíziseket múltbeli megfigyelések és modellszimulációk felhasználásával készítik, ezáltal a háromdimenziós légkör pillanatnyi állapotát a lehető legpontosabban írják le, térben és időben egyenletes felbontáson. Az ezekből kiindulva készített szimulációs eredmények gyengeségei túlnyomórészt a regionális modellből erednek, mert a határfeltételek csak kis hibával terheltek.

Az eredmények kiértékelésénél referenciaként rácsponti megfigyelési adatbázisokat használtunk. Az ALADIN-Climate hazánkban aránylag jól visszaadta a hőmérséklet éves menetét, azonban az év első felében néhány fokos alulbecslés tapasztalható (10.4.2-2. ábra).



10.4.2-2. ábra: Mért (HUGRID) és modellezett (ALADIN) magyarországi átlaghőmérséklet értékek

Ami a területi eloszlást illeti, Magyarország keleti felén nagyobb negatív hibákat kaptunk, a nyugati részeken néhol kisebb felülbecslés is tapasztalható az őszi-téli hónapokban. A klímamodell egész évben túl csapadékosnak bizonyult az ország nagy részén, ám a nyári maximumot és a novemberi másodmaximumot megfelelően visszaadta.

A validáció után megkezdődhet az ARPEGE-Climat globális éghajlati modell eredményeinek leskálázása 50 km-re az 1951–2100 időszakra. A globális futtatások során a sugárzási kényszereket a legpesszimistább, RCP8.5 kibocsátási forgatókönyv szerint vették figyelembe. Ezek az 50 km-es eredmények szolgálnak majd peremfeltételül a 10 km-es szimulációhoz, amihez az optimális méretű modelltartományt érzékenységvizsgálatokkal fogjuk meghatározni.

A ***REMO*** legújabb verziójával hasonló kísérleteket tervezünk. Az ERA-Interim meghajtással futtatott validációs integrálást egy Európa-méretű területen fogjuk végrehajtani 10 km-es felbontáson. A projekciós kísérletekhez a peremfeltételeket az ECHAM globális klímamodell eredményei szolgáltatják majd. Ennek a hozzávetőlegesen 200 km-es felbontású eredményeit szintén két lépésben skálázzuk le, 10 km-es felbontásra az 1951–2100 időszakra, de az OMSZ-ban csak a második leskálázási lépést hajtjuk végre, a közbülső 50 km-es felbontású eredményeket a hamburgi Max Planck Intézet modellszimulációiból vesszük. Ennek oka az, hogy az OMSZ jelenlegi számítási kapacitása nem elegendő ahhoz, hogy a REMO modellel elfogadható időn belül két saját kísérletet is befejezzünk. A finomfelbontású kísérleteket ebben az esetben is érzékenységvizsgálat fogja megelőzni az optimális integrálási tartományra vonatkozóan. A tervezett szimulációkat a 10.4.2-2. táblázat foglalja össze.

Tekintettel arra, hogy a finomfelbontású szimulációink frissítése még kezdeti stádiumban van, a jelen projektben a 10.4.2-1. táblázatban szerepeltetett kísérletekből fog megvalósulni az adatszolgáltatás.

Modell	Felbontás	Peremfeltétel	Forgatókönyv	Időszak
ALADIN-Climate 5.2	50 km	ERA-Interim	-	1989–2008
	10 és 50 km	ARPEGE	RCP8.5	1951–2100
REMO 2009	10 km	ERA-Interim	-	1989–2008

Modell	Felbontás	Peremfeltétel	Forgatókönyv	Időszak
	10 km	ECHAM	RCP8.5	1951–2100

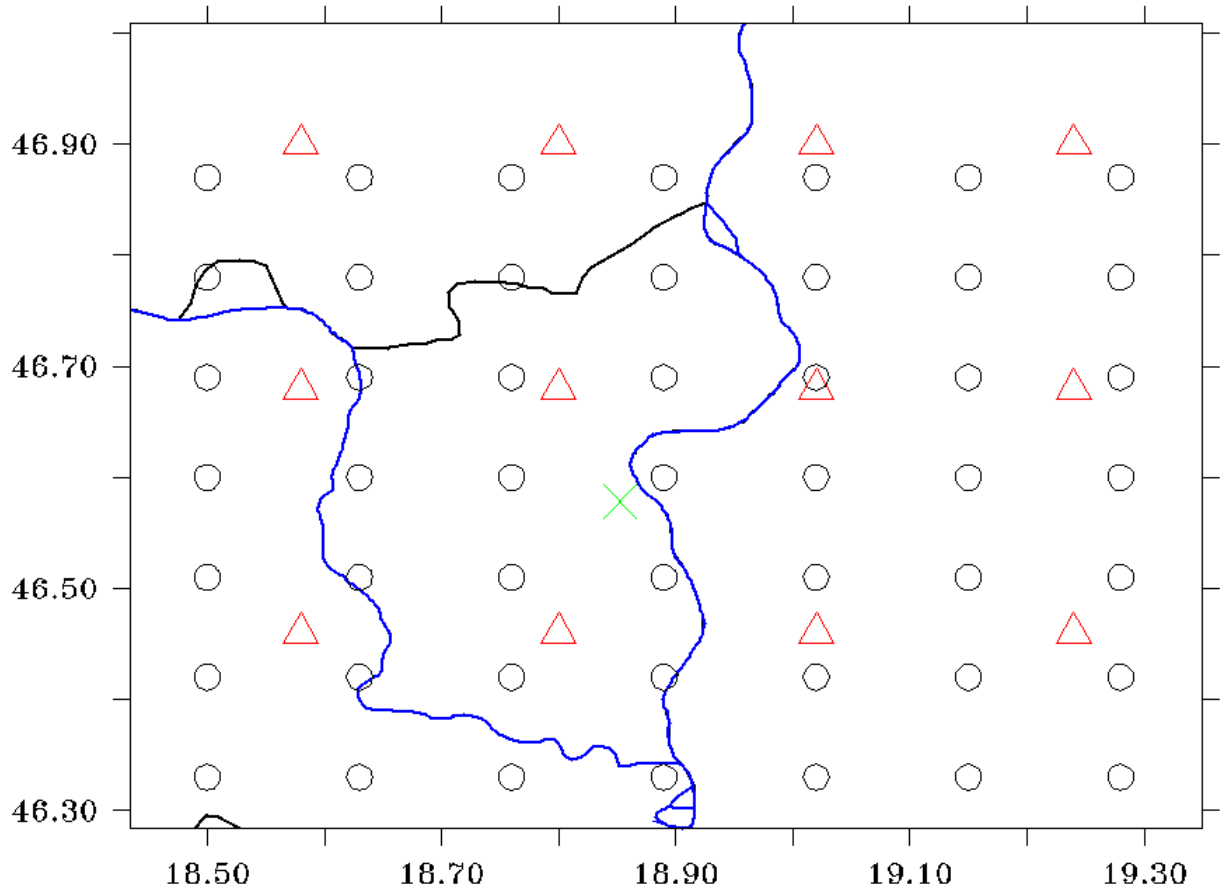
10.4.2-2. táblázat: Az ALADIN-Climate és REMO modellekkel tervezett kísérlete

10.4.3 A RENDELKEZÉSRE ÁLLÓ EREDMÉNYEK FELDOLGOZÁSA AZ ÁTLAGOS VISZONYOK TEKINTETÉBEN

A jelen alfejezetben összefoglaljuk azokat az elemzéseket, melyeket a rendelkezésre álló modelleredmények alapján a projekt keretében elvégzünk. Bemutatjuk az adatok előállításának módját és az átlagos éghajlati viszonyokkal kapcsolatos vizsgálataink módszertanát. Mivel az éghajlati szimulációk bizonytalansággal terheltek, ezért a projekciók interpretálásánál a modelleredmények mellett a szimulációs bizonytalanságokat is közölni kell, ami két modell alkalmazásával tehető meg a legegyszerűbben.

10.4.3.1 Vizsgált terület

A vizsgálatokat Paks 30 km-es körzetére végeztük el. A kiválasztott területet az ehhez tartozó modellbeli rácspontokkal, mely a 10 km-es felbontású modellből 7 x 7, a 25 km-es felbontású modellből 4 x 3 pontot jelent, a 10.4.3-1. ábra mutatja.



10.4.3-1. ábra: Az ALADIN-Climate (fekete) és REMO (piros) modellek a Paksi Atomerőmű (zöld) környezetében elhelyezkedő rácspontjai

10.4.3.2 Vizsgált időszakok

A kiválasztott jövőbeli időszakok a 2011–2040, 2041–2070 és a 2071–2100 voltak, mivel az éghajlat a Meteorológiai Világszervezet ajánlása szerint csak hosszabb, legalább 30 éves időskálán értelmezhető. A modellek a valós folyamatokat közelítő jelleggel írják le, ezért az eredmények szükségszerűen kisebb-nagyobb hibával terheltek. A szisztematikus hibák kiküszöbölése érdekében a jövőbeli eredményeket nem önmagukban, hanem a modellek saját,

1961–1990 referencia időszakához viszonyítva értelmezzük – tehát változásokat adunk meg (noha a modellek hibája nem feltétlenül lesz időben állandó).

A modellszimulációkban a természetes éghajlatot alakító folyamatok mellett figyelembe veszik az emberi tevékenység hatását is. Mivel ennek alakulását nem ismerjük előre a teljes XXI. századra, ezért különböző hipotéziseket, ún. forgatókönyveket (szcenáriókat) állítanak fel, amelyek az antropogén tevékenység eltérő jövőbeli fejlődési lehetőségeit jelenítik meg. Az emberi hatást szén-dioxid koncentráció formájában számszerűsítik a modellek számára, azaz az egyes szcenáriók a légköri szén-dioxid koncentráció különböző (de mindig szigorúan monoton növekvő) fejlődési menetét írják le. A szcenáriók között vannak optimista, pesszimista és árnyaltabb változatok, az OMSZ-nál elvégzett modellkísérletek az ***A1B*** (***átlagos***) ***forgatókönyv***re támaszkodtak. A megvalósítás folyamán a modellszimulációk 2000-ig tartó szakaszában a mért szén-dioxid koncentráció értékeket építik be, azon túl pedig az említett hipotetikus forgatókönyvet veszik alapul. Így a SRES forgatókönyvekkel készített modellszimulációk eredményeinek kiértékelésénél 2000-ig tartó referencia-időszakot van értelme választanunk (pl. 1961–1990, 1971–2000), mert utána a szimuláció már csak projekcióként értelmezhető. A legtöbb klímamodellezéssel foglalkozó szakember általában az 1961–1990 időszakot veszi alapul, mert a modell így mutat megfelelően szignifikáns, nagy változási jelet a XXI. századra vonatkozóan.

10.4.3.3 Vizsgált változók

A modelleredmények határás felbontásban állnak rendelkezésünkre, amelyekből harminc évre vonatkozó statisztikai mennyiségeket származtatunk: az átlagos viszonyok esetében havi, évszakos, éves éghajlati átlagot veszünk, a szélsőségek vizsgálatánál pedig harminc évre vonatkozó átlagos gyakoriságokat tekintünk. A kiválasztott változók az átlagos viszonyok tekintetében a következők voltak (*É – éves, SZ – szezonális, H – havi érték*):

- Átlaghőmérséklet (*É, SZ, H*) – a változás mértékét Celsius-fokban adjuk meg;
- Csapadékösszeg (*É, SZ, H*): a modellek megkülönböztetik a nagyskálájú (frontális) és a konvekcióból származó (záporos, zivataros jellegű) csapadékot, valamint a havat és esőt is, a csapadékösszegbe ezek mindegyike beletartozik – a változás mértékét mm-ben vagy %-ban adjuk meg;
- Átlagos relatív nedvesség kétméteres magasságban (*É, SZ*) – a változás mértékét %-ban adjuk meg;
- Átlagos szélsebesség tízméteres magasságban (*É, SZ*): a pillanatnyi szélsebességet a szél két horizontális (x és y irányú u és v) komponenséből számítjuk a $\sqrt{u^2+v^2}$ képlet alapján – a változás mértékét m/s-ban vagy %-ban adjuk meg;
- Leggyakoribb szélirány (*É, SZ*): a meteorológiában az északi szél (É) azt jelenti, hogy a szél az északi irányból fúj. A szélirányt az u és v komponensek meredekségéből számítjuk (tg(u/v)) ki hatóránként, majd megnézzük, hogy a teljes időszak alatt (éves vagy évszakos szinten) az egyes (É, ÉÉNy, ÉNy, NyÉNy, Ny, NyDNy, DNy, DDNy, D, DDK, DK, KDK, K, KÉK, ÉK, ÉÉK; összesen 16) égtáji szélrózsa kategóriákba milyen gyakorisággal estek a szélirányok. Ezek közül a legnagyobb a leggyakoribb szélirány. Az egyes szélirányok gyakoriságát %-ban fejezzük ki, változásukat grafikusan ábrázoljuk.

10.4.4 A RENDELKEZÉSRE ÁLLÓ EREDMÉNYEK FELDOLGOZÁSA A METEOROLÓGIAI SZÉLSŐSÉG-PARAMÉTEREK TEKINTETÉBEN

A jelen alfejezetben bemutatjuk az extrém éghajlati viszonyokkal kapcsolatos vizsgálataink módszertanát. Mivel az éghajlati szimulációk bizonytalansággal terheltek, ezért a projekciók interpretálásánál a modelleredmények mellett a szimulációs bizonytalanságokat is közölni kell, ami két modell alkalmazásával tehető meg a legegyszerűbben. A projekt keretében elvégzett és elvégzendő éghajlati vizsgálatainkban mi is ezt követjük a modellszimulációk eredményei alapján. A vizsgálati terület és időszak megegyezik a 10.4.2 alfejezetben bemutatott területtel és időszakokkal.

