

A 80-as és 90-es évek árhullámainak szinoptikus-klimatológiai értékelése

Készítette:
Szépszó Gabriella

Témavezető:
Homokiné Ujváry Katalin

Tanszéki konzulens:
dr. Gyúró György

Budapest, 2003. május

Tartalomjegyzék

Bevezetés	3
1. Történeti áttekintés	4
1.1. Árvizek szinoptikai feltételeinek vizsgálata	4
1.2. Árvízi esettanulmányok 1980–1999 között	5
1.3. Kisvízi események	14
1.4. Jeges árvizek leírásai	16
2. A szakdolgozat célja, módszerei és adatforrásai	18
2.1. Az alkalmazott módszerek	19
2.2. A felhasznált adatok forrása	19
3. Csapadékhatékony időjárási típusok előfordulása a Kárpát-medence időjárásában	20
3.1. Az időjárási típusok megalkotása	20
3.2. Az időjárási típusok statisztikai vizsgálata	21
3.2.1. Időjárási típusok abszolút és relatív gyakoriságai	22
3.2.2. Időjárási típusok tartóssága	32
3.3. A 80 %-os mederteltséget elérő árhullámok csapadékos időszakainak jellemzése	34
3.3.1. Az árhullámkeltő csapadékos napok időjárási típusok szerinti eloszlása	35
3.3.2. Az időjárási típusok halmozódásai	38
4. Esettanulmány	46
4.1. Az 1998. évi őszi árvíz	46
4.2. A 2000. évi tavaszi árvíz	51
4.3. A 2001. márciusi árvíz	52
5. Összefoglalás	58
Köszönetnyilvánítás	62

Függelék	63
1. számú melléklet	64
2. számú melléklet	80
3. számú melléklet	93
Irodalomjegyzék	95

Bevezetés

Az 1970-es években szinoptikus meteorológiai kutatások indultak meg az Országos Vízügyi Hivatal és a Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Intézet valamint az Országos Meteorológiai Szolgálat részvételével. A vizsgálatok célja az 1950-es és 60-as évtized nagy dunai és tiszai árhullámainak hidrológiai és meteorológiai tanulmányozása volt. A kutatások megkezdéséhez az 1965. évi jelentős dunai illetve az 1970. évi pusztító tiszai árvíz szolgáltatták a megfelelő indítékot.

Az 1983-ban megjelent *Bodolainé Jakus Emma: Árhullámok szinoptikai feltételei a Duna és a Tisza vízgyűjtőterületén* c. kiadványa tartalmazza e vizsgálatok során nyert eredményeket. Jellemezte azokat a szinoptikus helyzeteket, amelyek leggyakrabban árhullámok kialakulásához vezetnek, ezek csapadékhatékonyságát, időbeli eloszlását vizsgálta az 1951–1980 közötti időszakra. A Duna és a Tisza mentén lezajló árvízi események időbeli eloszlását, kiváltó okait az 1951-től 1970-ig eltelt két évtizedre vizsgálta. Ez a kiadvány a későbbi elemzések, feldolgozások alapjául szolgál.

A szakdolgozat ennek a munkának a folytatását tűzte ki célul. Elvégzi az 1980 óta a Dunán és a Tiszán levonult jelentősebb, 80 %-os mederteltséget elérő árhullámok elemzését, megállapítja azok időjárási típusait, bemutatja az árhullámot megelőző csapadéktevékenységet. Valamint megvizsgálja, hogy a fent említett tanulmány főbb megállapításai érvényesek-e az elmúlt húsz év árvízi időszakaira is.

1. fejezet

Történeti áttekintés

1.1. Árvizek szinoptikai feltételeinek vizsgálata

Mint már említettük 1970-ben indultak meg az árvizekkel kapcsolatos szinoptikus meteorológiai kutatások.

A témában megjelent hazai kutatások közül elsőként *Bodolainé Jakus Emma* [3] tanulmányát kell megemlítenünk. Ez volt az első munka, amely összefoglalja az árvízi kutatások eredményeit. Vizsgálatai során az árhullámokat kiváltó időjárási helyzeteket csoportosította. Mindezt a talaj, az 500 hPa-os szint, a 500/1000 hPa-os réteg közepes térképei, valamint hőmérsékleti és nedvességi anomáliatérképek elemzésével végezte el. Hét markáns, csapadékot okozó típust alkotott meg: west, west peremháborgási, zonális, vonuló mediterrán ciklon, nyugati ciklonhelyzet, centrum és hideg légcsepp. Az időjárási típusokról a későbbiekben, jellemzésükről pedig az *1. számú mellékletben* esik szó. Az árhullámok kialakulásáért felelős csapadékmenyiségek térbeli és időbeli meghatározására minden egyes áradás csapadékos időszakának terület-magasság-időtartam analízisét elvégezte. A vizsgálatok alapjául olyan múltbeli árvízi események (a nagy történelmi árvizek illetve az 1951–1970 közötti időszak árvizei) szolgáltak, melyek mederteltsége elérte a 80 százalékot. A szerző külön fejezetet szentelt a jeges árhullámok elemzésének, ezeket a többi árvízi eseménytől elkülönítve kezelte. Tanulmánya lezárásául kísérletet mutat be nyári árhullámok valószínű maximális csapa-

déksorozatának becslésére a Duna és a Tisza vízgyűjtő területére.

Időjárási helyzetek tipizálásával több kutató is foglalkozott. A *Hess-Brezowsky*-, a *Péczely*-típusok széles körben ismertek. *Péczely* makroszintoptikus katalógusában olyan típusokat is alkotott, melyek kifejezetten térségünkben járnak látványos időjárás-változással. Hazai árvízi elemzések során azonban szívesebben használják a *Bodolainé*-féle típusokat, hiszen ezek kimondottan nagy csapadékot adó, árhullámokat okozó időjárási helyzetek tipizálásával keletkeztek.

Bonta Imre [6] a nagy csapadékot adó esetek időjárási feltételei mellett kiemelten vizsgálta a kis területre kiterjedő intenzív csapadéktevékenység stabilitási és nedvességi viszonyait. Kutatásai alapját 86 heves esőzéssel járó árhullám szolgáltatta. Megmutatta, hogy területi átlagban 20 mm-t meghaladó csapadék ott hullott le, ahol:

- a potenciálisan kihullható vízmennyiség értéke jelentős volt, meghaladta a havi átlagot,
- a dinamikus telítési hiány kicsi volt (60 gpm alatt),
- az SSI-index télen 6-nál, nyáron markáns frontok esetében 4-nél, bárikus mocsárhelyzetben 0-nál, egyéb esetekben 2-nél kisebb volt,
- a 850 hPa-os szint konvergencia-zónája a vízgyűjtők felett húzódott,
- 850 hPa-on a vízgyűjtők felett nagy hőmérsékleti kontraszt volt,
- a domborzat csapadék-kihullató hatása jelentős volt,
- 500 hPa-on a magasszintű jet sebessége télen meghaladta a 25, nyáron a 20 m/s-ot vagy pedig a magasban hideg légcsepp volt található.

1.2. Árvízi esettanulmányok 1980–1999 között

Az egyes árvizeket követően számtalan elemzés született, melyek különböző szemszögekből és alapossággal tárják fel az esemény lezajlásához vezető okokat. Ezek teljeskörű bemutatására nincs lehetőségünk, mégis emeljünk ki néhányat.

Az 1980 nyarán lezajlott Tisza-völgyi árvíz időjárási feltételeit részletesen *Homokiné-Nagy-Takács* szerző-trió által írt tanulmány [14] elemzi. Ebben az évszázadban ez volt a harmadik júliusi tiszavölgyi árvízi esemény. Az áradást négy kisebb árhullám előzte meg június közepétől július 20-ig. Az utolsó, mely július 21-től augusztus 1-ig tartott, a Körösök vízgyűjtőjén eredményezett magas vízállásokat. A kisebb árhullámok kialakulását olyan helyzetek okozták, amikor a Kárpát-medence felett ciklon örvénylett – centrum időjárási típus. A nagy vízállásokat kiváltó időszakban pedig mediterrán ciklon helyeződött a romániai vízgyűjtők fölé, ahol napokig tartó csapadékhullást eredményezett. Az elemzések alapján az árhullám kialakulásának tényezői: meleg okklúzió okozta konvergencia, nagy potenciálisan kihullható vízmennyiség, amely a Földközi-tenger térségéből érkezett, mezoléptékű örvények kialakulása a vízgyűjtők felett és az orográfia csapadéknövelő hatása.

1989. tavaszi csapadékos időszakai leginkább azért voltak figyelemfelkeltők, mert főleg a Tisza mellékfolyóin okoztak nagy áradásokat. Ezen árhullámok egyik legrészletesebb hidrológiai jellemzését *Szappanos Zoltán* [20] cikke nyújtja.

1989 első hónapjai a szokásosnál enyhébbek és szárazabbak voltak Magyarországon. A február végi gyors felmelegedést kísérő olvadás kisebb árhullámokat okozott a Felső-Tiszán és nagyobbakat a Túron és a Bodrogon. Levonulásuk után azonban igen alacsony vízállások alakultak ki – 5-50 %-os mederteltség volt mérhető a folyókon. Az áprilistól júniusig tartó időjárás már az átlagosnál lényegesen csapadékosabb volt. Az első csapadékhullám április 28. és május 3. között érte el a Tisza-völgy és a Körösök vízgyűjtőjét, ez a Bodrogon és a Hernádon alakított ki nagyobb, a Tiszán, a Krasznán és a Sajón pedig kisebb árhullámot. A második esőzés május 6-8. között folyt a Körösök és a Felső-Tisza vízgyűjtő-területén, ez a Bodrog áradását tovább növelte. Az utolsó jelentősebb csapadékhullámok június 6-8. és 29-30. között a Körösök, a Zagyva, a Tarna és a Kraszna vízgyűjtőit érintették. A mellékfolyókon kialakult vízállások következtében több helyen volt 7-21 napig a – Körösökön és a Bodrogon III. fokú – készültség. A Tiszán nagyobb árhullám

csak Tokaj és Szolnok között alakult ki.

A vizsgált időszak első rendkívüli dunai árhulláma 1991 nyarán zajlott le. Az árvíz hidrometeorológiai viszonyait részletesen *Bartha Péter* és *Bartha Péterné* [2] jellemezte. Cikkük alapján az árvízi eseményt két csapadékos periódus tevékenysége váltotta ki. A július 24-től augusztus 4-ig tartó időszak első 5 napjában az időjárást egy kétcentrumú ciklonrendszer alakította. Kiterjedt frontrendszerének nagy hőmérséklet-különbségei, a magasban zajló hidegadvekciónak hatására kialakuló labilis rétegződés heves zivatartevékenységeket váltott ki. A lassan mozgó frontrendszerben az Alpok felett hidegcsepp volt található a magasban, ez a Bécsi medencében és az Alpok térségében jelentős mennyiségű csapadék lehullását eredményezte. Két csapadékmentes napot követően július 31-én egy Brit-szigetek közelében örvénylő ciklon átvonulása okozott az eddigieknél is nagyobb mennyiségű csapadékot. A három nap alatt lehullott eső területi átlaga meghaladta a 90 mm-t.

A két csapadékciklus a vízállásokon is jól nyomonkövethető volt. Az osztrák és a szlovák szakaszon egyértelműen elkülöníthető a két árhullám és még Budapesten is szétválasztható, Mohácsnál azonban már szinte összemosódott és az első hullám tetőzése csak az áradás megtorpanásában jelentkezett. A két tetőzés közül a második ért el nagyobb értéket, ez betudható annak, hogy az utóbbi csapadékperiódus már nedvesebb vízgyűjtő-területeket és magasabb vízállásokat talált.

A tetőző vízhozamok tekintetében ez az évszázad harmadik legnagyobb árhulláma volt. Pozsony felett a második csúcsvízhozam kétszerese volt az elsőnek, Budapestnél pedig $8000 \text{ m}^3/\text{s}$ -nál tetőzött a második hullám, ami csak kevéssel maradt el az 1965. évi legnagyobb értéktől.

Az 1995 decemberében a Tiszán levonult árvíz meteorológiai jellemzését *Bonta Imre* [5] tanulmánya szolgáltatja. Ennek a téli árvízi eseménynek a rendkívülisége abban mutatkozik meg, hogy ilyen nagytömegű víz levonulása gátszakadás nélkül még nem fordult elő. December 22-én egy több középpontú, egész kontinensre kiterjedő ciklonrendszer alakította a térség időjárását. A ciklon melegszektorában áramló meleg és nedves levegő enyhülést hozott az időjárásban. Ennek hatására a tél során felhalmozódott

nagy mennyiségű hókészlet olvadásnak indult. Ezzel egyidőben igen intenzív csapadéktevékenység vette kezdetét – a területi átlagok a Kárpátok északkeleti vonulatánál a 70-140 mm-t is elérték, lokálisan pedig néhol 200 mm csapadék is lehullott. A kiemelkedően csapadékos napok időjárási típusai west peremháborgási szituációk valamint mediterrán peremciklonok voltak. Mindkettő magában hordozza a nagymennyiségű csapadék esélyét.

A szerző az összefoglaló térkép technikát alkalmazva arra következtetésre jut, hogy a heves árhullám kialakulásának makroszinoptikai okai a következők voltak: intenzív ciklontevékenység, délnyugati irányítottágú meleg nedves szállítószalag, alacsonyszinti összeáramlás és a hegyekben megkezdődött hirtelen olvadás.

Az árvíz alapos hidrológiai elemzését *Illés Lajos* és *Konecsny Károly* [17] cikke nyújtja. A szerzők részletesen elemzik az eseményt kiváltó csapadékperiódust megelőző hónapok időjárását, majd a vízállások és vízhozamok, valamint az áradás egyéb hidrológiai paramétereit mutatják be. Elvégeztek néhány statisztikai elemzést az évszázad árvizeire és megállapították, hogy a Felső-Tisza és a Szamos vízjárásában az évi maximumok leggyakrabban márciusban, majd április, május és február hónapokban fordulnak elő. Az évi maximum bekövetkezésének legkisebb esélye augusztustól októberig van. Decemberben a Felső-Tiszán gyakrabban, a Szamoson valamivel ritkábban fordul elő az évi maximum. A tíz legnagyobb árvíznek a fele a Felső-Tiszán december-január hónapokban fordult elő, a Szamoson meg egyszer sem. Tehát megállapítható, hogy míg a Tisza felső szakaszán a decemberi áradás nem jelent ritka eseményt, addig a Szamoson igen. Ennek oka, hogy a Szamos vízgyűjtője zárt, a mediterrán ciklon térség fölé helyeződése ritka, így jelentősebb csapadék is kevébbszer fordul elő.

A vizsgált időszak második legnagyobb dunai árhulláma 1997 nyarán vonult le a folyón. Kialakulásának hidrometeorológiai és hidrológiai körülményeiről *Szlávik Lajos* és *Bálint Gábor* hidrológusok [22] tanulmánya nyújt tájékoztatást.

Ez alapján az árhullámot két nagyobb csapadékos ciklus előzte meg. Mindkettőt igen veszélyes időjárási helyzet okozta: blokkoló anticiklonok

hatására ciklon rekedt meg Közép-Európa térsége felett. A déli területeken uralkodó meleg levegő és az északi területek felől nyomuló hideg, nedves légtömeg nagy hőmérsékleti kontrasztja tartotta fenn a ciklon örvénylését és tette lehetővé a nagy mennyiségű csapadék kihullását.

Az első csapadékos periódus a Visztula, az Odera és az Elba forrásvidékén váltott ki heves esőzést, valamint a Morván és a Duna ausztriai vízgyűjtőin. A második csapadékhullás intenzitása elmaradt a korábbtól, de a vízgyűjtő területek átázása és a magasabb kiindulási vízállások következtében jóval nagyobb tetőzéseket hozott. A két hullám a vízállásoknál is jelentkezett. A Duna felső szakaszán a második tetőzés nem haladta meg az első értékét, de a magyarországi szakaszon a második hullám vízállásai voltak magasabbak.

Az 1997 nyarán kialakult helyzet Közép- és Kelet-Európa több országában okozott súlyos károkat.

Az 1998-as rendkívüli őszi tiszai árvíz meteorológiai körülményeiről *Homokiné Ujváry Katalin* [9] adott részletes jellemzést. Ez alapján az új vízállás-rekordokkal jelentkező novemberi árhullám kialakulásának feltételeit a szeptembertől október végéig tartó folyamatosan csapadékos időszak teremtette meg. E hónapokban nagyon kevés nap volt csapadékmentes, és több, mint tíz napon haladta meg a lehullott csapadék területi átlaga a 10 mm-t. Az előkészítő időszak során az esős napok időjárási típusai a nagy csapadékot adó szituációk közül kerültek ki – centrum, vonuló mediterrán ciklon. A két hónap alatt több árhullám is levonult a Tiszán, de jelentőségük elmaradt a novemberi hullámtól.

Az árvizet létrehozó csapadékperiódus egy hétig tartott – október 28-tól november 5-ig –, benne egy-egy kétnapos intenzíven csapadékos ciklussal. Az időjárást egy a Skandináv-félsziget felett örvénylő nagy kiterjedésű ciklon alakította, melynek melegszekektórában nyugat-keleti irányú meleg nedves szállítószalag húzódtott. A Kárpát-medence területén ekkor meleg advekción zajlott. Nem sokkal később a frontálozonán történő hullámvetés következtében a nedvességet szállító áramlás délnyugatívá vált, ezzel a Kárpátok északkeleti vonulatára merőleges irányt vett fel. Minden adott volt tehát a nagy mennyiségű csapadék hullásához: alacsonyszintű konvergencia, Földközi-tenger

térségből szállított meleg, nedves levegő, nagy potenciális vízkészlet és az orográfia csapadéknövelő hatása.

Ennek az árvíznek a kapcsán meg kell említeni *Grauzer Balázs* és *Bartha Péter* nevét [8]. Ők az 1998. évi őszi felső-tiszai árhullámot az 1970. évi árhullámmal összevetve elemezték. Tény, hogy az 1970. évi tavaszi árvíz szintén hosszabb csapadékos periódus készítette elő, valamint az „igazi” árhullámot megelőzően több áradás is levonult a Tiszán. A megelőző évben az ősz a szokásosnál jóval szárazabb volt, a Földközi-tenger térségében a ciklontevékenység szokásos október-novembermaximuma ezúttal elmaradt, csak a tél elején vette kezdetét. Decemberben a mediterrán térségben mindennaposá vált a ciklonok kialakulása, ezzel egyidőben Nyugat-Európa és Skandinávia felett főként anticiklon alakította az időjárást, ennek előoldalán hideg levegő nyomult a Földközi-tenger nyugati medencéjébe. Kialakult egy hőmérsékleti kontraszt a tenger keleti és nyugati medencéje között. A ciklontevékenység egészen januárig éreztette hatását a térségben: az időjárás enyhe és csapadékos volt. Ennek a szinoptikus helyzetnek az eredményeként 1970 első két hónapjában több árhullám vonult le a Tiszán, azonban ezek után a vízállások rendre visszaálltak kiindulási értékeikre. A márciusi árhullámok után viszont ez már nem következett be, az ezt követő áradások – három nagy árhullám – vízszintje már magasról indult. Az első két hullám kiváltó oka egy Kárpát-medence fölött örvénylő ciklon (centrum időjárási típus), az utolsó árhullám esetében pedig egy Cseh-medence fölött kialakult ciklon járult hozzá a helyzet kialakulásához.

A Felső-Tisza kárpátaljai szakasza mindkét árvízi esemény alkalmával egybeesett az intenzív csapadéktevékenység határvonalával [1]. Éppen ezért a 70-es árhullám kialakításában a bal parti mellékfolyók vettek részt, 1998-ban pedig a jobb oldali mellékfolyók játszották a fő szerepet.

1999 tavaszán ismét jelentős árhullám vonult le a Tiszán. A hóban tárolt vízkészlet ennek az évnek az elején többszöröse volt a sokévi átlagnak. A márciusi enyhe idő beköszöntével ez a hőkészlet olvadásnak indult, ennek köszönhetően nagyobb árhullám alakult ki a folyón, másrészt jelentős területek kerültek víz alá. A belvíz az év további részében is problémákat okozott,

lévén a nyár rendkívül csapadékos. A „medárdi negyven nap” nagy csapadékaival *Homokiné Ujváry Katalin* [10] cikke foglalkozik. A nyár folyamán gyakran voltak 100 mm-t meghaladó csapadéértékek az ország területén, melyeket igen intenzív, hosszantartó zivatartevékenységek váltottak ki. A szerző ezeket a kiugró értékeket mezoskálájú konvektív komplexumok jelenlétének tulajdonította. Ezek jellemzői [4] alapján a nagy potenciálisan kihullható vízmennyiség, az alacsonyszinti instabilitás, elliptikus felhőpajzs, U-alakú csapadékmező.

Bár a szakdolgozat által felölelt időszakba nem tartozik bele, de tekintünk néhány rendkívül szép árvizet az utóbbi évekből is – a 2000. és 2001. évi tiszai és a 2002-es dunai árvizeket.

Az 1999-es év első felének csapadékosága után az év hátralevő része szintén nem volt száraznak modható, ezért sem volt meglepő a Tiszán 2000 áprilisában újabb rekordokat döntő árhullám levonulása. Az árhullámot megelőző időszak, csakúgy, mint a másfél évvel korábbi őszi árvíz esetében, most is hosszan elhúzódóan csapadékos volt. A csapadék a hőmérséklettől függően hó illetve eső volt. Az év első napjától jelenlévő szokatlan mennyiségű hókészletet a februári és márciusi esőzések illetve enyhülések „fogyasztották el”. Az olvadás és a csapadék hatására a Tiszán több árhullám is levonult az időszak során. Az eseményeknek a végső lökést az április eleji csapadéktevékenység adta meg.

Április 3-án nyugati ciklonhelyzet alakította a térség időjárását, az alacsony nyomás Franciaország felett helyezkedett el. A Földközi-tenger középső medencéjéből egy gyors mozgású peremciklon helyeződött észak felé. Középpontja 5-én ért hazánk fölé. A ciklon melegszektorában húzódó meleg nedves szállítószalag eleinte déli irányítottságú volt, ezért először a Vág, a Garam, a Sajó, a Hernád és a Bodrog vízgyűjtőin okozott csapadéktöbbletet. Később azonban a nedves szállítószalag délnyugati irányúvá vált, ekkor Kárpátalján hullott több csapadék. A ciklon két nap múlva elvonult térségünkől és ezután már száraz időjárás jellemezte térséget. [11]

A 2000-es év árhullámokat követő részének aszályossága, valamint 2001.

első hónapjainak száraz időjárása után a márciusi árvíz szinte a semmiből jelent meg. Már az 1998-as árvíz során is több évtizedes rekordok dőltek meg a Tisza felső szakaszán, ez az áradás azonban ezeket is felülmúlta. Ezen árvízi esemény – a heveségén kívül – azért különösen rendkívüli, mert a szokásossal ellentétben mindössze három nap csapadéktevékenysége váltotta ki.

A 2001-es év első két hónapja annyira csapadékszegény volt, hogy mindössze 11 napon haladta meg a lehullott mennyiség az 5 mm-es területi átlagot. Március 3. és 5. között azonban rekord-mennyiségek hullottak. A három nap összegzett területi átlaga meghaladta a 120 mm-t, helyenként pedig 200 mm-nél is több esett. A kritikus napokon a legtöbb csapadék a Kárpátok vonulata mentén hullott. Az esőzések mindegyike több (16-18 illetve 6-7) órán keresztül állt fenn. A csapadéktevékenység szinoptikus feltételeit ezúttal is egy-egy Nyugat- és Közép-Európa felett örvénylő ciklonrendszer teremtette meg. A ciklon előoldalán a nedves szállítószalag ismét délnyugati irányítottságú volt, azaz a Földközi-tenger felől szállította a meleg és nedves levegőt. A 4-én kialakuló instabil rétegződés következtében a Kárpátok északkeleti vonulata mentén záporok, zivatarok is kialakultak ki.

A márciusi nagy csapadéktöbblet létrejöttében tehát az alapszinoptikus helyzetnek valamint a Kárpátok csapadéknövelő hatásának volt kitüntetett szerepe. [12]

Az árvizet hidrológiai szempontból jellemző tanulmányok közül ki kell emelni *Szlávik Lajos* [21] cikkét. A szerző részletesen bemutatja a folyó felső szakaszán létrejött vízállásokat. A Tisza ukrajnai szakaszán a kialakult tetőző vízállásai helyenként 75-109 cm-rel haladták meg az 1998 novemberében mért maximális értékeket. Az 1998. évi rekordok megdöntése a magyarországi szakaszon is megtörtént, itt azonban a különbségek jóval kisebbek voltak a két kritikus év maximumai között. A tanulmány továbbá beszámol az ukrajnai és a magyarországi szelvényeken végbement gátszakadásokról. A kiömlő víz térfogata több, mint 100 km^3 volt, kilenc település került víz alá.

Bár kevesebb említés történik róla, de 2001 márciusának második felében is levonult egy árhullám a Tiszán. Tetőzéseik kisebbek voltak a pár héttel

előbbinél. Erről a hidrológus szemszögéből *Vágás István* [23] írt elemzést.

Hosszú évek után 2002-ben újra volt árvíz a Dunán. Az augusztusi áradást két intenzív csapadékos periódus váltotta ki, ennek megfelelően két árhullám is levonult a folyón.

[13] alapján az árhullámot megelőző hónapokban jelentősebb csapadéktevékenység nem volt észlelhető, az augusztus eleji események alacsony vízállásnál kezdődtek meg. Az első csapadékos ciklus augusztus 6-8. között tartott. Az augusztus 6-i időjárási helyzetet egy Nyugat-Európán át húzódó nagy kiterjedésű alacsony nyomású mező jellemezte. 6-án az északi adriai térségből egy peremhullám vált le erről a mezőről és helyeződött kelet felé. A Földközi-tenger felől áramló levegő potenciális nedvességtartalma jóval átlag feletti volt – 30-35 mm körüli értékeket lehetett megfigyelni. 8-án a frontrendszer a Duna-Tisza-közéire helyeződött át, de a nedves szállítószalag a Duna vízgyűjtő-területére hajlott vissza. A lehulló csapadékmennyiséget az északnyugati áramlás orográfiára merőleges iránya is növeli.

A második csapadékperiódust egy délről – szintén az észak-adriai térségből – észak felé mozgó ciklon átvonulása eredményezte. A potenciálisan kihullható vízmennyiség ismét átlag feletti volt, egyes területeken a 40 mm-t is meghaladta. A kiterjedt csapadéktevékenység a déli frontrendszer megerősödésével augusztus 11-én kezdődött és három napig tartott. A domborzat csapadéknövelő hatása ebben a ciklusban is fontos szerepet játszott, a lehulló csapadék mennyisége meghaladta az első alkalommal esett értékeket.

A szerző megemlíti az 1991. évi szintén jelentős dunai nyári árvizet, melynek körülményeit hasonlóan egy tíznapos időszak két csapadékosabb periódusa váltotta ki. Felhívja a figyelmet arra az érdekes tényre, hogy e két – csapadékaiban és lezajlásában – nagyon hasonló árvíz között 11 év telt el, és megemlíti az évszázad másik két rendkívüli dunai eseményét: az 1954. és 1965. évi áradásokat, melyek között eltelt idő szintén 11 év volt.

1.3. Kisvízi események

Az előző árvízi esettanulmányok kapcsán megfigyelhető, hogy az elemzett nagyobb áradások jelentős része a 90-es években vonult le folyóinkon. A 80-as évek időjárásáról megállapíthatjuk, hogy gyakoriak voltak az egymást követő hosszabb csapadékmentes időszakok, amelyek közül az 1990. évi – az átlagot több, mint 1 Celsius-fokkal meghaladó évi középhőmérsékletével (4.9. ábra) – az évszázad egyik legnagyobb aszályához vezetett. Kifejezetten aszályosnak tekinthetők a következő évek is: 1984., 1986., 1987. és 1988. A Felső-Tiszán ezekben az években gyakran alakultak ki az eddig mért legkisebb vízállásoknál (LKV) alacsonyabb értékek.

A továbbiakban szenteljünk néhány gondolatot ezeknek a kisvízi rekordokat megdőntő éveknek.

A kisvízi esemény hidrológiai definíciója [18]: a vízhozam–idő függvény olyan szakasza, melynek folyamán az időfüggvény *gyakorlatilag* egybefüggően nem halad meg valamely előre rögzített kritikus kisvízhozam-értéket. A *gyakorlatilag* szó itt arra utal, hogy a két szomszédos eseményt egynek tekintjük, ha közöttük olyan vízállások alakulnak ki, melyekhez tartozó vízhozamcsúcsok értéke nem haladja meg ennek a kritikus vízhozam-értéknek a másfélszeresét, valamint a két esemény közötti időtartam valamilyen előre megválasztott időkorlát alatt van. Az ilyen kisvizek leggyakrabban június és szeptember hónapok között fordulnak elő.

A Felső-Tiszán kialakult szélsőséges kisvízállások hidrológiai vizsgálatai közül *Illés Lajos* és *Jeczó János* tanulmányát [16] kell kiemelnünk. A szerzők részletesen elemzik az 1970–1990 közötti ilyen jellegű események kiváltó okait, különös tekintettel a Tisza Tiszabecs és Tivadar vízmércék közötti szakaszára. Vizsgálatuk során több szempontból közelítik meg a témát.

Az első vizsgálatához egy 1945-től 1990-ig terjedő idősort választottak ki négy szelvényre: Tiszabecsre, Tivadarra, Vásárosnaményre és Záhonyra. Ezek tartalmazták az évi legkisebb napi, a legkisebb havi közép- és az évi középvízállásokat. Az értékeket trendvizsgálatoknak vetették alá. A kapott eredmények alapján a szelvények megfelelő adatsorai hasonló képet mutattak. A trendek tekintetében mind a négy szelvényenél két időszakot lehetett

elkülöníteni: az 1971. előtti és utáni éveket. Ennek alapján Tiszabecs már 1971. előtt is kilógott a sorból: míg a másik három szelvény kisvízállásai emelkedő tendenciát mutattak, addig itt csökkenés volt tapasztalható. 1971-től mind a négy vímércénél csökkenő trend volt illeszthető az adatokra, a vízszint-süllyedés mértéke azonban Tiszabecsnél volt a legnagyobb mértékű.

A kiváltó okok között elsőként a csapadék szerepét vizsgálják a szerzők. Az éves csapadékösszegek elemzése során megállapították, hogy az illeszthető trend megfelel a kisvízi vízállás-jellemzők trendjének – tehát az említett első periódusra enyhén pozitív, a második periódusra pedig nagyobb mértékben negatív tendencia jellemző.

A továbbiakban a mederváltozásokat vetették statisztikai vizsgálatok alá. Elkészítették néhány év átlagos kisvízi keresztzelvényének metszetét az előzőekben is tanulmányozott szelvényekben. Ezek feldolgozása azt mutatja, hogy 1974. és 1985. között medersüllyedés – tehát az azonos vízálláshoz tartozó keresztzelvény-felület növekedése –, 1985–1990 között pedig mederemelkedés volt folyamatban. Ebből arra a következtésre jutotak, hogy a meder függőleges irányú változása legfeljebb az 1974–1985 közötti időszakban lehetett jelentősebb hatással a kisebb vízállások kialakulására és akkor is csak Tiszabecs térségében, a másik három szelvénynél ugyanis semmiféle változás nem volt kimutatható.