10.4.4.1 Vizsgált változók

A szélsőséges viszonyok jellemzésére különböző indexeket választottunk. A hőmérsékletre és csapadékra vonatkozó szélsőségindexeket a 10.4.4-1. táblázat mutatja be. A hőmérsékleti indexek esetében nincs értelme évszakos bontást venni, hiszen a nyári napok nagyjából májustól szeptemberig bármikor lehetnek, így célszerű azok éves számát venni, míg a csapadékindexeknél minden esetben éves és évszakos eredményeket mutatunk be, mivel azok az éven belül

nagy változékonyságot mutathatnak. Az indexek esetében a relatív, százalékban kifejezett változás mellett az adott index mértékegységében (nap, mm/nap, mm) is kifejezzük a változást. A két információt célszerű együtt kezelni, mert ez ad teljes képet a változások mértékéről. (Pl. drasztikus változás képzetét kelti, ha adott index azért mutat nagy relatív változást, mert a múltbeli referencia időszakban ritkán fordult elő. Ilyenkor a napban kifejezett változások árnyalják ezt a képet, mivel ezek tükrözik, hogy a nagy relatív változás valójában kevés számú napot jelent. Ugyanakkor fordítva is igaz ez: egy gyakran előforduló index esetében a napban kifejezett nagyobb változások relatív értelemben csekélyek is lehetnek.)

Jel	Név	Definíció	Egység
TX30	hőségnapok száma	T_{max}>30 °C	nap
TX35	forró napok száma	T_{max}>35 °C	nap
HEAT1	elsőfokú hőségriadós napok száma	$T_{átlag}$>25 °C 1 napig	nap
HEAT2	másodfokú hőségriadós napok száma	$T_{átlag}$>25 °C 3 napig vagy $T_{átlag}$>27 °C 1 napig	nap
HEAT3	harmadfokú hőségriadós napok száma	$T_{átlag}$>27 °C 3 napig	nap
TN20	forró éjszakák száma	T_{min}>20 °C	nap
FD	fagyos napok száma	T_{min}<0 °C	nap
RR10	10 mm feletti csapadékú napok száma	R_i> 10 mm	nap
RR20	20 mm feletti csapadékú napok száma	R_i> 20 mm	nap
RR50	50 mm feletti csapadékú napok száma	R_i> 50 mm	nap
SDII	napi csapadékintenzitás	$R_{összeg}$/nap, amikor R_i> 1 mm	mm/nap
RX1	max. napi csapadék értéke	max(R_i)	mm
RX5	maximális ötnapi csapadék értéke	max(R_i+R_{i+1}+R_{i+2}+R_{i+3}+R_{i+4})	mm
CWD	egymást követő csap. napok max. száma	azon napok, amikor R_i> 1 mm	bap
CDD	egymást követő száraz napok max. száma	azon napok, amikor R_i< 1 mm	nap

10.4.4-1. táblázat: A számított extrém indexek definíciói

10.4.5 BIZONYTALANSÁGOK SZÁRMAZTATÁSA KÉT REGIONÁLIS ÉGHAJLATI MODELL EREDMÉNYEI ALAPJÁN

Jelen alfejezetben az éghajlati modellezés során fellépő három fő bizonytalanságot ismertetjük, bemutatjuk, miként lehet a bizonytalanságokat különbözőképpen számszerűsíteni, illetve azt, hogy a projektben is alkalmazott két regionális klímamodell eredményeit hogyan tudjuk mindezekhez felhasználni.

Sokszor elhangzott a 2010-es év után, hogy a „tavalyi év extrém csapadékos volt", és talán még frissebb az élményünk a következő mondatról: „2012 nyara extrém meleg volt". Az egyedi évek **<u>változékonysága</u>** természetes része az éghajlatnak, ami mindenféle külső kényszer nélkül is fennáll, ezért ezek nem írhatók az éghajlatváltozás számlájára. Az éghajlat esetében a hosszú évek átlagában vett értékeket, trendeket és változásokat vizsgáljuk.

Az éghajlati modellezés legfontosabb bizonytalansága a **<u>modellekből származó bizonytalanság</u>**. A modellek az éghajlati rendszer folyamatait kormányzó egyenleteket numerikus módszerek segítségével oldják meg. A numerikus megoldás során az állapothatározókat (a hőmérsékletet, a szélsebességet, stb.) egy háromdimenziós térbeli rács pontjaiban tekintik, és bizonyos kölcsönhatásokat egyszerűsített formában, ún. parametrizációk segítségével írnak le. Az egyes intézetekben kifejlesztett modellek sok tekintetben eltérnek: ugyanannak a fizikai folyamatnak a leírására más közelítéseket és parametrizációkat alkalmazhatnak, továbbá különböző felbontású rácsot használnak. Mindezek a különbségek a modellek eredményeiben is kifejtik hatásukat.

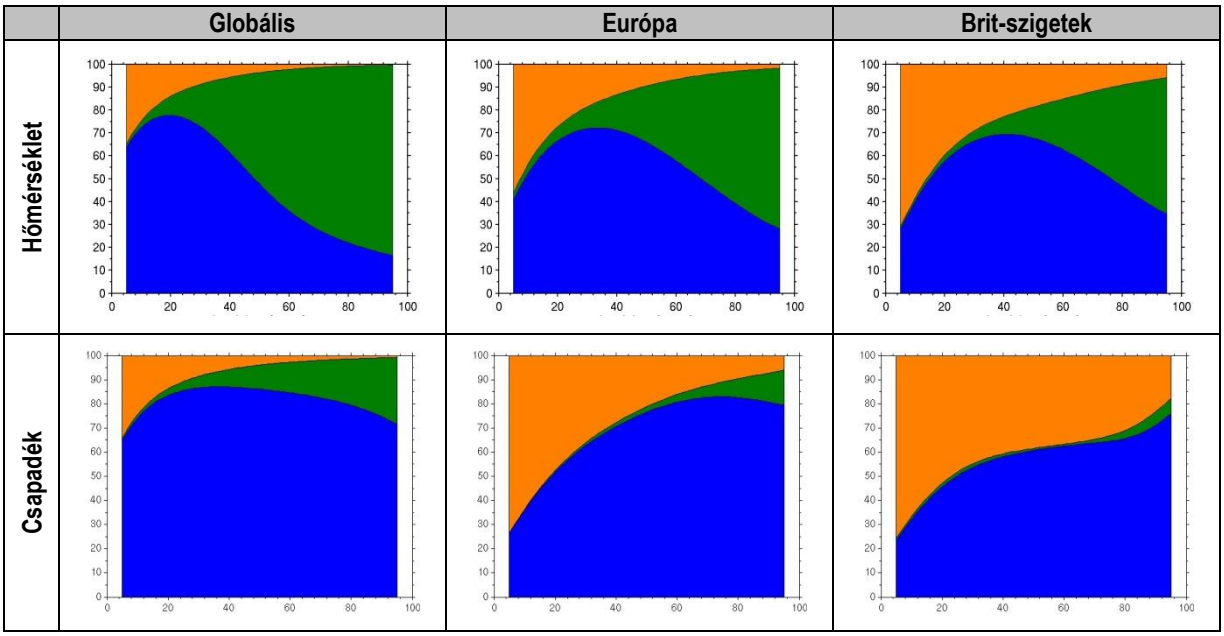
Az antropogén tevékenységnek bizonyítottan hatása van az éghajlati folyamatokra, ezért azt a klímamodellekben is figyelembe kell venni. Az emberi tevékenység jövőbeli alakulását nem lehetséges egzakt módon meghatározni: nem tudjuk, hogy az emberiség létszáma mekkora mértékben fog növekedni, egyes országok milyen energia- és gazdasági politikát folytatnak, mekkora lesz a technológiai fejlettség, tehát azt sem, mekkora lesz a károsanyag-kibocsátás a jövőben. Ennek érdekében többféle kibocsátási forgatókönyvet hoztak létre (Nakicenovic és Swart, 2000), amelyek az emberi tevékenység hatását szén-dioxid kibocsátás formájában számszerűsítik. Léteznek pesszimista jövőt leíró (azaz további jelentős kibocsátást feltételező), továbbá optimista és átlagos forgatókönyvek is, s ezek 2100-ra a légköri üvegházgázok nagyban különböző mértékű előfordulását feltételezik. Az ebből adódó bizonytalanságot nevezzük **<u>szcenárió bizonytalanságnak.</u>**

A modelleket először a múlt éghajlatára vonatkozóan tesztelik, az eredmények alapján fejlesztik őket. Ezt követően a jövőre végeznek velük szimulációkat az emberi tevékenység által okozott üvegházgáz-többletet használva bemenő paraméterként. Mivel a különböző modellek eltérő módon jellemzik az éghajlatot, ezért az éghajlatváltozás vizsgálatánál mindig több modell eredményeit tekintik (ez az ún. ensemble módszer), mert az éghajlati szimulációs eredmények bizonytalanságai így számszerűsíthetők. A különböző bizonytalanságok arányára Hawkins és Sutton adott a cikkében [10-3] egy módszertant: 15 globális éghajlati modellel és három forgatókönyv figyelembevételével készült hőmérsékleti és csapadék szimulációk eredményeit vizsgálták meg, s ezek szórása alapján határozták meg különböző térségekre a három bizonytalansági tényező arányát. Megállapították, hogy globális szinten a belső változékonyságnak kis szerepe van (10.4.5-1. ábra), míg a terület szűkítésével (pl. Brit-szigetek) még tízéves átlagolás esetén is ez jelentőssé válik, különösen a csapadék tekintetében. A forgatókönyvek bizonytalansága inkább csak a XXI. század második felétől jelentkezik, s a terület szűkítésével jelentősége csökken, csapadék esetében pedig szinte elveszti szerepét, (azaz nagyobb különbség van két azonos forgatókönyvvel, de eltérő modellel készült szimuláció csapadékeredményei között, mint a különböző forgatókönyvekkel, de azonos modellel végrehajtott kísérletek eredményei között).

A modellek különbözőségéből származó bizonytalanság mind a csapadék, mind a hőmérséklet esetén és szinte a teljes XXI. század folyamán kiemelt jelentőséggel bír, ezért a kutatók többsége egyetért abban, hogy a bizonytalanság csökkentéséhez a modellek fejlesztése szükséges (hogy a kék terület csökkenjen a 10.4.5-1. ábra grafikonjain).

Az éghajlatváltozás vizsgálatánál fontos több (legalább két) modell használata a bizonytalanság számszerűsítéséhez, hiszen mindegyik modell egyformán lehetséges módon írja le a jövő éghajlatát.

A Kárpát-medence valószínűleg egy érzékenyebb terület a Brit-szigeteknél, itt a globális modellek eredményei kevésbé alkalmazhatóak, többek között gyenge felbontásukból adódóan is. Ezért a bizonytalanságok arányának meghatározásához a globális információkat regionális éghajlati modellek segítségével finomítani szükséges. Az ENSEMBLES európai uniós projekt (van der Linden és Mitchell, 2009) keretében számos regionális klímamodellt futtattak 25 és 50 km-es horizontális rácsfelbontással, melyekhez a forgatókönyvek közül az A1B átlagos szcenáriót alkalmazták. Az OMSZ-nál a két klímamodellel, az ALADIN-Climate és REMO modellekkel végzett kísérleteknél is az A1B forgatókönyveket használtuk a 10 és a 25 km-es felbontásnál.



Megjegyzés:
kék: modellek eltéréseiből származó bizonytalanság
zöld: forgatókönyvek bizonytalansága
narancs: belső változékonyság

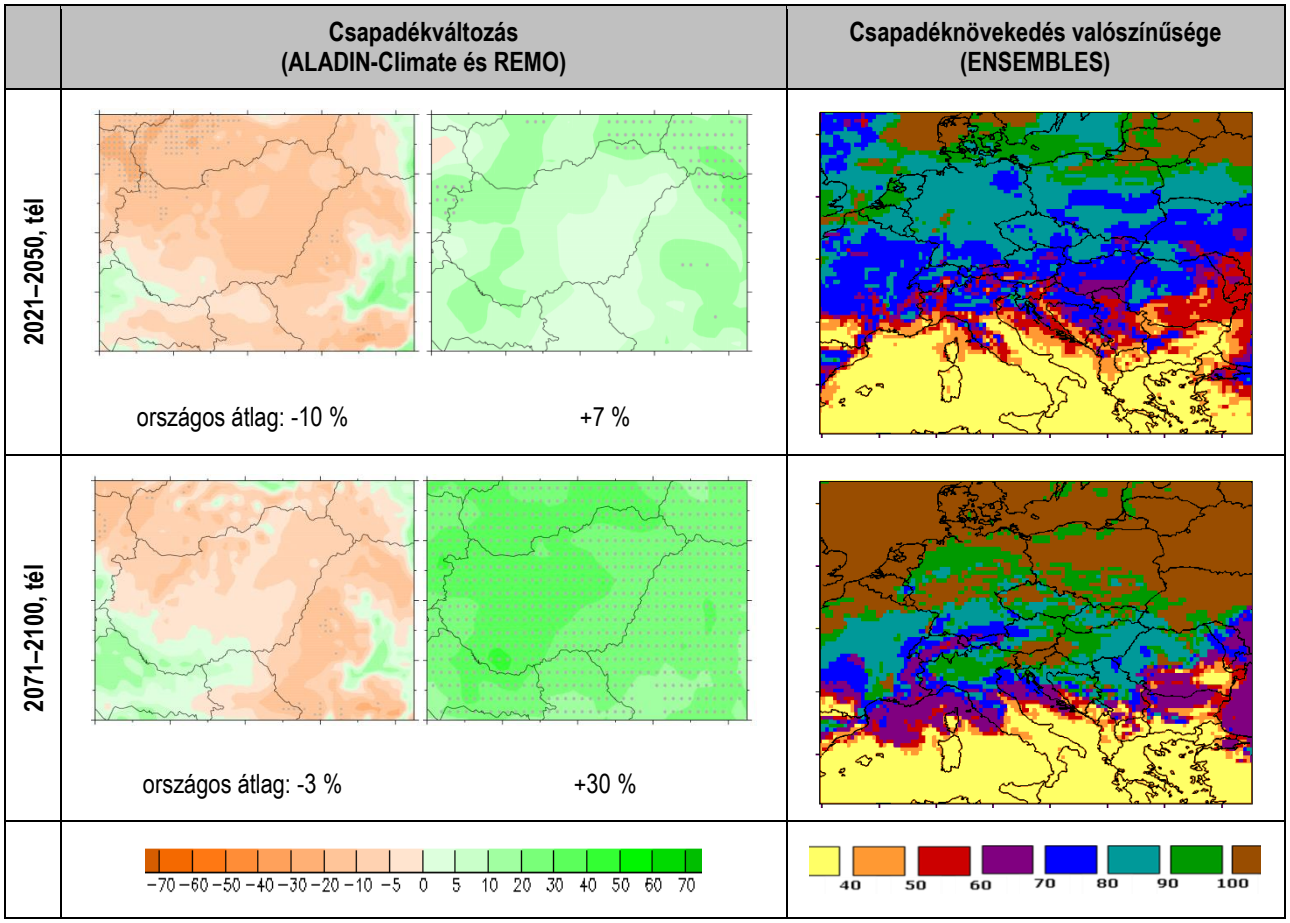
10.4.5-1. ábra: A globális klímamodellek teljes Földre, Európára és a Brit-szigetekre vonatkozó csapadék és hőmérsékleti szimulációit (tízévenkénti átlagolással) jellemző bizonytalanságok százalékos aránya 2000 (0. év) és 2100 (100. év) között [10-1]

A szimulációs eredmények bizonytalanságának nagysága többféle, jól szemléltető technikával ábrázolható. Ilyen például, ha különböző küszöbértékre megnézzük, hogy a vizsgált modellek hány százaléka ad azt meghaladó változást s az eredményt valószínűségi térképen ábrázoljuk (ez a „mekkora a valószínűsége az adott változásnak?” kérdésre ad

választ). Például ha négy regionális modellkísérlet eredményeivel azt vizsgáljuk, hogy a csapadékváltozás 0 %-nál nagyobb lesz, akkor a négy modell esetén 0, 25, 50, 75 és 100 %-os valószínűségek léteznek attól függően, hogy a négy modellből 0, 1, 2, 3 vagy 4 mutat csapadéknövekedést.

Az OMSZ-ban alkalmazott modellek az éves országos csapadékösszeg kis változásában egyetértenek ugyan, ám a téli csapadék változásának még az irányában sem: mind a közeljövőre, mind az évszázad végére az egyik modell növekedést, a másik csökkenést jelez. Ez felhívja a figyelmet arra, hogy érdemes több modellt is bevonni a vizsgálatba, s a két modellt kiegészíthetjük a változási irány nagyságának megerősítése végett egy nagyobb sokaságú halmazzal, például az ENSEMBLES eredményekkel (10.4.5-2. ábra).

A közeljövőre az egyik OMSZ modell szerint 7 %-os növekedés, míg a másik szerint 10 %-os csökkenés valószínű az országos átlagot tekintve, ha azonban az ENSEMBLES 17 szimulációját is figyelembe vesszük, akkor a növekedés már 60–80 %-os valószínűségű (azaz a 17 modell 60-80 %-a növekedést jelez Magyarországra 2021–2050-re). A távoli jövőre pedig a 13 tagból álló ENSEMBLES eredmények vizsgálatával 80–100 %-os valószínűséggel kijelenthetjük, hogy a csapadék növekedése valószínű az országban. Tehát a valószínűségi információt megfelelően kell kezelni, majd beépíteni az előrejelzett eredmények mellé.

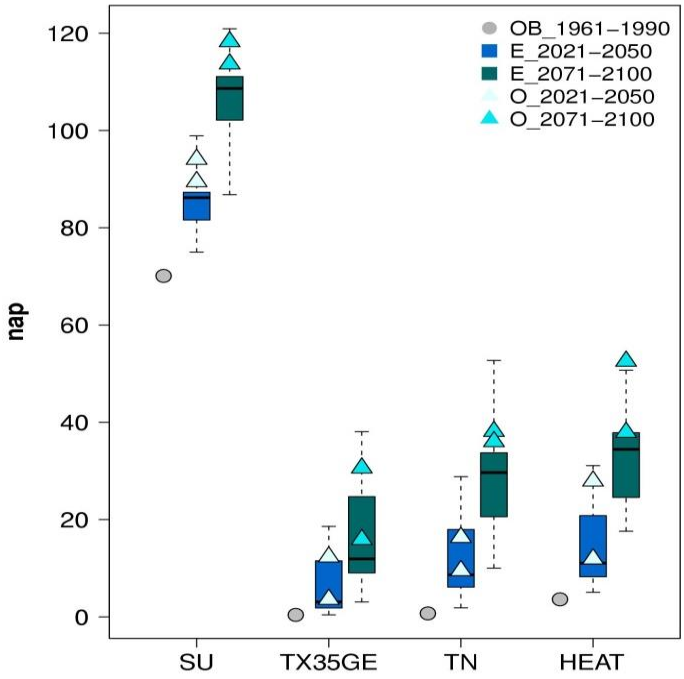


10.4.5-2. ábra: A téli csapadékváltozás (%) az OMSZ-ban alkalmazott két regionális klímamodell eredményei alapján (bal panel), illetve a téli csapadéknövekedés valószínűsége (%) az ENSEMBLES szimulációk alapján (jobb panel) 2021–2050-re és 2071–2100-ra. A referencia időszak: 1961–1990.

A bizonytalanságok másik népszerű ábrázolási módja, az ún. box-plot diagramok kevesebb, de ideális estben legalább öt szimuláció esetén értelmezhetők már, ez a „mekkora változás tartozik az adott valószínűséghez?” kérdésre ad választ. Itt a legkisebb és legnagyobb szélsőértékekről, és elegendő szimuláció esetén a 25, 50 és 75 %-os valószínűségekhez tartozó számértékekről kapunk információt.

A XXI. századra egyértelmű növekedés valószínű a meleg szélsőségeknél (10.4.5-3. ábra) és e növekedés a távoli jövőre erőteljesebb, de nem mindegy, mekkora a változás mértéke és a modellek eredményei közötti szórás.

Az OMSZ-ban alkalmazott modellekre jellemző, hogy az általuk jelzett változás mindig meghaladja az ENSEMBLES modellek eredményeiből számított mediánt (középső, azaz 50 %-os gyakorisággal előforduló értéket), azaz az ALADIN-Climate és a REMO a nagyobb melegedést valószínűsítő modellek közé tartoznak, de így a teljes bizonytalanságból csak egy kisebb intervallumot fednek le. A ritkán előforduló extrém melegek esetében a modellek nagy növekedést, ugyanakkor nagy szórást is jeleznek: pl. az 1961–1990 között országosan megfigyelt évi átlagosan egy 35 °C feletti maximumhőmérsékletű napról (ún. forró napról) a közeljövőre 3, a távoli jövőre 12-re növekszik a medián, de nem mindegy, hogy a közeljövőre ez az érték az 1–18, míg a távoli jövőre a 3–38 nap közötti szélsőértékek között hol helyezkedik el.



Megjegyzés:
A jövőbeli értékek számításánál a megfigyelésekhez hozzáadtuk a modellek által jelzett változást.
szürke kör: magyarországi megfigyelt érték
kék és zöld box-plot: jövőbeli érték
világos és sötétebb háromszög: ENSEMBLES eredmények
SU: nyári nap, T_{max}>25;
TX35E: forró nap, T_{max}>35;
TN: túl meleg éjszakák, T_{min}>20
HEAT: hőhullámok, $T_{átlag}$>25 °C

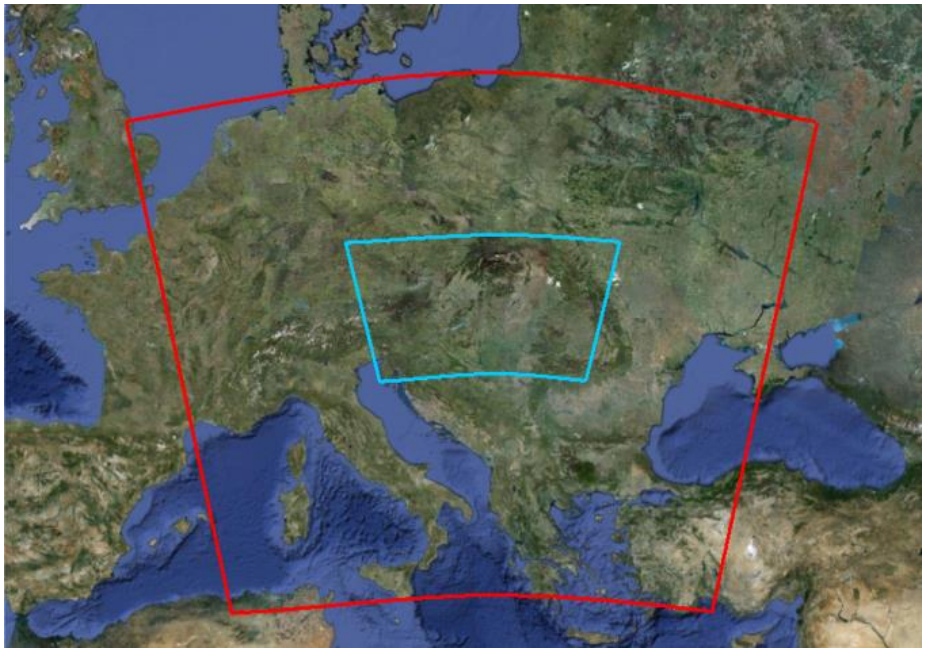
10.4.5-3. ábra: Néhány meleg hőmérsékleti index éves magyarországi megfigyelt és jövőbeli értéke az ENSEMBLES eredmények illetve az OMSZ két modellje szerint a 2021–2050 és 2071–2100 időszakokra

A publikusan elérhető európai modelleredmények esetében gyakran csak az alapváltozókra (napi átlaghőmérsékletre, csapadékösszegre) kapott eredményeket teszik közzé, s ez sok esetben nem teszi lehetővé egy széleskörű vizsgálat elvégzését. Az OMSZ-ban alkalmazott modellek esetében lényegesen több változó és azok közötti kapcsolat vizsgálatára van lehetőségünk. Abban az esetben, ha két modell eredményei állnak rendelkezésünkre, mindkét modell által jelzett változást közöljük, hogy a változás bizonytalanságát is bemutassuk. A fagyos napok esetében Paks környezetére az OMSZ-ban alkalmazott modellek (10.4.6-5. ábra) a 2011–2040 időszakra egyöntetűen 10–15 %-os csökkenést jeleznek, azaz akár vehetnénk a kettő átlagát is a könnyebb kezelhetőség miatt. 2041–2070-re az „olló kezd szétnyílni", azaz nő az eredmények közötti különbség, de még egymáshoz közel álló változásokat, 23 és 32 % közötti csökkenést jeleznek. A század végére a két modell is jelentős bizonytalanságot hordoz már azáltal, hogy 35 és 58 % közötti értékeket mutat, és itt nem lenne már megfelelő a két modell átlagát (47 %) tekinteni.

A fentiek alapján tehát látható, hogy a szimulációk eredményei a modellek eltérő fizikai parametrizációiból, felbontásából, és egyéb numerikus jellemzőiből kifolyóan is bizonytalansággal terheltek, melyek a modellek fejlesztése révén csökkenthetők. Ezeket a bizonytalanságokat figyelembe kell vennünk az eredmények felhasználásánál, ezért az egyszerű igen-nem helyett törekednünk kell a valószínűségi információ átadására (és befogadására). Ennek két modell esetén legegyszerűbb módja a két modell eredményeinek külön kezelése egységes szemlélet alatt.

10.4.6 ÉGHAJLATVÁLTOZÁS A XXI. SZÁZADBAN PAKS TÉRSÉGÉBEN KÉT KLÍMAMODELL EREDMÉNYEI ALAPJÁN

Az OMSz-nál alkalmazott két regionális klímamodellel a globális társaik eredményeit skálázzuk le egy finomabb felbontású korlátos tartományra, amihez a bemenő adatokat, az ún. peremfeltételeket, az ALADIN-Climate esetében az ARPEGE-Climat globális általános cirkulációs modell, a REMO esetében pedig az ECHAM5/MPI-OM globális kapcsolt légkör-óceán modell szolgáltatta (10.4.1-1. táblázat). A globális modellek futtatásánál a jövőre vonatkozó emberi tevékenység hatását a SRES A1B forgatókönyv átlagos globális szén-dioxid-koncentráció értékein keresztül vették figyelembe (ez egy átlagos változatnak tekinthető a pesszimista és optimista szcenáriók között). A két regionális klímamodellel futtatott projekciók rendelkezésre állnak az egész XXI. századra 10 és 25 km-es felbontáson egy Kárpát-medencét, illetve egy Közép-Európát lefedő tartományon (10.4.6-1. ábra).