A következő szempont, ami szerint megközelítették a kisvízi eseményeket a sebességviszonyok változásának vizsgálata volt. Ennek eredményeként megállapították, hogy Tiszabecsnél a kisvízi szelvény-középsébségek jelentősen, Tivadarnál kisebb mértékben nőttek. Ez a sebességnövekedés a meder hosszmenti esésváltozásainak tudható be. A meder süllyedésének két fő oka: az 1970. évi árvíz során keletkezett károk helyreállításakor nagy mennyiségű folyamkavicsot emeltek ki ezeknél a szelvényeknél és az ár levonulása után már nem volt olyan árhullám a Tiszán, mely jelentősebb görgetett hordalékot szállított volna, biztosítva ezzel az utánpótlást.

Legvégül a lefolyási viszonyokat vizsgálták meg erre a kritikus időszakra. Ezt több körülmény határozza meg: a mestersége tározók, a vízgyűjtő felszínén végzett emberi tevékenység, valamint a felszín alatti hozzáfolyás. Mindezen hatásokat azonban a szerzők nem találták érdeminek.

A felső-tiszai kisvízállások kialakulásának fő okaiként a meder függőleges irányú süllyedését és a hosszanti irányú esésnövekedést tartják számon. Az időjárás szerepét ennél jóval kisebbre értékelik.

1.4. Jeges árvizek leírásai

Bár tanulmányunknak nem célja az elmúlt évtizedek jeges árhullámainak elemzése – mivel a vizsgált időszak mindössze két jelentősebb jeges áradással szolgált –, mégis ejtsünk néhány szót róluk.

A téli árhullámoknak három fajtája lehetséges [3]: hóolvadási árhullám, tiszta jeges árhullám és összetett jeges-olvadási árhullám. Hóolvadási árhullámok esetében a vízszint-emelkedést a felmelegedést és csapadéktervezékenységet követő olvadt hó illetve eső okozza. Tisztán olvadási árhullám nagyon ritkán fordul elő, a felmelegedést legtöbbször mindig kíséri csapadéktervezékenység. A tiszta jeges árhullámok esetében a vízállások emelkedését kizárólag a jég megindulása okozza. Az összetett jeges-olvadási árhullámok alkalmával a jeges áradás beágyazódik egy olvadási hullámba, ilyenkor több tetőzés is megfigyelhető.

A témában magyar vonatkozásban *Lászlóffy Woldemár* [19] munkáját kell megemlítenünk. Ő a dunai jeges árhullámok típusait az őket megelőző felmelegedés jellegzetességei alapján különbözteti meg:

- jelentősebb árhullámot okoz, ha nagy a felhalmozódott hókészlet és Nyugat- Európából kiinduló intenzív felmelegedés megy végbe, mellyel egyidejűleg az olvadás is megkezdődik,
- ha az enyhülés lassan megy végbe és nem terjed ki a vízgyűjtő magasabban fekvő területeire, vagy nincs jelentősebb hómennyiség, akkor a vízszint- emelkedés csupán kismértékű lesz,
- ha a tavaszi felmelegedés a Kárpát-medencében délnyugat felől indul meg, akkor az árhullám mérete nem lesz számottevő (ennek némileg ellentmondanak az 1999., 2000. és 2001. évi árvizek).

Lászlóffy szerint a jeges árhullámok csak a Dunán jelennek meg, mert a Tisza kis esésű, medre mélyen vágódik a talajba és a beletorkolló mellékfolyók között kicsi a távolság.

A Duna vízgyűjtőjén *Horváth Sándor* [15] akkor minősíti veszélyesnek a kialakult jég-helyzetet, ha Nyugat-Európában melegadvekción van folyamatban, míg a Kárpát-medencében még tart a hideg idő – ez leginkább a zonális időjárási típusra jellemző.

2. fejezet

A szakdolgozat célja, módszerei és adatforrásai

Bevezetésünkben már tettünk róla említést, hogy a *Bodolainé Jakus Emma* [3] által elvégzett vizsgálatokat szeretnénk kiterjeszteni az 1980-tól 1999-ig terjedő időszakra. Nem célunk tehát az árvizek kialakulásának szinoptikus-klimatológiai hátterét *újradefiniálni*, hanem a már meghatározott feltételeket használva folytatjuk a tanulmányt.

Vizsgálataink során az alábbi kérdésekre keressük a választ:

1. Az 1980–1999 időszak időjárásában milyen szerepet játszottak a *Bodolainé* által megállapított időjárási típusok?
2. Ugyanezen időszak árvizeinek kialakulásában milyen szerepet játszottak e típusok?
3. Az említett tanulmányban tett megállapítások erre az időszakra is megállják-e a helyüket?

Dolgozatunk végén bemutatunk három részletesebb esettanulmányt a 90-es évek végéről és a 2001. évből.

2.1. Az alkalmazott módszerek

Vizsgálatunk tárgyai a 80 százalékos mederteltséget elérő árhullámok. A folyók vízállásának adott helyen valaha mért legnagyobb (LNV) és legkisebb (LKV) szintje közötti mederrészt nevezzük a víz játéktérnek. A nyolcvan százalékos mederteltség ennek a játéktérnek a 80 százalékos telítettségét jelenti. Az elemzések elvégzéséhez tehát szükségünk volt a vizsgált időszak ilyen árhullámainak kigyűjtésére.

Az árhullám-periódusok dátumainak birtokában meg kellett vizsgálni az azt megelőző időszak csapadéktevékenységét.

Az 1980–1999 közötti periódus időjárásának vizsgálatához minden nap időjárási típusát szükséges volt meghatározni. Ezen belül külön kellett vizsgálni az áradásos és az őket kiváltó csapadékos napok szituációit.

2.2. A felhasznált adatok forrása

A 80 százalékos mederteltségek vízszintjeinek valamint az árhullámadatoknak a kigyűjtése a VITUKI-ban történt az ott megtalálható vízrajzi évkönyvekből *Bartha Péter* segítségével.

Az árhullámokat megelőző csapadékok adatait egyrészt a 24 órás csapadéktérképek elemzése alapján, másrészt az 1980-tól 1990-ig rendelkezésre álló terület-magasság-időtartam analízisek vizsgálata során állítottuk össze. A csapadékadatok összegyűjtése néha nehézségekbe ütközött. A kilencvenes évek második felének adatai nem voltak rendszerezve, illetve nem elég részletesen közölték az adatokat. Ezen kívül bizonyos időszakok térképei nem szerepeltek az adatbázisban.

Az egyes napok időjárási típusainak meghatározásához az időjárási katalógust használtuk fel, melynek 1951-től 1980-ig terjedő része [3]-ban található, az utolsó két évtized katalógusát pedig *Bodolainé Jakus Emma* bocsátotta rendelkezésemre.

3. fejezet

Csapadékhatékony időjárási típusok előfordulása a Kárpát-medence időjárásában

3.1. Az időjárási típusok megalkotása

Az egyes vízgyűjtőterületek árvizeinek tanulmányozásához elengedhetetlen az árhullámokat kiváltó időjárási helyzetek tipizálása. Ez a típusalkotás rendszerint az időjárás jellemző elemeit emeli ki, a típusok alapvető sémáit az amerikai szinoptikus kutatásokban dolgozták ki.

A típusalkotásban a talajtérképek, az 500 hPa-os nyomási szint térképei, valamint az 500/1000 hPa-os réteg relatív topográfiai használatosak. Ezek segítségével a típusoknak olyan háromdimenziós képe állítható elő, amelyek közül a talajtérkép a kritikus nyomási képződmények elhelyezkedéséről, az 500 hPa-os szint topográfiai térképe a típusra jellemző vezető áramlásról, az 500/1000 hPa-os relatív topográfia pedig az alsó troposzféra átlagos hőmérsékleti viszonyairól tájékoztat. A potenciálisan kihullható csapadék térképei külön a dunai és külön a tiszai árhullámok esetén a típusok nedvességkészletéről nyújtanak információt.

Bodolainé Jakus Emma szerint nem elég a típusokat e három alapsémával megadni, mert ez nagyon leegyszerűsített képét adja a valóságnak. Ezért

mind a Duna, mind a Tisza esetében összehasonlította a csapadékos napok olyan gyűjteményét, melyeken az említett alapsémák fennálltak, és emellett az adott csapadékos periódust az időjárási helyzet legjobban jellemezte. E karakterisztikus napok térképei alapján előállította a szóbanforgó mezők közepes térképeit.

A közepes térképeket kiegészítik az éghajlati átlagokkal való összevetések – a talajon, az 500 hPa-os nyomási szinten, valamint az 500 és 1000 hPa-os szintek közötti rétegben. Ezek az összevetések úgy állnak elő, hogy az egyes típusokat alkotó napok megfelelő értékeit a megfelelő havi normállal kell összehasonlítani és az így kapott közepes eltérések a típust alkotó napok eltéréseinek összegével egyeznek meg.

Mindezek alapján hét időjárási típust lehet megkülönböztetni: a west, a west peremháborgási, a zonális, a vonuló mediterrán, a centrum, a nyugati ciklon és a hideg légcsepp típust. Ezek leírását és térképeit az *1. számú melléklet* tartalmazza.

3.2. Az időjárási típusok statisztikai vizsgálata

A továbbiakban az időjárási típusoknak a Duna és a Tisza vízgyűjtő területének időjárásában való részvételének bemutatásával foglalkozunk. Ez a különböző helyzetek előfordulásának abszolút és relatív gyakoriságának meghatározását jelenti, valamint az ezen gyakoriságok éven belüli eloszlásának meghatározását. Ehhez szükség van az időjárási típusok katalógusára. A katalógus készítése során minden napra az előzőekben említett módon kell megállapítani a megfelelő szituációk fennállását. Természetesen vannak olyan napok, amikor egyik helyzet sem áll fenn, ezeket a napokat típus nélküli napoknak nevezzük, és a katalógusban egyszerűen nem jelölnek típust.

Az 1980–1999 közötti időszak időjárási katalógusát a *2. számú melléklet* tartalmazza.

3.2.1. Időjárási típusok abszolút és relatív gyakoriságai

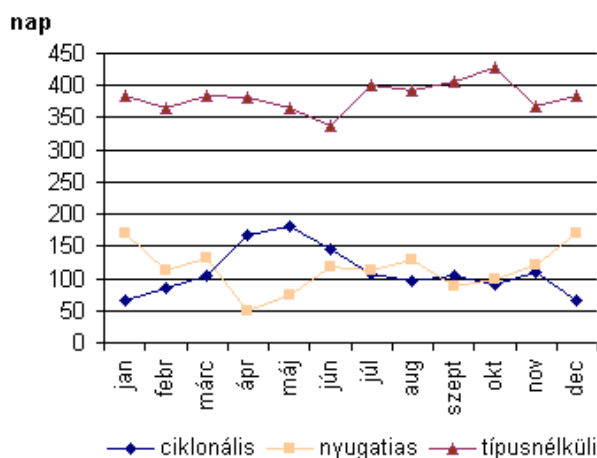
Az 3.1. a. táblázatban a vizsgált típusok abszolút és relatív gyakorisági értékei szerepelnek. Az első oszlopban az adott típust alkotó napok száma található. A második oszlopban az adott típusra vonatkozó relatív gyakoriság szerepel az összes nap százalékában, tehát az 1980–1999 közötti típusos és típusnélküli napok összegének százalékában. A harmadik oszlopban az egyes típusok relatív gyakoriságai vannak feltüntetve a típusnapok százalékában – azaz ebben az arányban nem szerepelnek a típusnélküli napok.

Típus	Napok száma	Összes nap százalékában	Típusnapok százalékában
w	511	7.0	18.6
wp	646	8.8	23.5
z	248	3.4	9.0
c	187	2.6	6.8
cw	677	9.3	24.6
m	271	3.7	9.8
h	211	2.9	7.7

3.1. a. táblázat. Az időjárási típusok előfordulásának relatív és abszolút gyakoriságai (1980–1999)

A táblázat első oszlopát tekintve megállapítható, hogy a típusos napok az összes napnak közel a harmadát teszik ki – 37 százalékát. A leggyakrabban előforduló időjárási helyzetek a west, a west peremháborgási és a nyugati ciklonális helyzet. Mindegyiküket 500-700 napon lehetett azonosítani, ez a típusos napok 65 százalékát jelenti, tehát közel kétharmadát. A másik négy típus ezzel szemben egyenként csak 180-270 napra korlátozódott, így ezek mindegyike csupán 6-10 százalékot jelent. A leggyakoribb típus a nyugati ciklonhelyzet, a legritkább a centrum típus.

Az egyes típusok további kategóriákba sorolhatók. A west, a wp és a zonális típus alkotják a nyugatias kategóriát, a hideg légcsepp, a vonuló mediterrán ciklon, a centrum típus és a nyugati ciklonhelyzet pedig a ciklonális jellegű típusok közé tartozik. Az 3.1. ábrán ezen kategóriákba tartozó napok



3.1. ábra. A ciklonális és a nyugatias típusok, valamint a típusnélküli napok alakulása évközben (1980–1999)

száma van feltüntetve minden hónapra az elmúlt két évtizedben. Jól látszik, amit már megállapítottunk, hogy a típusnélküli napok száma majdnem kétszerese a típusos napok számának. A nyugatias és a ciklonális típusok évi menete ellentétes: az előbbiek legritkábban a tavaszi hónapokban fordulnak elő, leggyakrabban télen – utóbbiak gyakorisága pedig tavasszal nagyobb, és télen kisebb. A két kategóriába tartozó napok száma közel egyenlő.

Bodolainé Jakus Emma ugyanezeket a vizsgálatokat elvégezte az 1951-től 1980-ig terjedő időszakra, amit az *3.1. b. táblázat* mutat be.

Ebben az időszakban a típusal rendelkező napok aránya nagyobb volt – az összes nap 42 százalékán lehetett valamilyen típust azonosítani. Az abszolút gyakoriságokat tekintve szembeűnő, hogy a nyugati ciklonhelyzet és a hideg légcsepp napjainak száma mindkét időszakra azonos, holott az egyik 30, a másik 20 évre vonatkozik.

A típusnapok százalékában vett relatív gyakoriságok esetében a két vezető nyugatias – west és west peremháborgási – típus gyakorisága valamelyest nőtt. A ritkább típusok közül a zonális szituáció, a vonuló mediterrán ciklon és a hideg légcsepp előfordulása szintén kismértékben megnövekedett az első 30 évhez viszonyítva.