10.4.6-1. ábra: Az ALADIN-Climate (kék) és REMO (piros) modellek futtatási területe

Jelen tanulmányban ezek eredményeit mutatjuk be. A két regionális modell együttes vizsgálatával lehetőség nyílik – ha korlátozottan is – a modellek eltéréseiből származó bizonytalanságok számszerűsítésére. Mindkét modell eredményei a jövőbeli éghajlati viszonyok egy lehetséges leírását adják, ezért a továbbiakban ezeket együttesen, megkülönböztetés nélkül tekintjük.

Az eredmények kiértékelését Paks 30 km-es környezetére végeztük el, ami a 10 km-es felbontású modellből 7 x 7, a 25 km-es felbontású modellből 4 x 3 pontot jelent (10.4.3-1. ábra). Az eredmények bemutatásánál három 30 éves jövőbeli időszakra koncentrálunk: a 2011–2040, 2041–2070 és a 2071–2100 időszakokra. A modellek közelítő jellegéből adódóan a modelleredmények kisebb-nagyobb hibával terheltek, ezért a jövőre vonatkozó (hőmérsékleti, csapadék, stb.) értékeket nem önmagukban, hanem a modellek saját 1961–1990 referencia időszakához viszonyított változásként adjuk meg. A táblázatok esetében az 1961–1990 időszakra az OMSZ mérései alapján előállított rácsponti megfigyelési adatbázis (18,5–19,3 K.h., 46,3–46,9 É.sz. közötti) átlagértékeit is közöljük, hogy legyen mihez viszonyítani ezeket a változásokat.

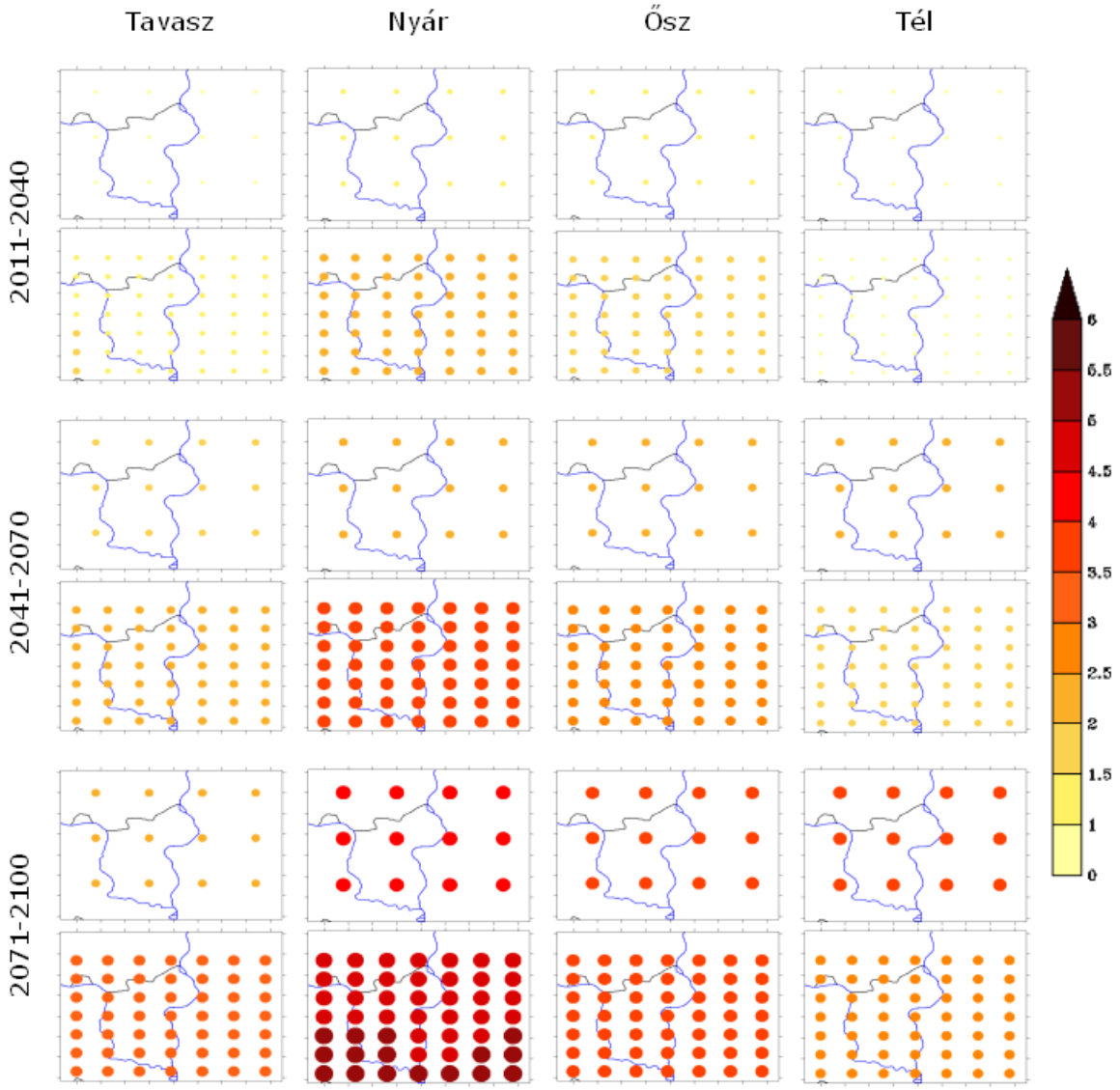
10.4.6.1 Hőmérséklet

A XXI. század folyamán Paks környezetére mindkét modell szerint fokozatos melegedés várható éves, évszakos és havi szinten is. Ez azt jelenti, hogy minél távolabbi 30 éves időszakot tekintünk, annál erősebb lesz a havi, évszakos és éves átlaghőmérséklet-emelkedés. Az évek közötti természetes változékonyság megmarad, így a jövőben is előfordulhatnak az átlagosnál hidegebb hónapok és évszakok. A két modell egyértelmű növekedést prognosztizál a jövőre, ám a változás mértéke nem egyértelmű: az egyik modell alapvetően melegebb értékeket ad, mint a másik. A 10.4.6-1. táblázatban olvashatók az éves és évszakos változások Paks térségében. Látható, hogy a legerőteljesebb melegedés minden időszakban nyáron várható, ami már a közeljövőben is meghaladhatja a 2 ºC-ot, a század végén pedig az 5 ºC-

ot is elérheti. A második legnagyobb hőmérsékletemelkedést őszre mutatják a modellek, olyannyira, hogy az ősz az évszázad közepétől várhatóan átlagosan melegebb lesz a tavasznál. Az évszázad elején a téli, majd a tavaszi melegedés a legmérsékeltebb, s a két modell szerint valószínű, hogy 2071–2100-ban a téli átlaghőmérséklet inkább lesz pozitív, mint negatív. Ami a területi eloszlást illeti, a vizsgált tartományon belül a hőmérsékletváltozás igen homogén mindkét modell szerint (10.4.6-2. ábra), csak az egyik modell esetében látunk nagyobb változást az évszázad utolsó évtizedeire, nyárra.

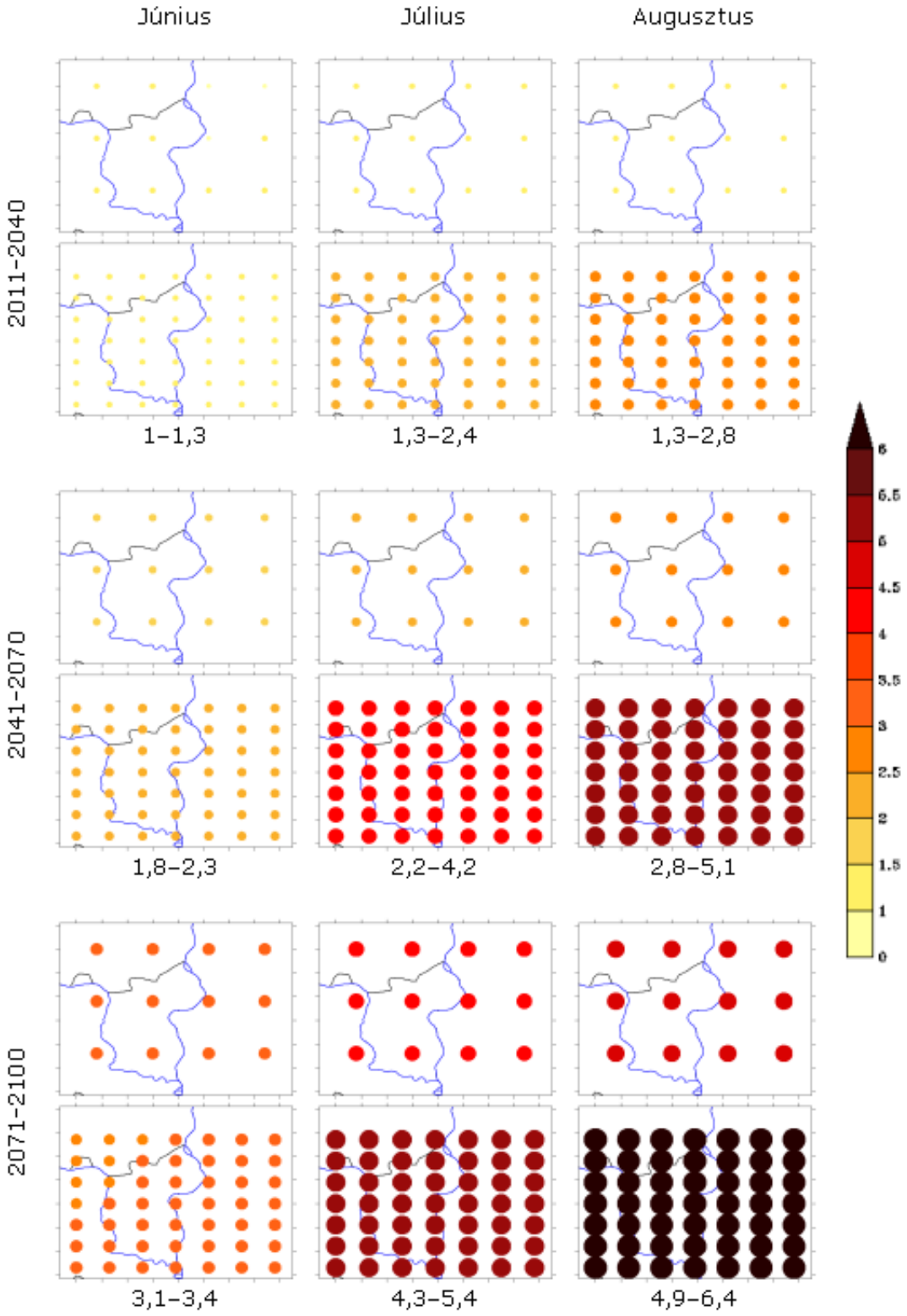
	1961–1990	**2011–2040**	**2041–2070**	**2071–2100**
	megfigyelés(ºC)	**változás (ºC)**		
Éves	10,5	1,1–1,5	2,1–2,6	3,5–3,6
Tavasz	11	1–1,5	1,7–2,3	2,3–3,1
Nyár	20,1	1,2–2,2	2,3–3,9	4,2–5
Ősz	10,8	1,4–1,7	2,1–2,8	3,6–3,8
Tél	0,2	0,8	1,6–2,4	2,6–3,9

10.4.6-1. táblázat: Éves és évszakos átlaghőmérséklet megfigyelt értékei (ºC) 1961–1990-ben, illetve a két modell szerint várható változás (ºC) Paks térségében 2011–2040-ben, 2041–2070-ben és 2071–2100-ban az 1961–1990-es referencia időszakhoz képest



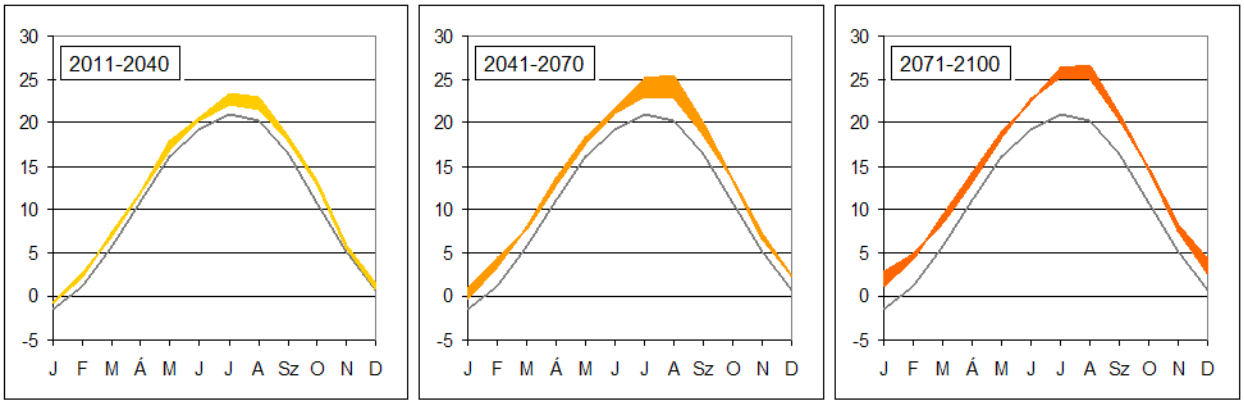
10.4.6-2. ábra: Évszakos átlaghőmérséklet-változás (ºC) Paks térségében 2011–2040-ben, 2041–2070-ben és 2071–2100-ban az 1961–1990-es referencia időszakhoz képest két modell alapján

A nyári hónapokat érdemes külön is megvizsgálni, melyet a 10.4.6-3. ábra mutat. Itt is megfigyelhető az idő előrehaladásával az erősödő hőmérsékletemelkedés és az, hogy mindkét modell szerint mindhárom időszakban a változás mértéke várhatóan augusztusban lesz a legnagyobb, és fontos megemlíteni, hogy a szeptember hónap júniusnál várhatóan nagyobb mértékben melegszik majd. A két modell között havi szinten is megmarad a különbség az értékekben, a legnagyobb eltérés, több mint 2 ºC júliusban tapasztalható.