A kisebb változások mellett jelentősebb, hogy a harmincéves adatsornál

Típus	Napok száma	Összes nap százalékában	Típusnapok százalékában
w	845	7.7	18
wp	1032	9.4	22
z	472	4.3	10
c	864	7.9	19
cw	670	6.1	15
m	495	4.5	11
h	220	2.0	5

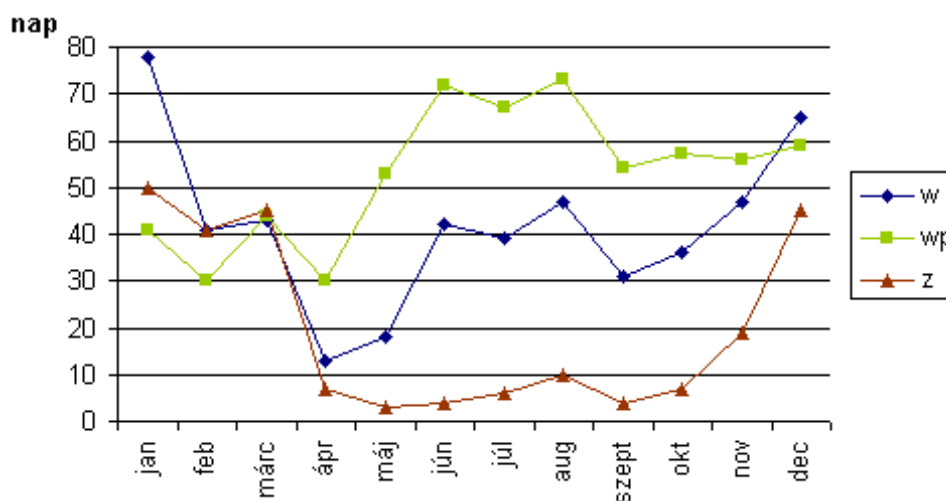
3.1. b. táblázat. Az időjárási típusok előfordulásának relatív és abszolút gyakoriságai (1951–1980)

a nyugati ciklonális helyzet előfordulása átlagos volt, a húszéves időszakban viszont a leggyakoribb típus lett. A másik lényeges különbség, hogy az 1951–80 közötti időszakban a centrum típus nem volt olyan jelentéktelen, mint az azt követő években, sőt a maga 19 százalékos relatív gyakoriságával a második leggyakrabban előforduló típus volt. Szerepe a következő húsz évben annyira lecsökkent, hogy a legkevésbé gyakori típusná vált. Tehát úgy tűnik, mindenfajta növekedés ennek a típusnak a rovására ment végbe.

A hideg légcsepp továbbra is ritka maradt, a zonális és a vonuló mediterrán típus pedig az ötven év során mindvégig közepesen gyakori volt.

A 3.2. a. és b. ábra az egyes típusok abszolút gyakoriságát mutatja be hónapokra lebontva, azaz adott hónapban az adott típusba tartozó napok számát a 1980 és 1999 közötti húsz évre.

A *west* típus a januári – nyolcvan nap körüli – maximum után drasztikus visszaesést mutat februárban: ekkor feleannyi napot lehetett ebbe a típusba sorolni, mint januárban. A csökkenés márciusban tovább folytatódik, áprilisban tartozik hozzá a legkevesebb nap. A nyár folyamán azután ez a kategória növekedésnek indul és egészen szeptemberig átlagosan negyven-ötven napot lehet ebbe a típusba sorolni. A szeptemberi átmeneti csökkenés után a típus elindul a téli maximális értékei felé. Tehát a *west* típus egész évi menetét követve megállapítható, hogy előfordulása télen a leggyakoribb, tavasszal és ősz elején a legritkább, és nyáron közepesen gyakori.



3.2. a. ábra. Típusok abszolút gyakorisága havi bontásban (1980–1999)

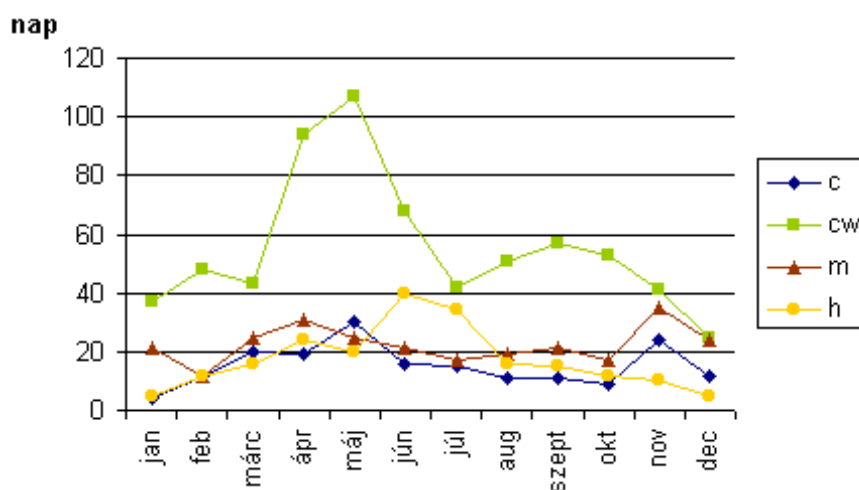
A *west peremháborgási* típus ezzel szemben nyári maximummal és tavaszi minimummal rendelkezik. Menete májustól októberig megegyezik a *west* típus menetével, csak az idetartozó napok száma több - az augusztusi maximumhoz hetvenhárom nap tartozik. A típus minimuma nem olyan kifejezett, mint az előző esetben, tavasi értékei átlagosan harminc-nyven napot tesznek ki, az őszi-téli napok száma hatvan körül változik.

A *zonális* típusnál mind a maximum, mind a minimum kisebb, mint az előző két esetben. Az év felében, áprilistól októberig a típusba tartozó napok száma csak ritkán éri el a tizet. Az év decembertől márciusig tartó szakaszában viszont értékei negyven és ötven nap között ingadoznak. A típusnak tehát téli-tavaszi eleji maximuma és nyári-őszi minimuma van – ez összhangban van azzal, hogy tavasszal gyakran okoz olvadásos árvízhelyzetet.

A következő ábrára áttérve a *centrum* típus esetében megfigyelhető, hogy nem szerepel túl nagy számban ez az időjárási helyzet. Minimuma év elején van: januári hónapokban mindössze négy napot soroltak ebbe a kategóriába az elmúlt húsz évben. Az év következő részében növekszik az ide sorolt napok száma, maximumát májusban éri el 30 nappal, majd májustól kezdve lassú csökkenéssel egy lokális mélypontra ereszkedik októberben. Ezután egy novemberi gyakoribb előfordulás után megint csökkenő tendenciát mutat.

A *nyugati ciklonhelyzetet* összevetve az ábrán szereplő másik három tí-

pussal, megállapítható, hogy ez a helyzet egész évben gyakori (a fent említett west peremháborgási típushoz hasonlóan) – december és január kivételével minden hónapban legalább negyven napon lehetett ilyen szituációt azonosítani az elmúlt húsz évben. Az ábrán egy kifejezett maximum látszik májusi hónapokban – ekkor 107 napon regisztráltak ilyen típust az 1980-tól 1999-ig terjedő időszakban – eddig egyetlen típusnál sem volt ilyen magas abszolút előfordulási érték. A típus gyakorisága tavasszal-nyár elején igen nagy: hatvan nap fölött van áprilistól júniusig. Az előfordulásoknak májusban kezdődő csökkenése júliusra ér véget, az innen induló lassabb növekedésnek köszönhetően a típusnak ősszel egy másodlagos maximuma van. Szeptemberben ismét csökkenni kezd az ide sorolt napok száma, ami decemberben éri el a legkisebb értékét – 25 napot. Ismételt növekedés után még egy lokális maximum jelentkezik februárban.



3.2. b. ábra. Típusok abszolút gyakorisága havi bontásban (1980–1999)

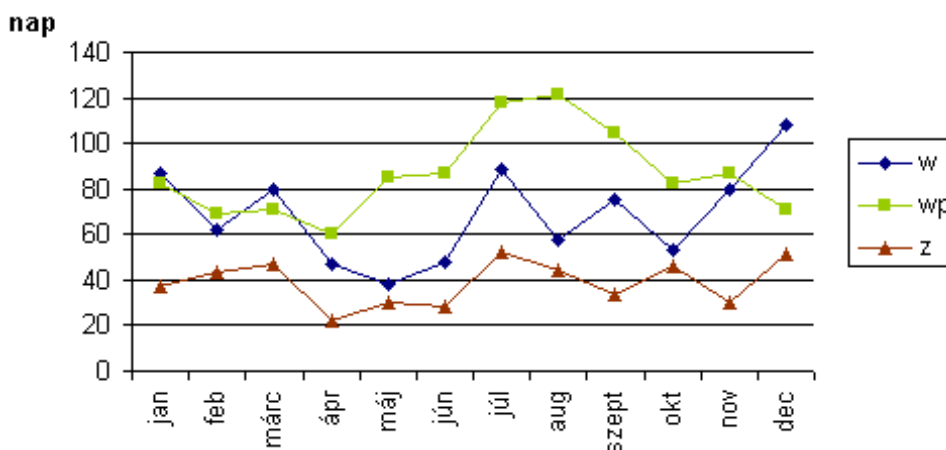
A *vonuló mediterrán ciklon* a centrum típushoz hasonlóan nem volt túl gyakori időjárási helyzet a vizsgált időszakban. Az abszolút gyakoriság minimuma februárban van – 12 nap. Lassú növekedés után áprilisban egy lokális maximum-értéket ér el, de ez alig haladja meg a harminc napot. Fokozatos csökkenés, nyárközepi lokális minimum és enyhe növekedés, majd csökkenés után novemberi hónapokban egy határozott ugrással felveszi maximumát az

abszolút gyakoriság-függvény – értéke 35 nap.

A *hideg légcsepp* típusához tartozó előfordulás-görbe ennél egy kicsit kisebb minimum és valamivel nagyobb maximum között mozog. A januári és a decemberi hónapokban egyaránt 5 alkalommal figyelték meg ezt a típust. Januártól ápriliséig fokozatosan nőtt a megfigyelt esetek száma, majd egy májusi törés után a növekedés tovább folytatódott valamivel gyorsabb ütemben. Júniusi hónapokban fordult elő legtöbbször ez a típus – összesen 40 alkalommal. A nyár közepétől egészen januárig egyre kevesebbszer azonosították ezt az időjárási helyzetet.

Ezután tekintsük a *Bodolainé Jakus Emma* által feldolgozott 1951–1980 közötti időszak adataiból készült 3.3. a. és b. ábrákat.

A *west* típus esetében az egyik eltérés, hogy a minimumok és a maximumok is nagyobbak voltak az elmúlt ötven év első harminc évében. Ekkor a maximum száz napnál is több volt, és decemberre esett, ám a következő 20 évben a január lett az a hónap, amikor a leggyakoribb ez a típus, de ezekben az években ez nem érte el a nyolcvan napot. Az április-májusi minimum továbbra is megmaradt, de közel harminc nappal lett kisebb. A másik eltérés, hogy az őszi másodlagos minimum tovább elhúzódott, mint korábban.



3.3. a. ábra. Típusok abszolút gyakorisága havi bontásban (1951–1980)

A *west peremháborgási* típus esetében is az a legszembeötlőbb különbség, hogy a maximumok és a minimumok értékei egyaránt csökkentek az elmúlt

évtizedekben. Amíg a harmincéves időszakban nyár derekán a maximumok a 120 napot is meghaladták, addig az elmúlt húsz évben ez a 80 napot sem érte el. A minimumok esetében pedig eleinte 60 nap volt legkisebb érték, az utóbbi évtizedekben azonban ez 30 napra csökkent. Az értékhatárok változásán kívül azonban más nem történt – az évi menet nagyjából ugyanolyan volt a két időszakban.

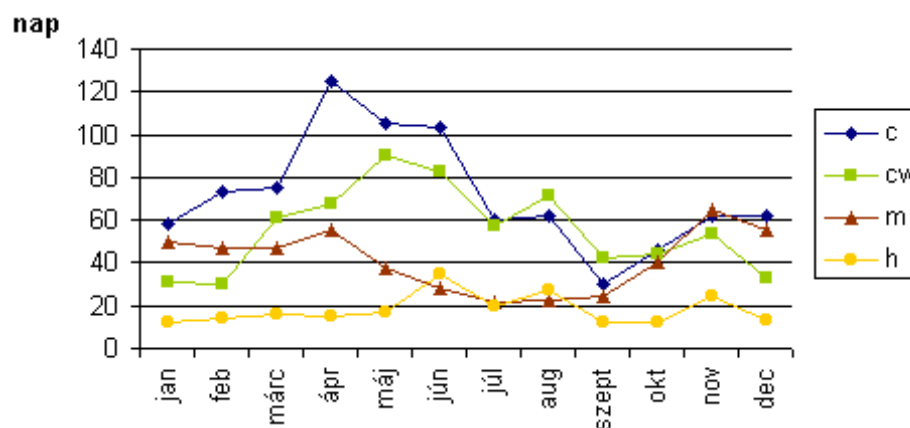
A *zonális* típus egészen más képet mutatott korábban. A maximum, ami január-március hónapokban volt az elmúlt két évtizedben, korábban inkább júliusra esett, bár a márciusi érték is közel akkora volt. A minimum időszaka jóval rövidebb volt – csupán áprilistól júniusig tartott, míg a 20 évhez tartozó ábrán egy egész félévet felel. Továbbá a minimum értéke ebben az esetben is csökkent – a korábbi időszakban nem ment húsz alá a napok száma, a későbbi években viszont nem nőtt tíz fölé.

A *b. ábrát* összehasonlítva a legnagyobb változás a centrum típus esetében figyelhető meg. A centrum típus azok közé a típusok közé tartozott, amelyek az év nagy részében gyakoriak voltak – hatvan napnál kevesebbszer csak szeptemberben és októberben regisztráltak. Kifejezett maximuma volt a áprilistól júniusig tartó szakaszban, fokozatos csökkenés után a minimális gyakoriságát szeptemberben érte el, majd ezt követően lassú növekedésbe kezdett. Ezzel szemben az elmúlt húsz évben előfordulása csak egy hónapban emelkedett harminc nap fölé. A maximuma most is tavasszal, minimuma most is ősszel volt, de az október után következő növekedés során a novemberi lokális maximum megközelíti a májusi abszolút maximumot, ami korábban nem volt.

A *nyugati ciklonhelyzetnél* nem történt ilyen nagyarányú változás – a maximum valamivel kisebb lett, de ugyanarra az időszakra esik, a minimum szintén csökkent valamelyest. Az őszi menet nem olyan ívű, mint a korábbi években, inkább váltakozó. De a típus továbbra is azon esetekhez tartozik, melyek gyakran fordultak elő.

A *vonuló mediterrán ciklonnak* szintén az értékhatárai csökkentek, évi menete ugyanaz maradt.

Az egyetlen típus, melynek értékhatárai nem változtak a *hideg légcsepp* típus. Ritka volt – továbbra is ritka maradt. Évi menetében annyi változás



3.3. b. ábra. Típusok abszolút gyakorisága havi bontásban (1951–1980)

történt, hogy míg a korábbi években az év első felében volt közel konstans a gyakorisága, és az év második felében mutatott változékonyságot, addig most inkább az első félévben ingadozott és az év második részében volt kiegyenlítettebb.