10.4.6-3. ábra: A nyári hónapok várható átlaghőmérséklet-változása (ºC) Paks térségében 2011–2040-ben, 2041–2070-ben és 2071–2100-ban az 1961–1990-es referencia időszakhoz képest két modell alapján

A század közepétől várhatóan a hőmérséklet évi menete is módosul kissé, mivel az eddig jellemző júliusi maximum helyett az augusztusi átlaghőmérséklet erőteljesebb változása miatt ez a hónap átlagosan melegebb lesz (10.4.6-4. ábra). Az átlagosan leghidegebb hónap Paks térségében a január, ami a jövőben sem változik, viszont az évszázad közepétől a hónap átlaghőmérséklete egyértelműen a pozitív értékek irányába tolódik. A havi térképek szintén nem mutatnak lényeges térbeli különbségeket a vizsgált rácspontokban.



Megjegyzés:
A jövőre vonatkozó információk ábrázolásánál a modellek által az adott időszakra jelzett változást az 1961–1990-re vonatkozó mérésekhez adtuk hozzá, majd a két modell eredménye alapján kapott két évi menet közti területet kiszíneztük.

10.4.6-4. ábra: A havi átlaghőmérsékletek évi menete (ºC) a megfigyelések szerint 1961–1990-ben (szürke vonal), illetve a két modell alapján várható évi menet (ºC; színes sávokkal az általuk határolt bizonytalansági intervallum) Paks térségében 2011–2040-ben, 2041–2070-ben és 2071–2100-ban.

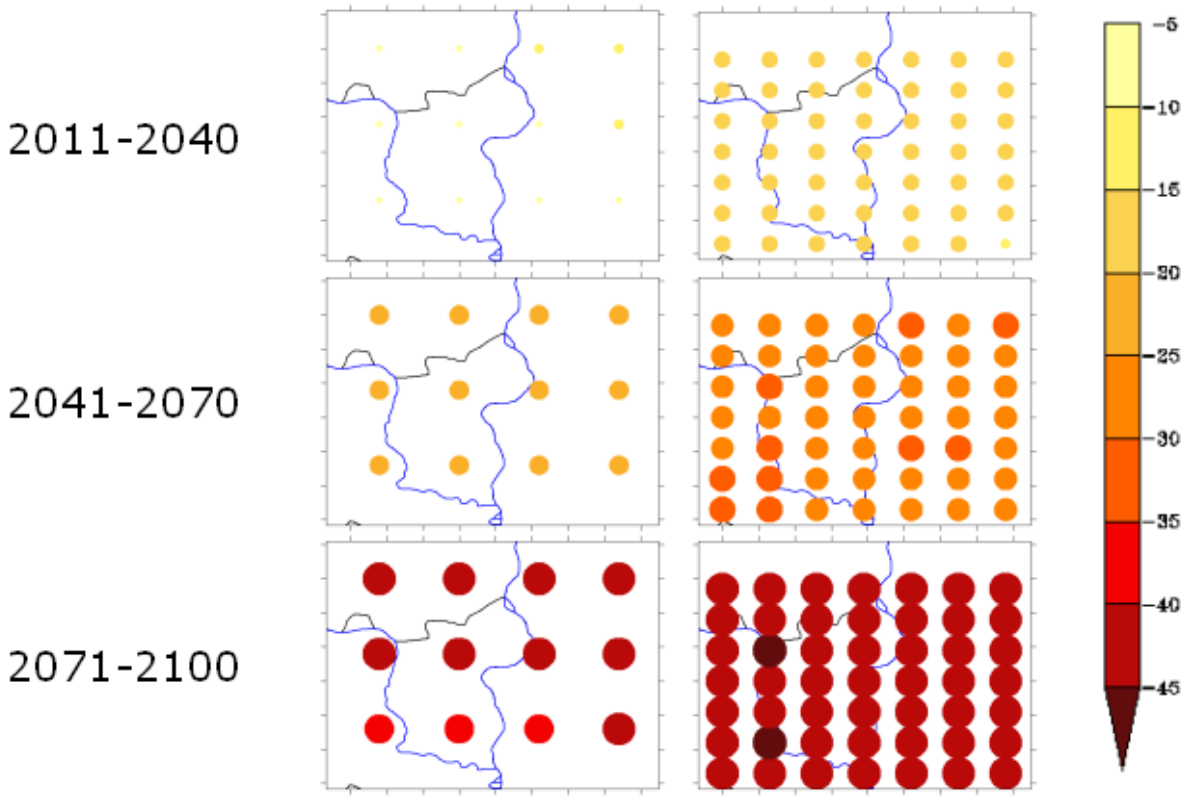
A szélsőséges viszonyok jellemzésére különböző indexeket használunk, s azt nézzük meg, hogy a vizsgált változó milyen gyakorisággal vesz fel egy adott küszöbértéknél kisebb vagy nagyobb értéket. A hőmérsékleti indexek jövőbeni alakulása összhangban áll az átlagos viszonyokkal, azaz a meleg szélsőségek (pl. a hőségnapok, a hőségriadók, stb.) előfordulása várhatóan nőni fog, míg a hideg indexeké (pl. a fagyos napoké) csökkenni. (10.4.6-2. táblázat). A hőségnapok (napi maximumhőmérséklet > 30 ºC) száma már akár a közeljövőre megduplázódhat, de a század közepére már mindkét modell ezt jelzi. Tekintsünk most a múltban ritkábban előforduló indexeket: a forró napokat, amikor a napi maximumhőmérséklet meghaladja a 35 ºC-ot valamint a forró éjszakákat, amikor a napi minimumhőmérséklet nem süllyed 20 ºC alá. Ezek az indexek a referencia időszakban átlagosan csupán 2 napon fordultak elő, számuk azonban arányaiban jelentősen megnőhet: a század végére a modellek szerint legalább nyolcszor annyi forró napra és húszszor annyi forró éjszakára számíthatunk, mint 1961–1990-ben.

A különböző hőségriadós napok (hőségriadós nap: napi átlaghőmérséklet > 25 ºC; másodfokú hőségriadó: napi átlaghőmérséklet > 25 ºC 3 napig vagy napi átlaghőmérséklet > 27 ºC; harmadfokú hőségriadó: napi átlaghőmérséklet > 27 ºC 3 napig) száma ugyancsak megemelkedik. Minél szigorúbb az előfordulás feltétele, annál markánsabb a relatív változás, tehát az erőteljesebb szélsőségek felé való elmozdulás várható. Mindez azt jelenti, hogy az idővel előrehaladva a hőségriadós napokból egyre több lesz a másod-, illetve a harmadfokú.

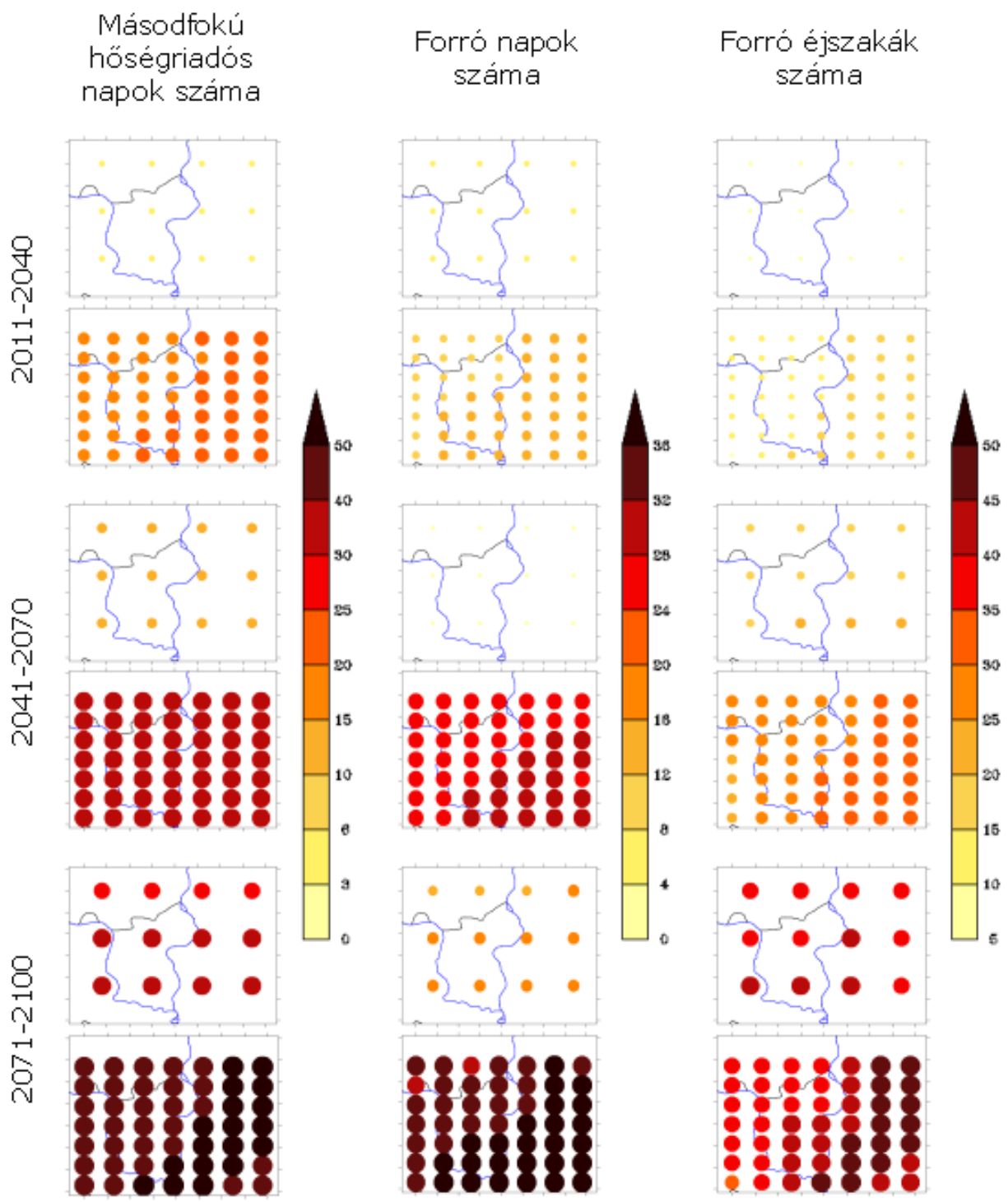
	1961–1990	**2011–2040**	**2041–2070**	**2071–2100**
	megfigyelés (nap)	**változás (nap)**		
Hőségnap	19	9,1–23	19–39	38–50
Forró nap	2	2–13	6–27	17–36
Forró éjszaka	2	8,2–15	19–29	39–42
Hőségriadó	9,1	7,1–23	16–40	37–52
Másodfokú hőségriadó	4,1	4,5–20	12–37	31–49
Harmadfokú hőségriadó	0,1	1,3–8,7	3,9–22	14–32
Fagyos napok	89	(-17)–(-9,3)	(-29)–(-24)	(-43)–(-41)

10.4.6-2. táblázat: Hőmérsékleti indexek átlagos éves megfigyelt értékei (nap) 1961–1990-ben, illetve a két modell szerint várható változás (nap) Paks térségében 2011–2040-ben, 2041–2070-ben és 2071–2100-ban az 1961–1990-es referencia időszakhoz képest

Mindezekkel ellentétben, a fagyos napok (napi minimumhőmérséklet < 0 ºC) száma a modellek szerint a század folyamán a felére apad. Az indexek megváltozásának mértéke igen bizonytalan, a változás intervalluma adott modell esetén akár kétszerese is lehet a másiknak. Legkisebb bizonytalanság a fagyos napoknál tapasztalható (a közelebbi jövőt leszámítva). Az extrémumok esetében a területi változékonyság is nagyobb, mint az átlagos viszonyoknál. A fagyos napoknál egy bizonytalan DNy-ÉK irányú erősödés figyelhető meg (10.4.6-5. ábra), míg a meleg szélsőségek változása ÉNy-DK irányban egyértelműen erőteljesebbé válik (10.4.6-6. ábra).



10.4.6-5. ábra: A fagyos napok éves számának várható megváltozása (nap) Paks térségében 2011–2040-ben, 2041–2070-ben és 2071–2100-ban az 1961–1990-es referencia időszakhoz képest két modell alapján



10.4.6-6. ábra: A másodfokú hőségriadós napok, a forró napok és a forró éjszakák éves számának várható megváltozása (nap) Paks térségében 2011–2040-ben, 2041–2070-ben és 2071–2100-ban az 1961–1990-es referencia időszakhoz képest két modell alapján

10.4.6.2 Csapadék

A csapadék esetében a hőmérséklettel ellentétben a XXI. század folyamán nem beszélhetünk egyértelmű és lineáris változásokról, sem a három jövőbeli időszak, sem az évszakok, sem pedig a két modellt illetően. A modellek egyetértenek az éves csapadék csekély változásában, fontos azonban az évszakos eloszlásokat is tekintenünk, ahol nagy eltéréseket tapasztalunk.

A 10.4.6-3. táblázatban láthatjuk az éves és évszakos értékeket Paks térségére.