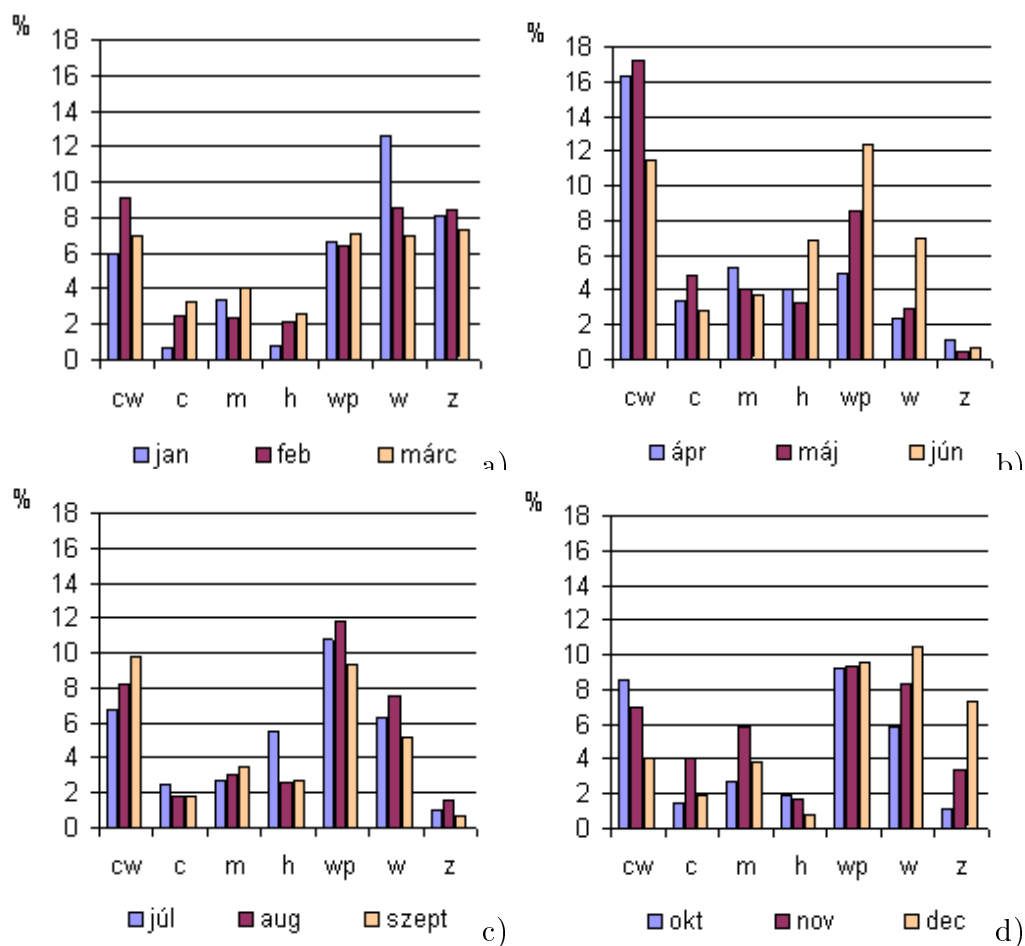
Összességében tehát az a következtetés vonható le mindezekből, hogy a típusok nagy részének előfordulása csökkent – erre utalt a felső, valamint az alsó értékhatárok csökkenése. És mivel egyik típus gyakorisága sem nőtt, ezért nem az történt, hogy valamelyik típus gyakorisága nőtt, másoké meg csökkent, hanem összességében a típusos napok száma lett kisebb a típus nélküli napok számához képest. Továbbá a centrum típus vált kiemelkedően jelentéktelenné. Mindez jól összecseng azzal, ami az első két ábra összehasonlításából kiderült.

A 3.4. a-d. ábrákon a típusok az egyes hónapokban való fellépési valószínűségei láthatók az 1980–1999 közötti időszakra. Az egyes értékek az adott hónap adott típusú napjai számának és a hónaphoz tartozó – az elmúlt két évtizedre vonatkozó – összes napnak a hányadosaként állnak elő. Ugyanezeket az adatokat 1951-től 1980-ig terjedő időszakra a 3.5. a-d. ábrák mutatják.

Az első negyedév ábráit tekintve januárban a típusok zöménél csökkent az előfordulási valószínűség, kivéve a zonális és a west típust valamint a nyu-

gati ciklonhelyzetet. Figyelemreméltó a west és a west peremháborgási típus különbsége, ugyanis míg korábban a wp típus valószínűsége megközelítette a west szituáció valószínűségét, addig az elmúlt évtizedekben a west kétszer akkora előfordulást mutatott, mint a peremháborgási helyzet. Említésre méltó még a centrum típus valószínűségének jelentős csökkenése.

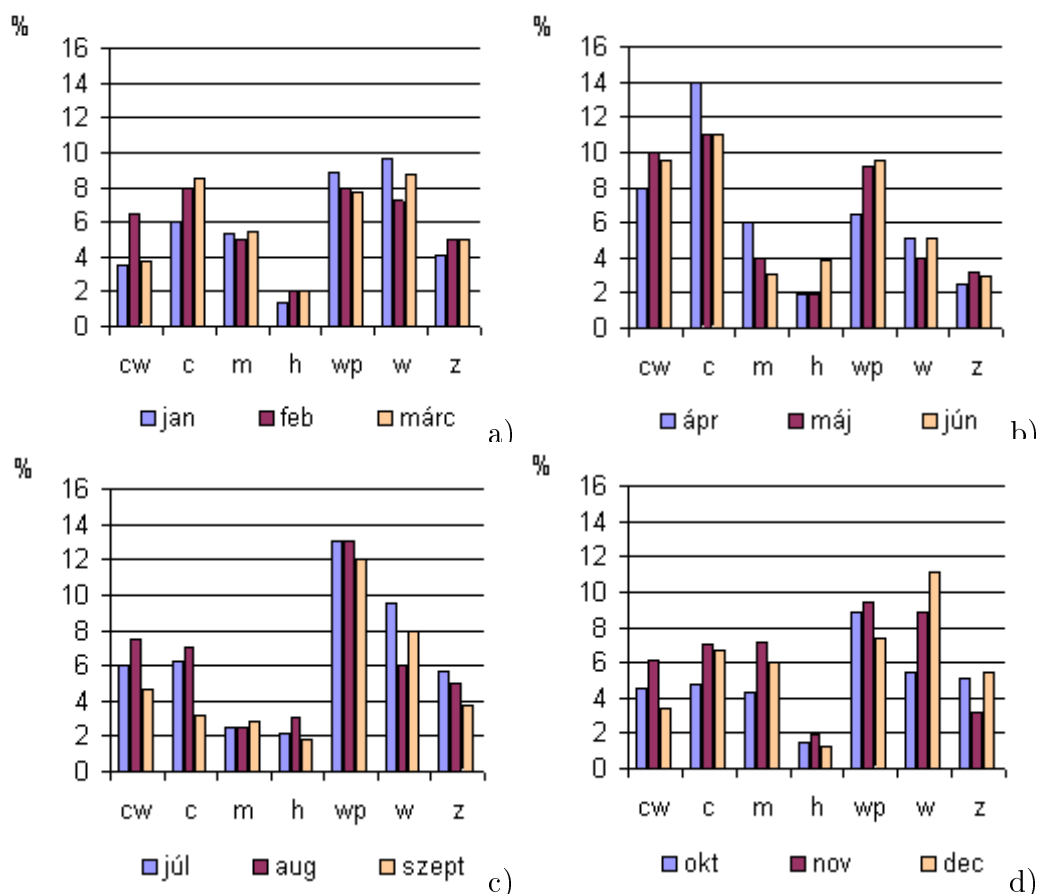
A februárokra az előfordulások kisebb-nagyobb csökkenése volt jellemző. Ismét sokkal kisebb lett a centrum típus gyakorisága, és valamelyest nőtt a west, cw és a zonális helyzetek valószínűsége.



3.4. ábra.

Típusok havonkénti előfordulási valószínűsége az 1980–1999 közötti időszakra
a) január-február-márciusban, **b)** április-május-júniusban, **c)** július-augusztus-szeptemberben, **d)** október-november-decemberben.

Márciusban a centrum típus előfordulási valószínűsége ugyanúgy nagy csökkenést mutatott, mint az előző két esetben. A west peremháborgási, a west és a zonális – nyugatias – típusok különbségei az elmúlt évtizedekben eltűntek az első két típus bekövetkezési gyakoriságának csökkenésével és az utóbbi növekedésével.



3.5. ábra.

Típusok havonkénti előfordulási valószínűsége az 1951–1980 közötti időszakra a) január-február-márciusban, b) április-május-júniusban, c) július-augusztus-szeptemberben, d) október-november-decemberben.

Az áprilusra vonatkozó változások, hogy a centrum típus áprilisi maximális gyakorisága az 1951-től 1980-ig terjedő időszakra 14 százalék volt, addig ez az elmúlt húsz évben kevesebb, mint negyedére esett vissza. Ezzel szemben a nyugati ciklonhelyzet előfordulása viszont kétszer olyan gyakori lett – a 16

százalékot is meghaladta.

Május hónapban a nyugati ciklonhelyzet még nagyobb értéket vett fel, mint áprilisban (ez a tendencia korábban is megvolt) és a hideg légcsepp előfordulása is nőtt. De összességében a csökkenő tendencia volt jellemző erre az időszakra.

Júniusban viszont gyenge növekedés volt tapasztalható a típusok nagy részénél, természetesen a centrum típus kivételével. Valamint a zonális helyzet is ritkább lett ebben a hónapban.

Júliusban ismét a csökkenő tendencia jelent meg, kizárólag a nyugati ciklonhelyzet mutatott kisebb, a hideg légcsepp pedig nagyobb növekedést.

Augusztusban a centrum és a zonális típus előfordulása jelentősebben, a west peremháborgás és a hideg légcsepp előfordulása pedig kisebb mértékben csökkent.

Szeptemberben a nyugati ciklonhelyzet gyakorisága nőtt a korábbi évekhez képest, a vonuló mediterrán ciklon és a hideglégcsepp és kis növekedésen ment át, a többi típus előfordulása pedig csökkent.

Októberben ismét több volt a csökkenés, mint a növekedés. Egyedül a nyugati ciklonhelyzet vált számottevően gyakoribbá.

A novemberi helyzet a centrum típus szokásos ritkulásán kívül más nagy változást nem mutatott.

Decemberben a nyugati ciklonhelyzet, a west peremháborgás és a zonális típus gyakorisága nőtt, a többi típus ritkább lett.

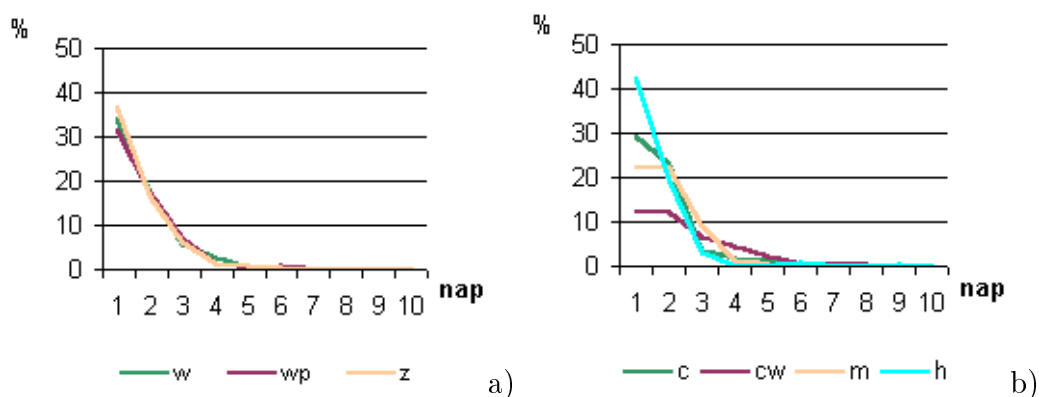
A leírtak megerősítik a korábban már elhangzott eredményeket.

3.2.2. Időjárási típusok tartóssága

Az árvizek kialakulása és lefolyása szempontjából fontos kérdés, hogy az egyes típusok mennyi időn keresztül állnak fenn. Az *3.6. a-b. ábra* bemutatja a típusok tartósságának gyakorisági értékeit a típust alkotó összes nap százalékában.

A nyugatias – west, west peremháborgási, zonális – típusok ábráján mindhárom szinoptikus helyzet tartóssági görbéje szinte ugyanolyan lefutású. A ciklonális szituációknál már több eltérés mutatkozik a görbék között, azon-

ban a hideg légcsepp fennállásának gyakorisága nagyon hasonló az előző kategóriabeli típusokéhoz.



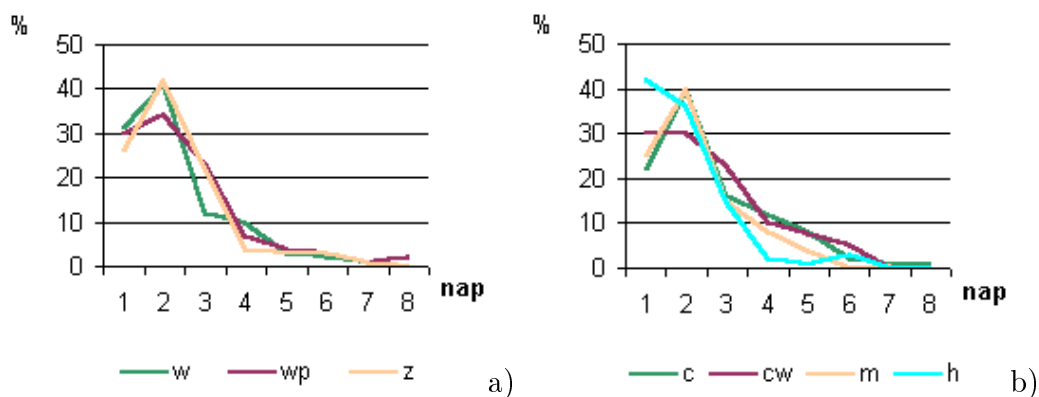
3.6. ábra. A típusok fennállásának gyakorisága a típust alkotó napok százalékában (1980–1999)

Mindkét ábrán látható, hogy a típusok többsége az 1 napos időtartamban éri el előfordulási gyakoriságának maximumát – ez alól csupán a nyugati ciklonhelyzet és a vonuló mediterrán ciklon kivétel. A harmadik napon már minden típus esetében 10 százalék alá csökken a háromnapos tartósság gyakorisága. A negyedik nap után pedig a cw típust leszámítva a fennállás valószínűsége nagyon közel van nullához.

Az 1 napos tartósságnál felvett maximális relatív gyakoriság arra enged következtetni, hogy az egyes típusok ritkábban állnak fenn több napon keresztül, gyakoribb az az eset, hogy egy-egy típus „elszigetelten”, csak egy napig áll fenn, a következő napon már másik követi.

A 3.7. a-b. ábrán az 1951-től 1980-ig terjedő időszakra előállított tartóssági görbék szerepelnek. Mindkét kategóriában nagyobb a változatosság az előző ábrához képest. A típusok túlnyomó része leggyakrabban két napig áll fenn – a nyugati ciklonhelyzetet valamint a hideg légcseppet figyelmen kívül hagyva. A ciklonális típusok esetében gyakoribb a – 2 napnál – hosszabb időtartamú fennállás, mint nyugatias társaiknál. A nulla gyakorisághoz a hatnapos időtartamtól kezdve közelítenek a különböző időjárási helyzetek.

A két ábrapárt összevetve arra a következtetésre jutunk, hogy a korábbi évtizedekben gyakrabban halmozódtak a típusok és akár több napig is



3.7. ábra. A típusok fennállásának gyakorisága a típust alkotó napok százalékában (1951–1980)

fennálltak, míg az utóbbi években „elmagányosodtak”.

3.3. A 80 %-os mederteltséget elérő árhullámok csapadékos időszakainak jellemzése

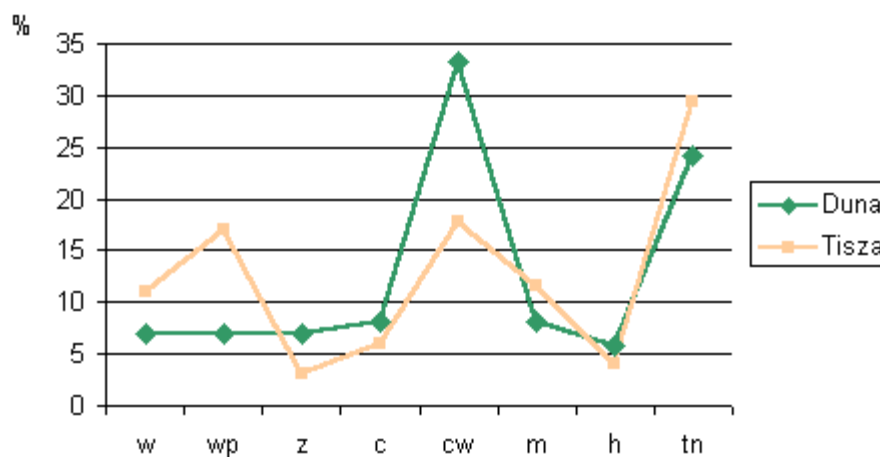
Az eddigiekben a csapadékhatékony időjárási típusoknak a Kárpát-medencében általánosan betöltött szerepét vizsgáltuk. A továbbiakban azt tanulmányozzuk, hogy a Duna és a Tisza 80 százalékos mederteltséget elérő illetve meghaladó árhullámainak kialakításában ezek az időjárási típusok milyen szerephez jutnak. Elképzelhető ugyanis, hogy az árhullámok kialakításáért nem azok vagy nem csak azok a szituációk felelősek, amelyek legmagasabb számban fordultak elő a vizsgált húsz évben.