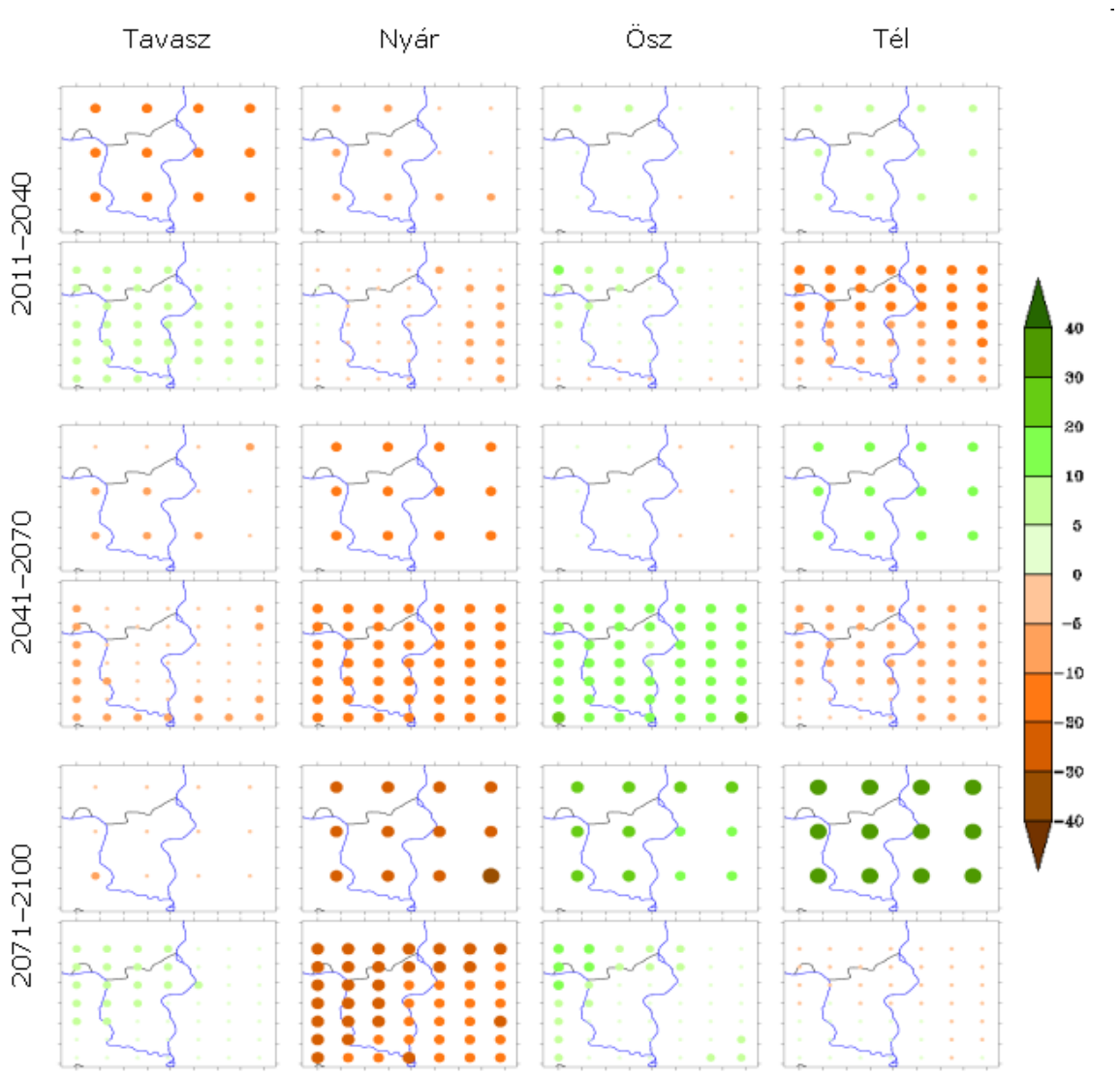
	1961–1990	**2011–2040**	**2041–2070**	**2071–2100**
	megfigyelés (mm/hónap)	**változás (%)**		
Éves	47	(-4)–0	(-5)–(-3)	(-4)–4
Tavasz	46	(-14)–6	(-5)–(-4)	(-3)–4
Nyár	62	(-6)–(-3)	(-16)–(-14)	(-27)–(-20)
Ősz	43	2–3	0–14	5–21
Tél	39	(-6)–7	(-7)–16	2–32

Megjegyzés:
A sárga/zöld szín jelöli a két modell alapján egyértelmű csapadékcsökkenést/csapadéknövekedést.

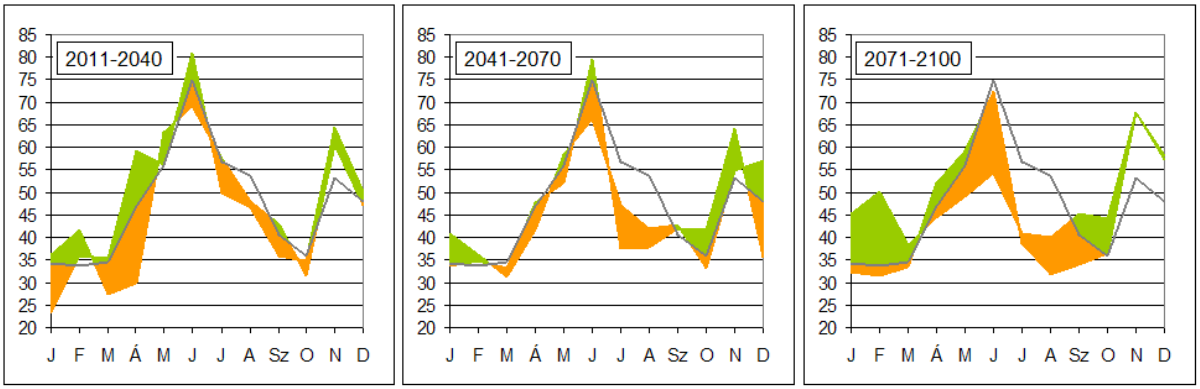
10.4.6-3. táblázat: Az éves és évszakos csapadék 1961–1990 megfigyelt értékei (mm/hónap), illetve a két modell szerint várható változás (%) Paks térségében 2011–2040-ben, 2041–2070-ben és 2071–2100-ban az 1961–1990 referencia időszakhoz képest

A nyári csökkenés egyértelmű a modellek szerint, ami az idő előre haladtával olyan mértékben erősödik, hogy – ellentétben az eddig megszokottal – a nyári csapadék az őszi csapadékösszegeknél kisebb mértékűvé is válhat majd (legalábbis az egyik modell eredményei alapján). Kijelentéseinket 30 éves átlagokra vonatkoztatjuk, azaz ez nem jelenti azt, hogy minden nyár száraz lesz és a nyárnál minden ősz csapadékosabb, hiszen továbbra is előfordulhatnak majd az átlagosnál csapadékosabb nyarak. Az értékekből szembetűnő még az őszi csapadék egyértelmű növekedése, ami szintén a század közepén-végén lesz erőteljesebb, azaz addigra a változás valószínűleg a változékonyságnál már nagyobb mértékű lesz. A két modell télre eltérő eredményeket mutat, ami tavasz esetében is igaz a középső jövőbeli időszakot leszámítva (amikor egyértelmű csökkenésre számíthatunk), azaz tavasszal és télen a változás irányában bizonytalanok a modellek. Ha a területi eloszlást is figyelembe vesszük (10.4.6-7. ábra), télen a terület ÉK-i részén valószínű csökkenés, míg növekedés ősszel ÉNy-on, tavasszal Ny-on várható. Minden évszak esetén elmondható, hogy a kezdeti időszakra csak nullához közeli, kisebb változások valószínűek, a század végére az évszakos csapadék markánsabb átrendeződése valószínűsíthető, míg a század közepére a gyengébb őszi növekedés és a nyári-tavaszi csökkenés az éves csapadék csökkenését vetítik előre.

Az évszakos összegekről a havi csapadékösszegek szintjére is érdemes lemennünk (10.4.6-8. ábra), így láthatjuk azt, hogy szeptemberben a nyárihoz hasonlóan a csapadék csökkenése várható (bár a kismértékű növekedés is lehetséges), míg a június a távoli jövőt leszámítva nem mutat egyértelmű csökkenést – ugyanezt láthatjuk a hőmérsékleti emelkedés tekintetében (szeptember erőteljesebben melegszik majd, mint június). Az ábrán megfigyelhető, hogy a tavasz hónapjaiban a változás elég bizonytalan előjelű mindhárom időszakban. 2071–2100-ra megváltozhat az éves menet, várhatóan a novemberi másodmaximum erőteljesen megközelíti vagy meg is haladhatja a júniusi értéket.



10.4.6-7. ábra: Évszakos csapadékváltozás (%) Paks térségében 2011–2040-ben, 2041–2070-ben és 2071–2100-ban az 1961–1990 referencia időszakhoz képest két modell alapján



10.4.6-8. ábra: A havi csapadékösszegek évi menete (mm) a megfigyelések szerint 1961–1990-ben (szürke vonal), illetve a két modell alapján várható évi menet (mm; színes sávokkal az általuk határolt bizonytalansági intervallum) Paks térségében 2011–2040-ben, 2041–2070-ben és 2071–2100-ban

A jövőre vonatkozó információk ábrázolásánál a modellek által az adott időszakra jelzett (előjeles) relatív változás mértékével növeltük az 1961–1990-re vonatkozó méréseket, majd a két modell eredménye alapján kapott két évi menet közti területet kiszíneztük (zölddel a növekedés és sárgával a csökkenés esetében).

A csapadék indexek rendkívül változatos képet mutatnak, nem feltétlenül korrelálva az átlagos csapadékösszegek megváltozásával és előfordulhat, hogy a két modell sem mutat azonos előjelet a változásban. A 10 mm feletti, nagycsapadékú napok száma (10.4.6-4. táblázat) a megfigyelések szerint nyáron fordul elő legtöbbször, míg télen a legkevesebbszer (kb. feleannyiszor), ám az évszázad végére ez az arány megváltozhat: télen a nagy csapadékkal járó események száma megközelítheti a nyári előfordulást (legalábbis az egyik modell szerint). Ehhez hozzá kell tennünk, hogy a nyári csökkenés a század elején és közepén egyáltalán nem biztos, de az évszázad végére már ebbe az irányba mutat mindkét modell, sőt, a változás mértéke is nagyobb lehet. Ezzel ellentétben a tavaszi kezdetben bizonytalan tendenciából a század végére a modellek inkább növekvő számokat jeleznek előre. Az őszi és téli növekedés (és így összességében az éves számok növekedése is) mindhárom időszakban egyértelmű a modellek szerint.

	1961–1990	2011–2040	2041–2070	2071–2100
	megfigyelés (nap)	változás (%)		
Éves	16,1	4–11	3–10	8–21
Tavasz	3,4	(-16)–7	(-2)–3	5–6
Nyár	5,9	(-2)–17	(-18)–5	(-28)–(-4)
Ősz	4,2	14–16	2–24	17–47
Tél	3,2	2–32	12–60	9–108

Megjegyzés:
A sárga/zöld szín jelöli a két modell alapján egyértelmű csökkenést/növekedést

10.4.6-4. táblázat: Az éves és évszakos 10 mm-t meghaladó csapadékú napok számának 1961–1990 megfigyelt értékei (nap), illetve a két modell szerint várható változás (%) Paks térségében 2011–2040-ben, 2041–2070-ben és 2071–2100-ban az 1961–1990 referencia időszakhoz képest.

Ha az extrém nagy csapadékú napokat (20 mm felett) vizsgáljuk (10.4.6-5. táblázat), elmondhatjuk, hogy azok egyértelműen növekedni látszanak, mely alól a 2041–2070 tavasz és a 2071–2100 nyár kivétel (a század végén a nyári események előfordulása gyengén csökken). Az alapvetően kis számú múltbeli előfordulás mellett viszonylag kis változásokat láthatunk, ez alól kivétel az őszi és téli század végi értékek megduplázódása (amit a modellek közötti jelentős szórás kísér) és a tavaszi értékek 50%-kal való növekedése.

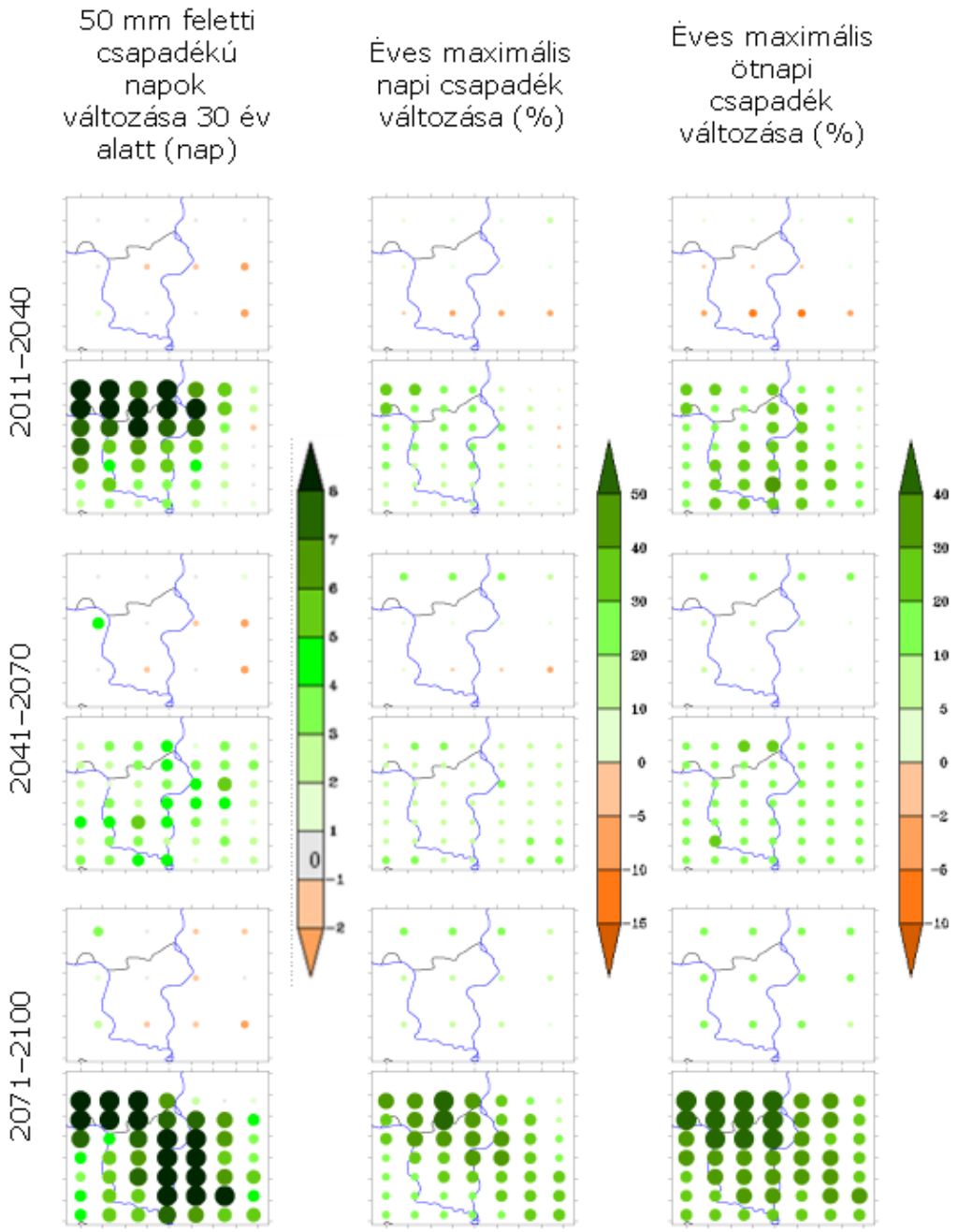
	1961–1990	2011–2040	2041–2070	2071–2100
	megfigyelés (nap)	változás (nap)		
Éves	3,1	0,1–0,7	0–0,6	0,7–1,3
Tavasz	0,6	0–0,1	(-0,1)–0,1	0,3
Nyár	1,4	0–0,2	0–0,1	(-0,1)–0
Ősz	0,7	0,1–0,2	0–0,3	0,2–0,8
Tél	0,4	0–0,1	0,1	0,1–0,4

Megjegyzés:
A sárga/zöld szín jelöli a két modell alapján egyértelmű csökkenést/növekedést

10.4.6-5. táblázat: Az éves és évszakos 20 mm-t meghaladó csapadékú napok számának 1961–1990 megfigyelt értékei (nap), illetve a két modell szerint várható változás (nap) Paks térségében 2011–2040-ben, 2041–2070-ben és 2071–2100-ban az 1961–1990 referencia időszakhoz képest.

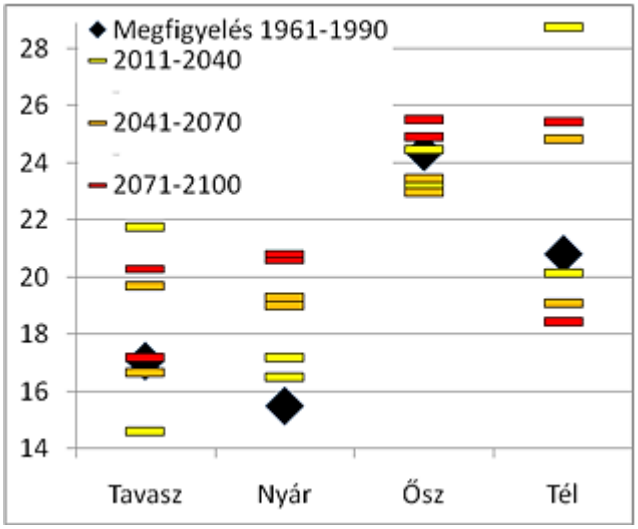
A 30 év során is ritkán (a területi átlagban 1,5 napon) előforduló 50 mm feletti napi csapadékokat vizsgálva (10.4.6-9. ábra bal panel) elmondhatjuk, hogy éves szinten az egyik modell szerint jelentős növekedés valószínű, míg a másik szerint a változás elenyésző, és inkább (nyári) csökkenés valószínű. A növekedés az első időszak esetében főleg nyáron, de tavasszal és ősszel is, a második időszak esetében inkább ősszel, míg a század végére egyértelműen tavasszal, de még nyáron is várható. A megfigyelések szerint télen és tavasszal szinte nem fordult elő ilyen esemény, és ez a modellek szerint télen nem is fog bekövetkezni. (Az évszakos eredményeket nem mutatjuk be.)

Az éves maximális napi és egymást követő ötnapi csapadékok számában a két modell (10.4.6-9. ábra középső és jobb panel) alapvetően növekedést valószínűsít, de a közelebbi időszakban az egyik modell szerint a terület déli részén csökkenés is előfordulhat, ami miatt főleg a nyári (nyári félévi) csapadékcsökkenés okolható. Ősszel (és kevésbé, de télen is) várható erősebb növekedés, a nyár és a tavasz bizonytalan és változatosabb képet mutat a két index változásában. Az évszázad végére a nyári ötnapos index egyértelmű csökkenése a csapadékesemények tartósságának csökkenése miatt valószínű. (Az évszakos eredményeket nem mutatjuk be.)



10.4.6-9. ábra: A 30 év alatt előforduló 50 mm feletti napi csapadékok, illetve az éves maximális napi és ötnapi csapadék változása (% illetve az első esetében nap) Paks térségében 2011–2040-ben, 2041–2070-ben és 2071–2100-ban az 1961–1990 referencia időszakhoz képest két modell alapján

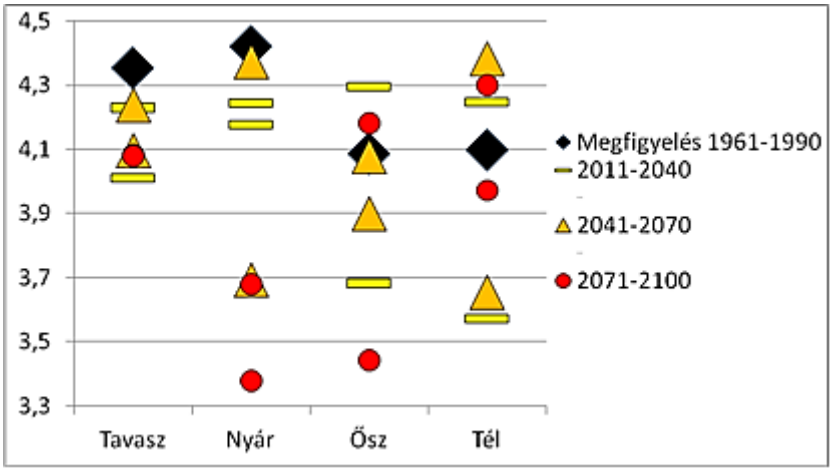
Ehhez szorosan kapcsolódik az egymást követő (1 mm alatti csapadékú) száraz napok nyári hosszának egyértelmű és a század vége felé erősödő növekedése (10.4.6-10. ábra). A nyári egyezés mellett még ősszel viszonylag kicsi a modellek közötti bizonytalanság: az évszázad közepére csökkenést, az utolsó évtizedekre pedig növekedést mutat mindkét modell. 2011–2040-re és 2041–2070-re télen és tavasszal nagyfokú bizonytalanság jellemzi a két modellt, azaz az egyik modell szerint inkább növekedés, míg a másik szerint inkább csökkenés valószínű az évszakokban. A száraz napok tavaszi maximális hosszának növekedése az évszázad végére már egyértelműnek látszik, télen azonban marad a jelentős bizonytalanság és az ellentétes változási irány a modellek között.



Megjegyzés:
A jövőre vonatkozó értékek kiszámításánál a modellek által az adott időszakra jelzett (előjeles) relatív változás mértékével növeltük az 1961–1990-re vonatkozó megfigyeléseket.

10.4.6-10. ábra: Az egymást követő száraz (1 mm alatti csapadékú) napok évszakos maximális hossza (nap) 1961–1990-re a megfigyelések szerint, illetve a két modell által jelzett értékek (nap) Paks térségében 2011–2040-re, 2041–2070-re, 2071–2100-ra

Az egymást követő (1 mm feletti) csapadékos napok száma (10.4.6-11. ábra), a száraz napokkal megegyező tendenciát követve nyárra egyértelműen csökken (a modellek közötti szórás a század elején és végén kisebb). Az előbbi indextől eltérően mindkét modell a tavaszi csapadékesemények tartósságának csökkenését vetíti előre, továbbá ilyenkor a legkisebb a modellek közötti szórás. Télre a már többször említett modellek közötti eltérés jellemző a csapadékos napokat illetően is: az egyik modell szerint csökkenés, a másik szerint növekedés valószínű. Ősszel a század közepét leszámítva (akkor ugyanis csökkenés várható) szintén eltérő előjelű változásokat jeleznek a modellek. Az évszázad elején ősszel és télen, 2041–2070-ben nyáron és télen, míg a század végén ősszel látjuk a legnagyobb bizonytalanságot a két modell között.

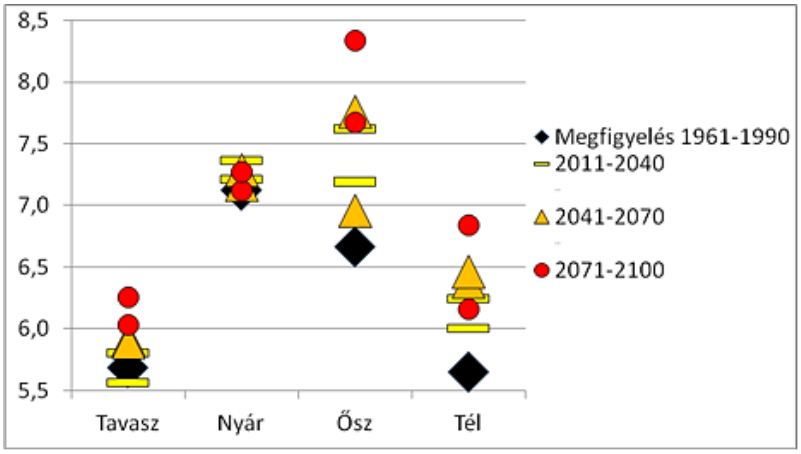


Megjegyzés:
A jövőre vonatkozó értékek kiszámításánál a modellek által az adott időszakra jelzett (előjeles) relatív változás mértékével növeltük az 1961–1990-re vonatkozó megfigyeléseket.

10.4.6-11. ábra: Az egymást követő csapadékos (1 mm feletti csapadékú) napok évszakos maximális hossza (nap) 1961–1990-re a megfigyelések szerint, illetve a két modell által jelzett értékek (nap) Paks térségében 2011–2040-re, 2041–2070-re és 2071–2100-ra.

Az átlagos csapadékösszegek mellett az érdeklődésre leginkább számot tartó index a csapadékintenzitás lehet, mely a csapadékos napok csapadékosságát adja meg (1 mm feletti csapadékösszeg osztva a csapadékos napok számával). A megfigyelések és tapasztalataink szerint is nyáron vannak az intenzívebben csapadékos napok, ám ez a távoli jövőre őszre esik majd a két modell szerint (10.4.6-12. ábra) Paks térségében, ugyanakkor a modellek bizonytalansága az egyértelmű növekedés mellett ebben az évszakban a legnagyobb. A század eleji tavaszi bizonytalan előjelű változás a

század közepére és végére növekedésbe megy át, míg nyáron a nagyon gyenge kezdeti növekedés után mindvégig jellemző lesz a szinte változatlanság, ami miatt a modellek közötti szórás is éppen nyáron a legkisebb. Télre is egyetértenek a modellek a csapadék intenzívebbé válásában (a legnagyobb egyetértésben a század közepére): még a nyári intenzitás alatt marad az érték, ám többnyire a tavaszi értékek felett lesz (noha a megfigyelések szerint télen a legalacsonyabb az index értéke).

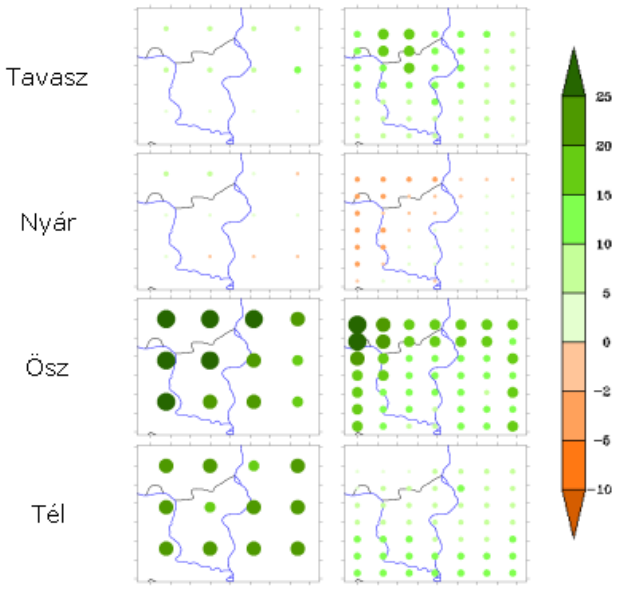


Megjegyzés:
A jövőre vonatkozó értékek kiszámításánál a modellek által az adott időszakra jelzett (előjeles) relatív változás mértékével növeltük az 1961–1990-re vonatkozó megfigyeléseket.