Az árhullámok időtartamának definiálása úgy történik, hogy kezdete a kiváltó csapadéktevékenység kezdetével esik egybe, befejezése pedig az a nap, amikor a folyó mentén megszűnik az elsőfokú árvízvédelmi készültség. Ez utóbbinak kissé „számszerűbb” megfogalmazása: az utolsó állomás(ok) on a tetőzés időpontja.

3.3.1. Az árhullámkeltő csapadékos napok időjárási típusok szerinti eloszlása

A típusok árhullámkeltésben betöltött szerepének vizsgálatához tehát szükség van az árhullámot kialakító csapadékos időszakok meghatározására. A Tisza esetében ez 347, a Duna esetében pedig 87 csapadékos napból álló mintát jelent. Az árhullámok idejét az 1980–1999 közötti időszakra a 3. számú melléklet tartalmazza. Ezzel kapcsolatban meg kell említeni, hogy ebben a két évtizedben a Dunán nyolc, a Tiszán 36 olyan árhullám volt, mely meghaladta a 80 %-os mederteltséget. Az 1951–1970 közötti időszakra a Dunán 32, a Tiszán 45 árvízi időszakot regisztráltak – tehát az elmúlt két évtized árvíz tekintetében kevésbé volt aktív, mint az 1951–1970 közötti évek, különösen igaz ez a Duna esetében.

Az 3.8. a. ábrán az árhullámok kialakításában szerepet játszó csapadékos napok időjárási típusainak relatív előfordulási gyakoriságát mutatjuk be a Duna és a Tisza vízgyűjtő területére. A szokásos hét típus mellett megjelenő *tn* a típusnélküli napokat jelzi, hiszen mint már említettük, nem minden napot lehet valamelyik szituációba besorolni, és ez a csapadékos napok esetében is így van. Amint az ábrán látható a definiált típusok a mintában szereplő



3.8. a. ábra. Árhullámot okozó csapadékos napok időjárási típusainak relatív gyakorisága a Duna és a Tisza vízgyűjtő területén (1980–1999)

napoknak 76 százalékát adják a Duna és 71 százalékát a Tisza esetében. A Dunánál az árhullám kialakításában a nyugati ciklonhelyzet játssza a fő szerepet – ez 33 %-os előfordulási gyakoriságot jelent. Az összes többi típusnál ez az érték 10 százalék alatt van. A típusnélküli napok aránya a csapadékos napok mintájában szintén magas, de nem éri el a cw típus gyakoriságát. A Tisza esetében változatosabb a kép. Itt a típusnélküli napok relatív gyakorisága bármely típus relatív gyakoriságánál nagyobb – 30 százalék. A csapadékhatékony időjárási szituációk közül a west peremháborgási és a cw típus közel azonos mértékben képviseltetik magukat az árvizek kiváltó okai között. Kisebb jelentőségű a west típus és a vonuló mediterrán ciklon, de értékeik még tíz százalék felett vannak. A centrum, a zonális és a hideg légcsepp szituációk játszanak a legkevesebb szerepet az árhullámok kiváltásában.

Ezután vizsgáljuk meg, hogy a már említett – ciklonális és nyugatias – típus-kategóriákban a fenti gyakoriságok hogyan jelennek meg. Erről az *3.2. a. táblázat* nyújt tájékoztatást.

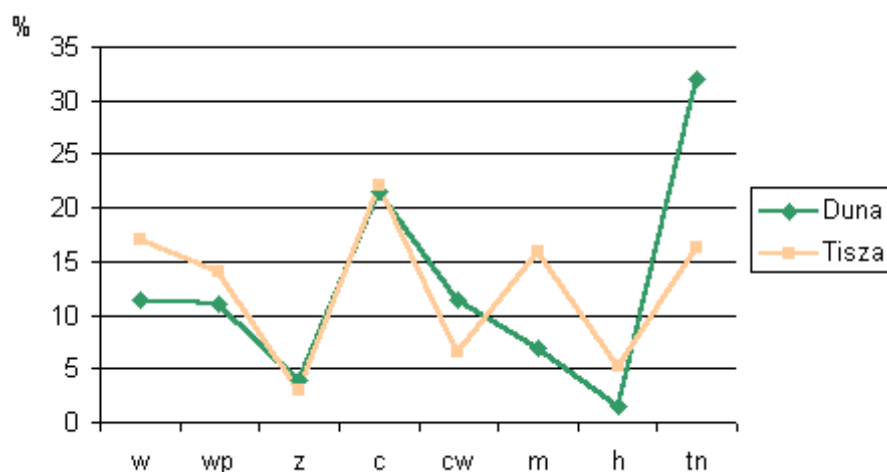
A Duna esetében az árhullámkeltő típusos napok nagy részét – több, mint kétharmadát – a ciklonális típusok teszik ki. Ezt már a nyugati ciklonhelyzet túlsúlyából is sejteni lehetett. A Tiszánál a két kategória között kisebb a különbség, azonban itt is a ciklonális típusok dominálnak a csapadékos napokon. A típusnélküli esetek gyakorisága mindkét esetben a nyugatias típusok gyakoriságával hasonló mértékű, de a Tiszánál nagyobb az arányuk.

	Ciklonális típusok	Nyugatias típusok	Típusnélküli esetek
Tisza	40	31	29
Duna	55	21	24

3.2. a. táblázat. Típus-kategóriák relatív gyakorisága az árhullámot kiváltó csapadékos napok százalékában a Duna és a Tisza vízgyűjtő területén (1980–1999)

A *3.8. b. ábrán* az 1951–1970 közötti árhullámokat kiváltó csapadékos napok típus-eloszlása van feltüntetve. Ekkor a csapadékos időszakok mintája 453 napból állt a Tisza és 363 napból a Duna vízgyűjtő területén. A típusnélküli napok száma a Tiszára vonatkozó mintában 16 százalék volt, tehát

kevesebb, mint az elmúlt két évtizedben. Feltűnő, hogy a centrum típus milyen magas arányban képviseltette magát az 1980–1999 közötti időszakhoz képest – a leggyakoribb volt. Ezt a tendenciát már az időjárási szituációk általános vizsgálatánál is megfigyelhettük, most ugyanezt állapíthattuk meg az árhullámokat kiváltó csapadékos napok esetére is. A másik feltűnő jelenség, hogy a nyugati ciklonhelyzet a korábbi húsz évben egy ritka típusnak számított, míg az utóbbi évtizedekben a domináns árhullámkeltő típusok közé tartozott. A west, a west peremháborgási típusok és a vonuló mediterrán ciklon az első húsz évben is gyakori volt, csak kisebb volt a különbség közöttük – mindegyik 15 százalék körül ingadozott. A hideg légcsepp és a zonális helyzet gyakorisága szintén állandónak bizonyult a két húszéves szakaszban.



3.8. b. ábra. Árhullámot okozó csapadékos napok időjárási típusainak relatív gyakorisága a Duna és a Tisza vízgyűjtő területén (1951–1970)

A Duna esetében a típussal nem rendelkező napok aránya jóval nagyobb volt, mint a Tisza vízgyűjtő területén – 33 százalék. A leggyakoribb típus – ugyanúgy, mint a Tiszánál – itt is a centrum volt. A következő évtizedekben a Dunánál is ugyanolyan változás áll be a c típusnál, mint amilyen a Tiszánál következett be. A west és wp típusok, valamint a nyugati ciklonhelyzet az 1951–1970 közötti években egyforma gyakoriságúak voltak, mindegyik tíz százalék feletti értékkel rendelkezett – ekkor még nem jelentkezett a cw típus egyeduralma. A vonuló mediterrán ciklon mindkét időszakban ilyen előfor-

dulást mutatott, míg a hideg légcsepp és a zonális típus gyakorisága kisebb volt, mint az ezt követő évtizedekben.

Az 3.2. a. táblázathoz hasonlóan az 3.2. b. táblázatban a típus-kategóriák gyakorisága van feltüntetve a csapadékos minta napjainak százalékában – az 1951–1970 közötti időszakra.

Itt is megfigyelhető a ciklonális típusok vezető szerepe, csak most a Duna esetében kisebb az arányuk – ami a típusnélküli napok magasabb számának is betudható –, a Tisza esetében pedig nagyobb a gyakoriság – itt pedig épp ellenkezőleg: a típusnélküli napok aránya volt kisebb. A nyugatias típusok előfordulása az árvízi időszakok tájékán kismértékben mindkét folyónál nagyobb volt.

	Ciklonális típusok	Nyugatias típusok	Típusnélküli esetek
Tisza	50	34	16
Duna	41	26	33

3.2. b. táblázat. Típus-kategóriák relatív gyakorisága az árhullámot kiváltó csapadékos napok százalékában (1951–1970)

Tehát mindkét időszakban a ciklonális típusok túlsúlya érvényesül az árhullámok kialakításában. A típusos napok tekintetében a két vizsgált időintervallum között az a különbség adódik, hogy míg a korábbi évtizedekben a Dunára volt jellemző a típussal nem rendelkező napok nagy aránya, addig a későbbi időszakban ez a különbség kiegyenlítődött, sőt ezúttal a Tiszánál adódott nagyobb gyakoriság. A konkrét típusok eloszlását vizsgálva pedig a centrum és a nyugati ciklonhelyzet változásai feltűnőek mindkét folyó esetén, ezek a változások – mint már említettük – ugyanolyan irányúak, mint amiket az általános vizsgálatoknál megfigyelhettünk.

3.3.2. Az időjárási típusok halmozódásai

Egyetlen nap csapadéktevékenysége legtöbbször sem a Dunán, sem a Tiszán nem elegendő egy 80 %-os mederteltséget elérő árhullám kialakulásához. A csapadékhullásnak több napon keresztül kell fennállnia ahhoz, hogy árhullám

keletkezzen, így szükségszerűen a csapadékot adó időjárási típusoknak sem elegendő egy napra korlátozódnia. A situációk több napon keresztül történő fennállását típus-halmazódásnak nevezzük. A hat napnál rövidebb típusláncolatot nem tekintjük még halmazódásnak. A típusok fennállása ritkán igen sokáig is elhúzódhat, 1981. november-decemberében például 48 napig tartott.

A 3.3. a. táblázat a halmazódások gyakoriságát mutatja be, valamint, hogy ezek milyen szerepet játszanak az árhullámok kiváltásában. Az első oszlopban azon esetek száma van, amikor a halmazódás mértéke nem haladta meg a tíz napot. A 2. oszlop a hosszabb típusláncolatok számát mutatja. Ezután mindezek összegzése következik, majd a negyedik oszlopban a halmazódásokat alkotó napok száma jelenik meg. Végül mindezt az idősor összes napjának százalékában fejezzük ki.

	Esetek száma		Σ	Napok száma	Az összes nap %-ában
	$6 \leq \Sigma \text{ nap} \leq 10$	$\Sigma \text{ nap} > 10$			
Árhullámmal	19	5	24	232	3.2
Árhullám nélkül	95	14	109	870	12
Összesen	114	19	133	1102	15.2

3.3. a. táblázat. Időjárási típusok halmazódásai a Duna és a Tisza vízgyűjtő területén (1980–1999)

A hosszabb és a rövidebb halmazódások előfordulását összevetve látható, hogy tíz napnál tovább ritkán követik egymást a típusok – a rövidebb láncolatok mintegy hatszor olyan gyakran vannak jelen az időjárásban. A halmazódásoknak kis része jár csak árhullámmal: a rövidebb fennállás esetében ez az összes esetnek a hatodrésze, a hosszabb fennállásoknál a negyede, összességében pedig a típusláncolatok ötöde vezet számottevő árhullám kialakulásához. A hosszabb és a rövidebb halmazódások aránya az árhullámkelésben 1:4. Az összes napot tekintve a típusok több napon keresztül történő fennállása az időszak 15 százalékát teszi ki, ebből mindössze három százalék

vezet árhullámhoz, a többinek nincs ilyen hatása.

A 3.3. b. táblázatban az 1951–1970 közötti időszakra van feltüntetve a típus-halmozódások előfordulása. Ebben a két évtizedben jóllehet a rövidebb halmozódások száma közel ugyanannyi volt, mint az előbb vizsgált időszakban, de hosszabb fennállások ezúttal jóval nagyobb számban fordultak elő – negyven százalékát adták az összes esetnek. Az árhullámok kiváltásában a két különböző időtartamú halmozódás egyforma mértékben vett részt és összesen a halmozódások harmada vezetett árhullám kialakulásához. Ek-

	Esetek száma		Σ	Napok száma	Az összes nap %-ában
	$6 \leq \Sigma \text{ nap} \leq 10$	$\Sigma \text{ nap} > 10$			
Árhullámmal	34	35	69	849	12
Árhullám nélkül	93	52	145	1504	20
Összesen	127	87	214	2353	32

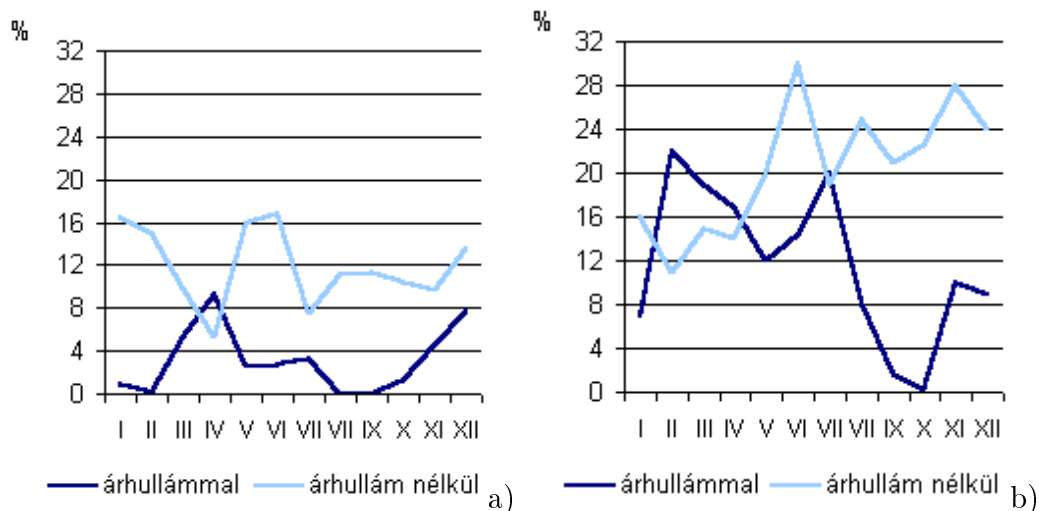
3.3. b. táblázat. Időjárési típusok halmozódásai a Duna és a Tisza vízgyűjtő területén (1951–1970)

kor az egyes osztályokon belül is nagyobb mértékű volt az „aktivitás”: a rövidebb fennállások negyede, a hosszabb fennállások negyven százaléka járt árhullámmal. Az időszak összes napját tekintve az idő 32 százalékát tették ki a halmozódások, és ebből 12 százalék vett részt árhullám kialakításában. A két táblázatot összevetve látszik, hogy napokban kifejezve a korábbi évtizedekben több, mint kétszerannyi napot foglalt magába a típusnapok halmozódása, mint mostanában.

Ezután vizsgáljuk meg a csapadékhatékony időjárési típusok halmozódásainak éven belüli eloszlását. Ehhez meghatároztuk az adott hónapban előforduló halmozódást alkotó napok számát és kifejeztük a hónap húsz évre eső napjainak százalékában. Ezt a 3.9.a. ábrán árhullámmal járó és árhullám nélküli esetekre bontva ábráztuk.