10.4.6-12. ábra: A csapadékintenzitás (1 mm feletti csapadékösszeg/napok száma) évszakos értékei (mm/nap) 1961–1990-re a megfigyelések szerint, illetve a két modell által jelzett értékek (mm/nap) Paks térségében 2011–2040-re, 2041–2070-re és 2071–2100-ra.

A jövőre vonatkozó értékek kiszámításánál a modellek által az adott időszakra jelzett (előjeles) relatív változás mértékével növeltük az 1961–1990-re vonatkozó megfigyeléseket.

A század végére ugyan a terület egészére jellemző az intenzívebbé válás, de érdemes megvizsgálnunk a területen belüli eltéréseket is (10.4.6-13. ábra). Ősszel láthatunk kiugró relatív változási értékeket, elsősorban a terület ÉNy-i részén, míg télen a legnagyobb változás inkább délen valószínű. Tavasszal az északi területeken várják a modellek a nagyobb növekedést, míg nyáron a terület ÉNy-i és DK-i felén ellentétes előjelű változások várhatók, a bizonytalanságot növelendő, a két modell eredményeiből kapott térbeli szerkezet ellentétes.



10.4.6-13. ábra: A csapadékintenzitás változása (%) Paks térségében 2071–2100-ra az 1961–1990 referencia időszakhoz képest két modell alapján

10.4.6.3 Relatív nedvesség

A 10.4.6-6. táblázatban bemutatott relatív nedvesség változása egyértelmű a modellek szerint: minden évszakra, így éves szinten is csökkenésre számíthatunk mindkét modell, mindhárom jövőbeli időszak tekintetében Paks térségében. A nagyobb változások a század vége felé közeledve jelentkeznek, továbbá mindig zömmel az egyébként is legkisebb légköri nedvességű nyáron és ősszel fordul elő. Ez egybeesik a július-szeptember közötti intenzívebb melegedéssel és nagyobb csapadékcsökkenéssel is, amit az őszi csapadéknövekedésből eredő nedvesség sem tud kompenzálni.

	1961–1990	2011–2040	2041–2070	2071–2100
	megfigyelés (%)	változás (%)		
Éves	75	(-3)–(-2)	(-5)–(-3)	(-6)–(-4)
Tavasz	70	(-3)–(-1)	(-3)–(-2)	(-4)–(-1)
Nyár	69	(-6)–(-2)	(-13)–(-4)	(-15)–(-8)
Ősz	78	(-4)–(-3)	(-4)–(-2)	(-7)–(-5)
Tél	83	(-2)–(-1)	(-4)–(-1)	(-3)–(-1)

Megjegyzés:
Sárga színnel a mindkét modell szerinti legalább 2 %-os csökkenés van kiemelve

10.4.6-6. táblázat: Az éves és évszakos relatív nedvesség 1961–1990-ben megfigyelt értékei (%), illetve a két modell szerint várható relatív változás (%) Paks térségében 2011–2040-ben, 2041–2070-ben és 2071–2100-ban az 1961–1990 referencia időszakhoz képest.

10.4.6.4 Szélsebesség és szélirány

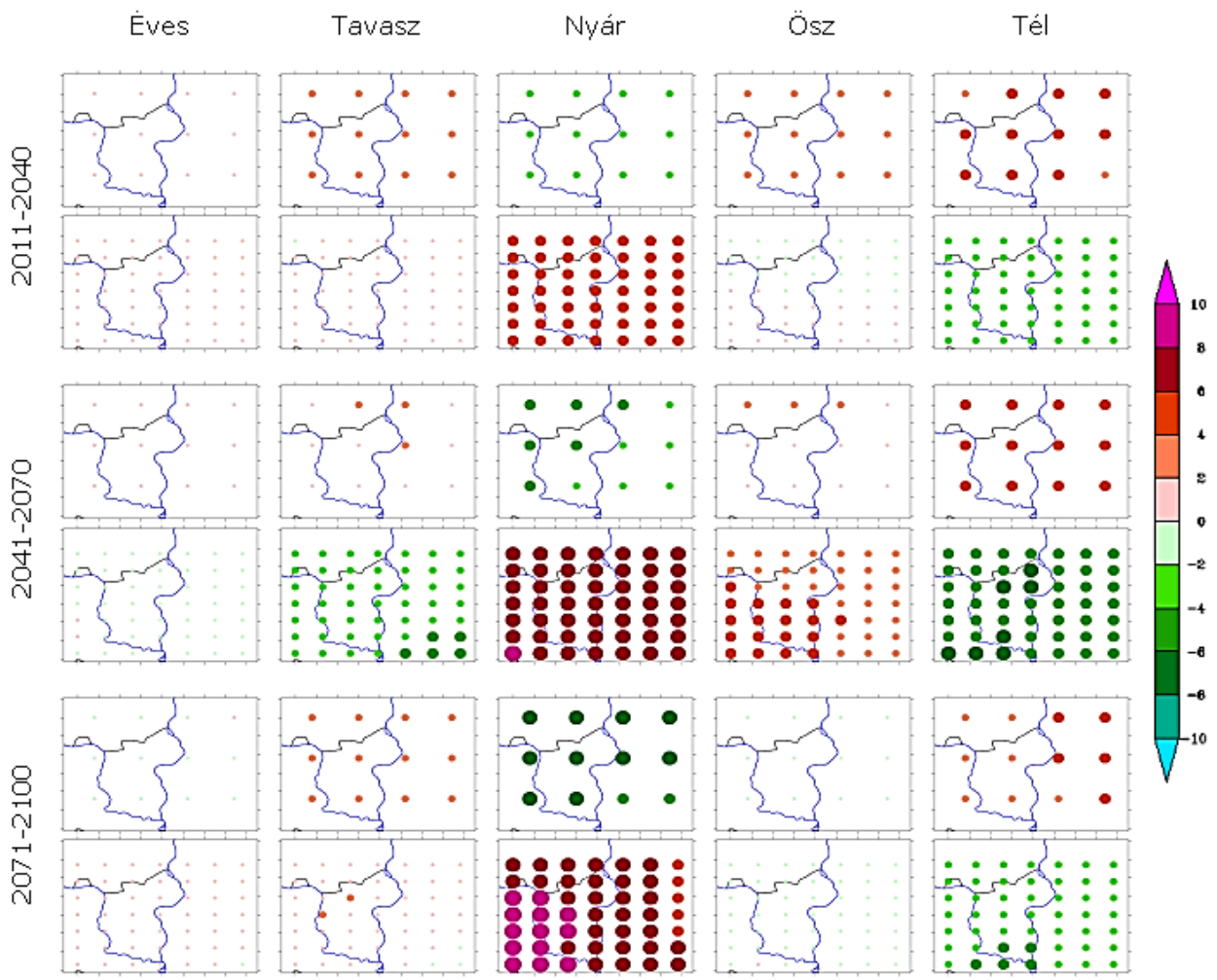
A szélsebesség nagyságában a modellek nem prognosztizálnak nagy vagy akár egyértelmű változásokat, különösen éves szinten nem. Ekkor az átlagos változás mértéke Paks térségében az idővel csökkenő tendenciát mutat (tehát az évszázad végére kisebb változások várhatók, mint korábban), és többnyire 2 %-nál kisebb, előjelében bizonytalan (10.4.6-7. táblázat).

	1961–1990	2011–2040	2041–2070	2071–2100
	megfigyelés (m/s)	változás (%)		
Éves	2,1	0,4–1,7	(-0,3)–1,1	(-0,2)–0,5
Tavasz	2,4	0,9–2,5	(-3,5)–1,9	1,3–2,4
Nyár	1,9	(-2,9)–5	(-4)–7,3	(-6,3)–7,1
Ősz	1,9	(-0,1)–3,3	1,6–3,6	(-0,7)– (-0,6)
Tél	2,2	(-2,7)–4,2	(-5,5)–5,1	(-3,7)–3,9

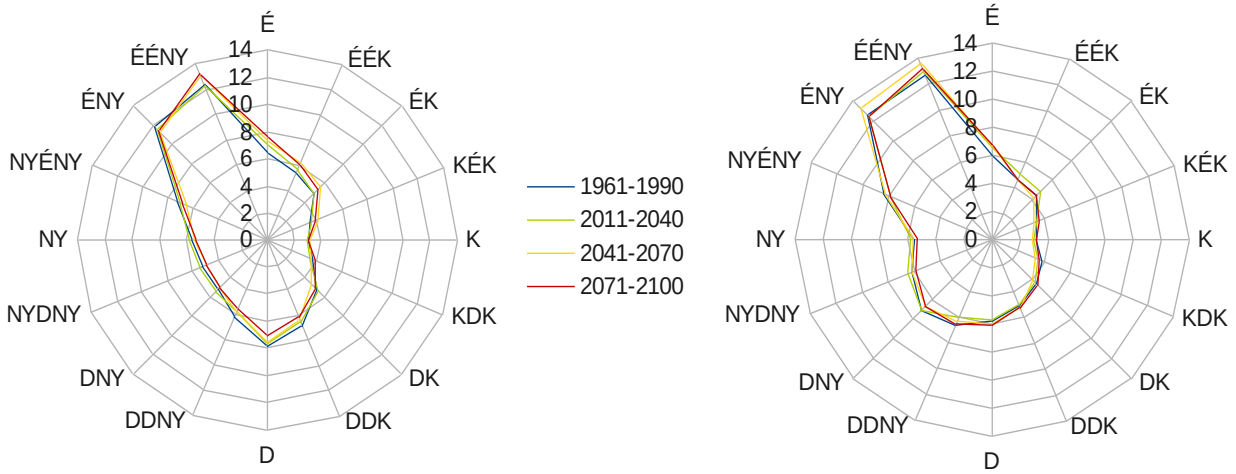
10.4.6-7. táblázat: Éves és évszakos átlagos szélsebesség megfigyelt értékei (m/s) 1961–1990-ben, illetve a két modell szerint várható változás (%) Paks térségében 2011–2040-ben, 2041–2070-ben és 2071–2100-ban az 1961–1990-es referencia időszakhoz képest

A változás mértéke csak nyáron, ill. a század közepén télen haladja meg az 5 %-ot, de ezekben az esetekben a két modell mindig ellentétes előjelű változást ad, tehát a bizonytalanság nagy. Erőteljesebb szélsebesség-növekedést vagy -csökkenést még télen várhatunk, de a modellek ekkor sem értenek egyet a módosulás irányában. Az évszakos átlagokban a legnagyobb változásokat a század közepén várhatjuk, de ősszel és tavasszal ebben a középső időszakban előjelet is válthat a két modell egyike – azaz eltérő irányú változást jeleznek, mint a korábbi vagy a későbbi időszakban. Összességében tehát igen nagy a bizonytalanság, ami a területi eloszlásban is látható: a nyártól eltekintve nem lehet egyértelmű tendenciákat megfigyelni (10.4.6-14. ábra). A legmelegebb évszakban az erősödés DNy-on, a gyengülés általában a nyugati területeken a legmarkánsabb.

A szélirányt 16 szektorba osztva vizsgáltuk, s ennek változása, akárcsak a szélsebességé, igen kicsi, a két modell által jelzett szélirány-eloszlás nem változik számottevően. Az erőműhöz legközelebb eső rácspontokon az uralkodó szélirány ÉÉNy-i marad (10.4.6-15. ábra) a XXI. században is, és a különböző irányokhoz tartozó gyakoriságok nem változnak 1-2 %-nál jobban. Kis ingadozás minden széliránynál megfigyelhető az időszakok között, de a bizonytalanság itt is nagy, a két modell ritkán egyezik meg az előjelben. Egyetértés csak abban van, hogy az ÉÉNy-i és É-i szél 1 %-kal gyakoribbá válik, míg a DDK-i ritkábbá. Ha Paks környékét vizsgáljuk, az egyik modell szerint az ÉNy-i és ÉÉNy-i szelek által uralt területek határvonala elmozdulhat az ÉNy-i javára, a másik szerint nem várható változás.



10.4.6-14. ábra: Éves és évszakos szélsebesség-változás (m/s) Paks térségében 2011–2040-ben, 2041–2070-ben és 2071–2100-ban az 1961–1990-es referencia időszakhoz képest két modell alapján



10.4.6-15. ábra: Éves szélirány-gyakoriság (%) 1961–1990-ben (kék), 2011–2040-ben (zöld), 2041–2070-ben (sárga) és 2071–2100-ban (piros) a két modell Pakshoz legközelebbi rácspontján (balra: 46,509º É.sz., 18,89º K.h.,jobbra: 46,68º É.sz., 18,8º K.h.)

10.5 IRODALOMJEGYZÉK

[10-1] PÖYRY ERŐTERV Zrt, Magyar Villamos Művek Zrt. Új atomerőművi blokkok létesítése, Előzetes konzultációs dokumentáció, 2012. 01. 30.

[10-2] Magyarország kistájainak katasztere, Második, átdolgozott és bővített kiadás, Szerkesztette: Dövényi Zoltán, MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, 2010.

[10-3] Hawkins és Sutton, A globális klímamodellek teljes Földre, Európára és a Brit-szigetekre vonatkozó csapadék és hőmérsékleti szimulációit (tízévenkénti átlagolással) jellemző bizonytalanságok százalékos aránya 2000 (0. év) és 2100 (100. év) között, 2009, 2011