Látható, hogy a halmozódások tavasszal igazán veszélyesek, mert bár a valószínűségük ezután sem csökken, de ekkor kísérik őket leggyakrabban ár-

hullámok. Ilyen szempontból a nyári és az őszei esetek sem veszélytelenek.



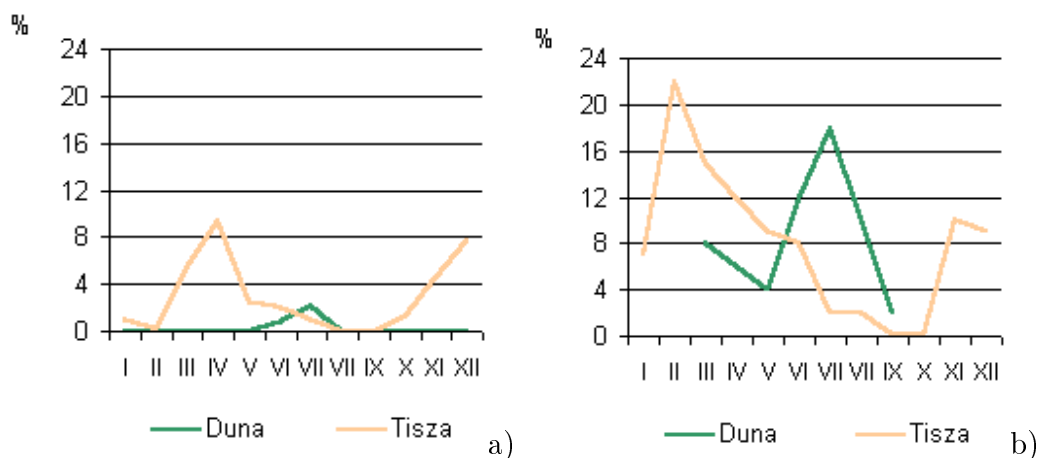
3.9. ábra.

Időjárási típusok halmozódásának havonkénti relatív gyakorisága árhullámmal járó és árhullám nélküli esetekben a) az 1980–1999, b) az 1951–1970 közötti időszakokra.

Mindehhez hasonlóan a 3.9.b. ábrán ugyanez látható az 1951–1970 közötti évtizedekre. Az árhullámmal járó halmozódásoknak a koratavaszi, nyári, őszei lokális maximumai itt is megtalálhatók, valamint az árhullámmal nem párosuló esetekben a tavaszi mély, valamint a nyári kisebb minimum is felfedezhető mindkét időszakban.

Ehhez hasonlóan a 3.10.a. és b. ábrán a halmozódások éven belüli relatív gyakoriságát mutatjuk be, de ezúttal csak az árhullámmal járó esetekben a Duna és a Tisza vízgyűjtő területére. Mindkét ábrán látható, hogy a Dunán a nyári hónapokban, a Tiszán pedig a tavaszi hónapokban jár a legnagyobb árvízveszéllyel az időjárási típusok halmozódása. A különbség a két időszak között annyi, hogy az 1980–1999 közötti évekre vonatkozó ábrán a tavaszi maximum később jelentkezik a Tisza esetében, mint a korábban, valamint a relatív gyakoriság értékei kisebbek – ez utóbbi egyébként a Duna vízgyűjtő területére is igaz.

Másik eltérés, hogy a Tisza esetében ősz végén is igen nagy újabban az árhullám kialakulásának esélye, és bár értékben nem sokkal kisebb, mint a



3.10. ábra.

Árhullámot keltő időjárási típusok halmozódásának havonkénti relatív gyakorisága **a)** az 1980–1999, **b)** az 1951–1970 közötti időszakra a Duna és a Tisza vízgyűjtő területén.

korábbi években, de a tavaszi maximumot ezúttal jobban megközelíti. A Duna esetében a korábbi ábrán szélesebb időszávba húzódott szét a görbe, mint most, ez annak köszönhető, hogy az utóbbi évtizedekben igen kevés árhullám kísérte a folyón a halmozódásokat.

A továbbiakban azt vizsgáljuk, hogy az egyes halmozódásokat milyen arányban alkotják a nyugatias illetve a ciklonális kategóriába tartozó típusok. Azokat a halmozódásokat, amelyeket csak nyugatias – west, wp, zonális – típusok hoznak létre értelemszerűen nyugatias jellegű, amelyeket ciklonális - centrum, cw, m és hideg légcsepp – típusok alkotnak ciklonális jellegű halmozódásoknak nevezzük. Természetesen vannak olyan esetek, amelyekben a két kategória szituációi egyformán részt vesznek, ezek vegyes vagy változó jellegű halmozódások.

A típusok ilyenfajta halmozódási formáinak előfordulásáról és az ezeket alkotó napok számáról az 1980-tól 1999-ig terjedő időszakra a *3.4. a. táblázat* nyújt tájékoztatást.

A táblázatból kitűnik, hogy a nyugatias és ciklonális irányítottágú típus-halmozódások az eseteknek 40-45 százalékát teszik ki. Bár mind az árhullámmal jár, mind az árhullám nélküli sorozatos típus-fellépéseknél e két ka-

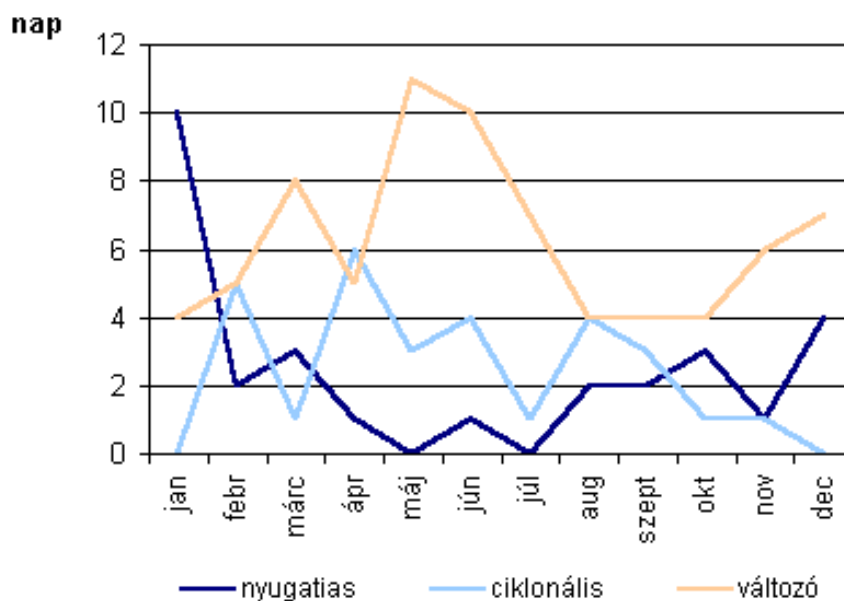
tegória esetszáma kevésbé tér el, de megállapítható, hogy a nyugatias jelleg az árhullám nélküli esetekben gyakoribb, míg a ciklonális jelleg az árhullámmal járó esetekben. A változó jellegű halmozódás azonban mindkét esetben meghaladja az előbbieket értékeit. Mindhárom halmozódási forma esetében igaz, hogy ritkán követi őket árhullám – az esetek kilenced-, ötödrészeiben.

	Nyugatias		Ciklonális		Vegyes		Σ	
	Eset	Nap	Eset	Nap	Eset	Nap	Eset	Nap
Árhullámmal	3	30	6	47	15	155	24	232
Árhullám nélkül	26	203	23	173	60	494	109	870
Összesen	29	233	29	220	75	649	133	1102

3.4. a. táblázat. Időjárási típusok halmozódási formáinak előfordulása és a halmozódást alkotó napok száma (1980–1999)

A 3.11. ábra a típus-halmozódási formák éven belüli eloszlásáról ad információkat. A nyugatias jellegű halmozódások leginkább télen gyakoriak, de másodlagos maximumuk van márciusban és októberben, legritkábbak a nyári hónapokban. A ciklonális irányítottsággal rendelkező halmozódások ezzel szemben télen – januárban és decemberben – fordulnak elő a legkevésbé, áprilisban a leggyakoribbak, de nem sokkal maradnak el ettől a februári, júniusi és augusztusi hónapokban sem. A változó jellegű típus-halmozódások májusi maximuma kiugró, valamivel kisebb ennél a júniusi érték. Legritkábban augusztustól októberig fordulnak elő, és év elején is van egy minimumuk.

A 3.4. b. táblázat a típus-halmozódási formákat az 1951–1970 közötti időszakra mutatja be. Feltűnő, hogy ebben a korábbi időszakban az egyértelmű irányítottsággal rendelkező halmozódások „elnyomják” a változó jellegű halmozódásokat – utóbbiak az összes esetnek csupán hetedrészét adják és ez az alkotó napok számában is megnyilvánul. A két fő típusú halmozódási forma egyenlő arányban fordul elő, de a ciklonális sorozatok az árhullámmal járó esetekben gyakoribbak, mint nyugatias társaik, az árhullám nélküli esetekben pedig a nyugatias halmozódások járnak az élen. Ez már az előző



3.11. ábra. A halmozódási formák éven belüli eloszlása (1980-1999)

táblázat is esetén is jól látható volt. Az is változatlan, hogy mindhárom típus kisebb arányban jár árhullámmal, mint anélkül.

	Nyugatiás		Ciklonális		Vegyes		Σ	
	Eset	Nap	Eset	Nap	Eset	Nap	Eset	Nap
Árhullámmal	21	271	37	421	11	157	69	849
Árhullám nélkül	69	707	54	555	22	242	145	1504
Összesen	90	978	91	976	33	399	214	2353

3.4. b. táblázat. Időjárási típusok halmozódási formáinak előfordulása és a halmozódást alkotó napok száma (1951–1970)

A változások abban állnak, hogy a jellegzetes típus-halmozódások száma kevesebb lett, a változó jellegű halmozódások száma pedig ezzel együtt megnőtt. Ezen kívül az egyes formák előfordulásának ideje is megváltozott. A nyugatiás jellegű halmozódások az évszázad derekán nyári-őszi maximumot mutattak. Ezzel szemben az elmúlt években a maximum áthelyeződött téldre, és a minimum nyáron volt. A ciklonális halmozódások maximumai is más

hónapokra tolódtak át. A változó jellegű típus-halmozódás őszi maximuma helyén most őszi minimum található. Tehát a típusok halmozódási formái gyakoriságának és eloszlásának tekintetében jelentős változások mentek végbe az elmúlt húsz év alatt.

4. fejezet

Esettenulmány

Az elmúlt évek rendkívüli tiszai árvizei főbb jellemzőinek összefoglalása előtt – a vízállás-változások elemzésével kiegészítve – elevenítsük fel az 1998 és 2001 között Tiszán zajló eseményeket.

4.1. Az 1998. évi őszi árvíz

1998 novemberében a Tiszán és mellékfolyóin igen jelentős árvíz vonult le. A vízállások Tiszabecsnél 28, Tivadarnál 93 és Vásárosnaménynál 11 cm-rel haladták meg az eddig észlelt maximumokat (LNV). A folyó Tiszabecsnél egyetlen nap alatt 2.5m-t, Tivadarnál 3.8 m-t, Vásárosnaménynál pedig 3.5 m-t áradt.

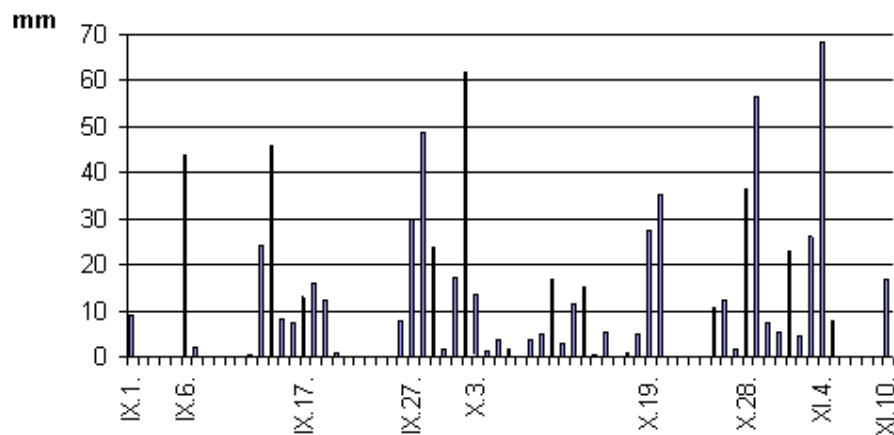
1998 ősze rendkívül csapadékos volt. A nyári szárazabb időszaknak augusztus 20-án szakadt vége, és az ezt követő 78 nap – augusztus 20-ától november 5-éig – háromnegyede volt csapadékos a Felső-Tiszán [9].

Szeptember elején két nagytérségű légköri képződmény határozta meg hazánk időjárását: egy ciklon Nyugat-Európában és egy kiterjedt anticiklon, mely a Skandináv-félszigettől egészen a Fekete-tengerig húzódott. A hónap elején a ciklon nedvessége minden nap csapadékhullást okozott. Kiemelkedő mennyiség hullott le 6-án, amikor is a hideg teknőről levált egy magassági hideg légcsepp és két napig ez határozta meg a csapadékfolyamatokat. Néhány csapadékmentes nap elteltével a hónap közepén újabb csapadékos periódus

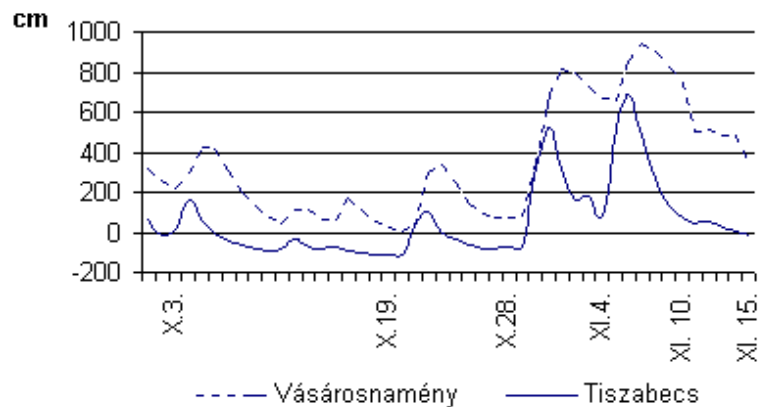
következett (4.1. ábra) – egy egész kontinensre kiterjedő, többcentrumú ciklonrendszer keletkezett, melynek középpontjai Dánia, a Skandináv-félsziget és a Kelet-Európai síkság felett illetve Olaszország középső részén helyezkedtek el. A 12-étől 17-ig tartó esőzéseket az észak-adriai peremciklon átvonulása okozta. A szeptember 27-28-i csapadékhullásért pedig egy két napig fennálló nyugati ciklonhelyzet a felelős.

Október első néhány napjának időjárásában egy nyugat-európai ciklonrendszer játszott a fő szerepet. Így ismét nagyobb mennyiségű csapadék esett a Kárpát-medence fölött. A hónap további részét mindennapos csapadéktevékenységek jellemezték, de mennyiségük korántsem volt olyan mértékben számottevő, mint a hónap elején.

Összességében tehát megállapítható, hogy 1998 őszén csapadékos periódusok sora követte egymást, és ezek időnként igen nagy területi átlagokat produkáltak. A nagy csapadékos napok időjárási típusai a nyugati ciklonhelyzet és a vonuló mediterrán ciklon közül kerültek ki, mindkettőnek igen nagy a potenciálisan kihullható vízmennyisége.



eltéréssel követi a nagyobb csapadékhullásokat. A folyó 80 százalékos mederteltséget Tiszabecsnél 514 cm, Vásárosnaménynál 693 cm esetén éri el. Kifejezetten magasnak mondható vízállások tehát az „előkészítő periódus” során nem fordultak elő, a csapadékhullások által keltett kisebb hullámok gyorsan levonultak.



4.2. ábra. Tiszabecs és Vásárosnamény vízállásai 1998. október 1. és november 15. között

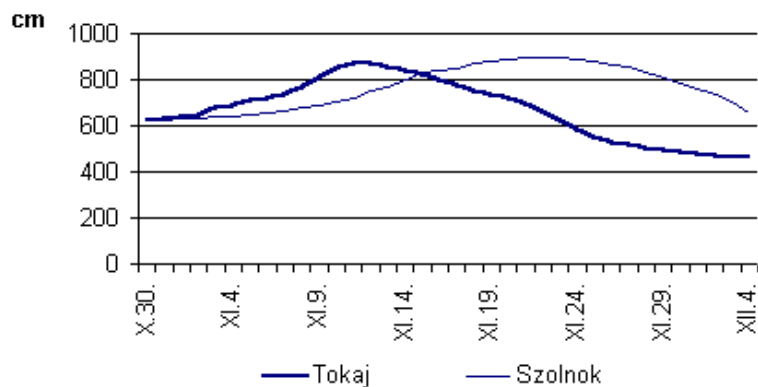
Az árvizet kialakító csapadéktevékenység október 28-tól november 5-ig zajlott. Ez egy-egy kétnapos periódusra oszlott. Az első ciklus október 28-tól 29-ig tartott, a második pedig november 3-tól 4-ig. Egy pillantást vetve az időjárási katalógusra azonnal észrevehető, hogy mindkét esetben a két csapadékos nap típusa wp, amelyek egy kifejezetten nyugatias jellegű, többségében west típusú napok által alkotott halmozódásba vannak beágyazva. A west peremháborgás – a fentiekben említett mediterrán ciklonhoz és a nyugati ciklonhelyzethez hasonlóan – szintén a nagy potenciális vízkészlettel rendelkező típusok közé tartozik.

Az időjárási helyzetet mindkét alkalommal egy-egy nagy kiterjedésű ciklon alakította, melyek centruma október 28-án Skandinávia, november 3-án a Brit-szigetek fölött örvénylett. A ciklonok tág melegszektorában húzódott a kezdetben nyugat-keleti irányítottságú nedves szállítószalag. A ciklon hátoldalán zajló hidegadvекció következtében a frontálzónán mindkét alkalommal hullámvetés történt. Ennek köszönhetően a meleg nedves szállítószalag

lag elmozdult, és már a Földközi-tenger felől transzportálta a meleg, nedves levegőt. Az áramlás tehát délnyugativá vált, merőlegesen a Kárpátok vonulatára – így az orográfia csapadéknövelő hatása is közrejátszott a nagy esőzések kialakulásában.

A vízállást bemutató *4.2. ábra* igen szemléletesen követi a hirtelen és intenzív csapadékeseményeket. Mindkét felső-tiszai városnál egy nappal később a vízállás a magasba szökik, majd a kiváltó esemény elmúltával ugyanolyan gyorsan vissza is ereszkedik kissé. De mielőtt az árhullám teljesen levonulna a következő csapadéktevékenység hatására ismételt vízszintnövekedés tapasztalható – ezúttal nagyobb, mint az első esetben. Majd ezt követően pár nap elteltével az árhullám nyugodtan levonul.

Tokaj és Szolnok vízállás-görbéit (*4.3. ábra*) tekintve megállapítható, hogy a Tisza középső és alsó részén már nem lehetett elkülöníteni a két árhullámot, ezek egybeolvadtak. A két városnál 667 illetve 671 cm-nél éri el a folyó a 80 százalékos mederteltséget. A vízállások tehát már október végén magasak voltak, de az árhullám később kezdődött, különösen igaz ez Szolnok esetében. Az árhullámok levonulása is hosszabban elhúzódott, mint a Felső-Tiszán – ez jól látható az ellapult hullámalakon –, Szolnoknál csak decemberben süllyedt a vízszint a 80 százalékos mederteltség szintje alá.

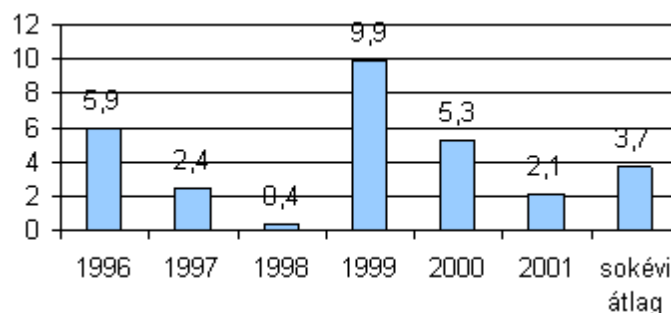


4.3. ábra. Tokaj és Szolnok vízállásai 1998. október 30. és december 4. között

Összegzésként elmondható, hogy ez az árvíz az öt megelőző hosszan elnyúló időnként nagyobb csapadékot produkáló időszak miatt volt rendkívüli, ezt

követte azután az október végi-november eleji igen intenzív csapadékhullással járó makroszinoptikai helyzet és mindez együttesen tette lehetővé, hogy az 1970. óta felül nem múlt LNV-eket ebben az évben több helyen is meghaladta vízállás.

1998 őszenek csapadécai és árvize után 1999. tavaszán újabb árhullám vonult végig a Tiszán és az ország területén 370 hektárt borított belvív. Bár 1999 januárjának havi csapadékösszege éppenhogy elérte a sokéves átlag felét [7], februárban azonban kétszer annyi hó hullott, mint ilyenkor szokásos. A hóban tárolt vízkészlet (4.4. ábra) 9,9 km³ volt ebben az évben, ami nemcsak a sokéves átlagnak többszöröse, de a megelőző években sem fordult elő ennél jelentősebb érték. A március az átlagosnál melegebb lévén a felhalmozódott hókészlet gyors olvadásnak indult. A talaj azonban már az őszi csapadék következtében telített volt, és ebből a nedvességből a tél folyamán sem tudott számottevő mennyiség elpárologni.



4.4. ábra. A korábbi évek hóban tárolt vízkészletének értékei (km³) és a sokévi átlag a Tisza vízgyűjtőjén a szegedi szelvényig [21]

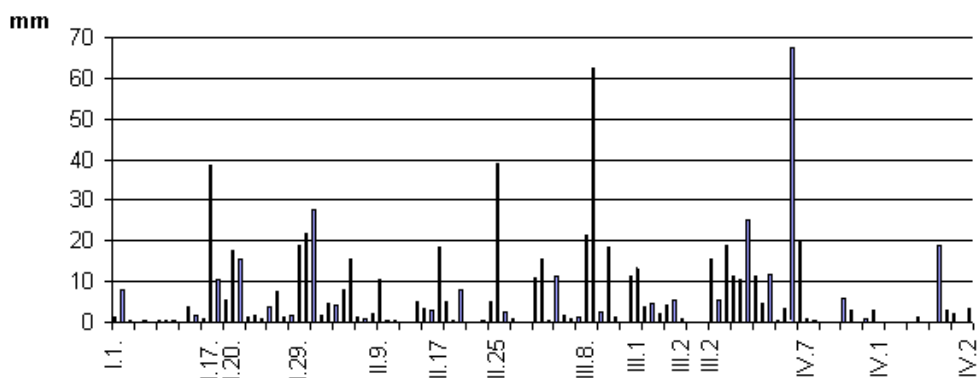
Bár március szárazabb volt a szokásosnál, április megint bővebb csapadékkal látta el az országot. A májusi hónap szárazabb időszakában a belvízzel való borítottság 50 hektár alá csökkent. A júniusi és júliusi „medárdi” esőzések során azonban helyenként a 100 mm-t is meghaladta a lehullott csapadék, ennek következtében a belvízzel elöntött területek aránya ismét megnőtt és csak szeptemberben tűnt el végleg az ország területéről.

4.2. A 2000. évi tavaszi árvíz

1999 utolsó hónapjaiban a csapadék ismét jóval meghaladta a sokéves átlagot, és ezzel újra belvív-veszély fenyegette hazánkat. December végére már jelentős vízkészlet halmozódott fel a hóban.

A 2000. év első negyedének változó mennyiségű és halmazállapotú csapadéka (*4.5. ábra*) már kellő mértékben megteremtették a feltételeket egy tavaszi árhullám kialakulásához.

A január első fele az eseménytelenség jegyében telt – anticiklon alakította időjárásunkat. A hónap további részén havazások növelték a hóban tárolt vízkészletet, mely elérte a 8 km^3 -t. A január 29-től bekövetkezett enyhülést mindennapos csapadéktevékenység kísérte – ekkor a csapadék formája eső volt. Február közepétől az enyhülés mérséklődött, és két nagy csapadékú napról lehet ebben a hónapban beszámolni, ezek inkább növelték a hó mennyiségét, semminthogy csökkentették volna. A márciust nagymértékű enyhülés jellemezte, mely ismétlődő csapadéktevékenységet hozott magával. Ki kell emelni március 8-9. esőzéseit, amikor a területi csapadékátlagok meghaladták a 20 mm -t. A hónap közepén átmeneti lehülés következtében a hókészlet mennyisége ismét kismértékben nőtt, de a március 25-től április 7-ig tartó csapadékos periódus esőzéseit szinte teljes mértékben elfogyasztották a havat.



4.5. ábra. Területi csapadékátlagok 2000. január 1. és április 2. között [11]

A vízállások igen érzékenyen követték a csapadékos periódusokat. Minden

egyres nagyobb csapadékvevényesség kisebb gyorsan levonuló árhullámokat váltott ki a folyón. Számottevő árhullám március utolsó napjaiban alakult ki, mely kitartott április közepéig a felső szakaszon, a középső és alsó részeken viszont jóval tovább, májusig húzódtott el.

A 2000. év tavaszán levonult árvíz kiváltó okai tehát a hosszabb előkészítő periódus gyakori csapadékvevényessége, valamint a hóolvadással járó enyhülés.

4.3. A 2001. márciusi árvíz

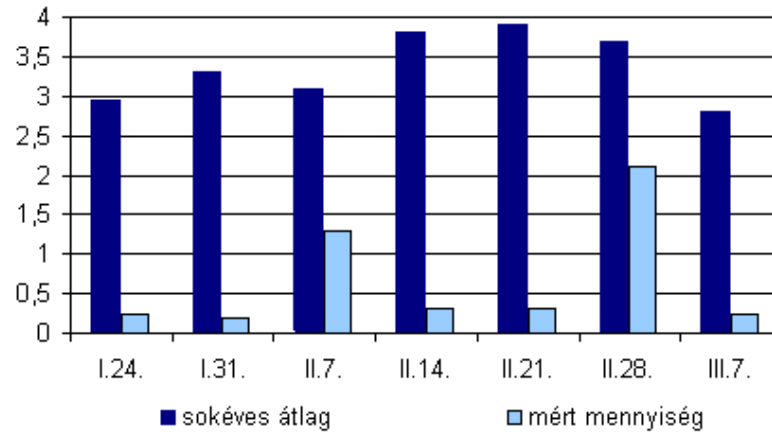
Figyelemre méltó a 2001 márciusában a tiszán levonult rendkívüli árvíz. Hidrológus szakemberek alapvető tényként említik, hogy egyetlen nap csapadékvevényessége sem a Dunán, sem a Tiszán nem okozhat számottevő árvízi eseményt. Ezt a megállapítást látszik cáfolni a 2001. évi tavaszi árvíz, amikor is a növekvő vízállásokat mindössze három nap csapadékvevényessége váltotta ki.

Lássuk tehát a megelőző időszak szinoptikus jellemzését.

A 2000 áprilisában levonult árvíz után időjárásunk szárazzá vált. Az év hátralevő részében lehullott csapadék minimális volt, az ország az aszály okozta problémákkal küszködött. Ennek folytatásaként 2001 tele hóban rendkívül szegény volt. A lehullott csapadék mennyisége jóval elmaradt a sokéves átlagtól (4.6. ábra) – annak felét csak február elején illetve végén közelítette meg, a tél többi részében általában a tizedét sem érte el. A március 3-án kezdődő ciklontevényesség hatására azonban a hőmérséklet 10 °C fölé emelkedett és ezzel egyidejűleg 3 nap alatt olyan mennyiségű csapadék hullott, melynek területi átlaga a Felső-Tiszán 124 mm volt, helyenként pedig a 200-260 mm-t is meghaladta (4.7. ábra).

Március 3-án Nyugat- és Közép-Európa felett egy-egy alacsony nyomású képződmény örvénylett, e ciklonok nyugat-keleti irányítottaságúak voltak. A Kárpát-medence fölött elterülő hideg légtömegegre felsikló meleg levegő hatására intenzív csapadékvevényesség indult meg a térségben, mely 16-18 órán át tartott. A hőmérséklet növekedésével a csapadék hóból esővé alakult.

A ciklon előoldalán található délnyugati irányítottaságú meleg nedves szál-



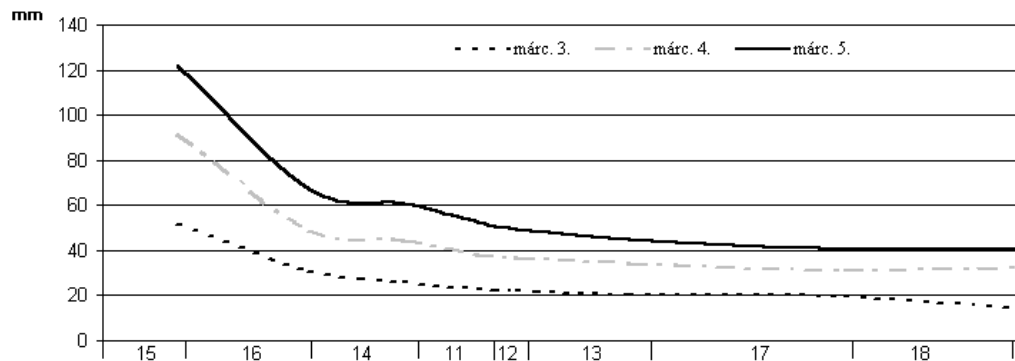
4.6. ábra. A hóban tárolt vízkészlet (km^3) 2001. január 24. és március 7. között, valamint a sokéves átlag a Tisza vízgyűjtőjén a szegedi szelvényig [21]

lítészalag potenciális vízkészlete jóval magasabb volt, mint az ilyenkor szokásos. Az ezzel egyirányú alacsonyszinti jet tengelyében a maximális szélesség elérte a 25 m/s-ot. A nedves szállítózsalag irányítottsága nagyban hozzájárult a lehullott csapadék jelentős mennyiségéhez, ugyanis a Kárpátok vonulatára merőleges áramlás az alacsonyszintű jet támogatásával elősegítette az orográfia maximális csapadéknövelő hatását.

Március 4-én a Kárpát-medence fölött örvénylő ciklon hidegfrontján hullámvetés történt és a két ciklon frontrendszerük összekapcsolódott immár az egész kontinensre kiterjedve. A meleg levegő előre nyomulásával már az alsóbb szintek hőmérséklete is megnövekedett, ugyanakkor az 500 hPa-on zajló hidegadvekción instabilis rétegződést eredményezett. Az alacsonyszintű konvergencia vonala mentén záporok, zivatarok alakultak ki az északkeleti országrészben, valamint Kárpátalján. A lehullott csapadék területi átlagai helyenként megközelítették a 100 mm-t. Az 5-én lehullott csapadék szinoptikai körülményei hasonlóan alakultak, mint az azt megelőző napon.

Ezután ejtsünk néhány szót az árvíz hidrológiai jellegzetességeiről.

A Felső-Tiszán ezúttal még magasabb vízállások alakultak ki, mint 1998 novemberében, amikor is több helyen közel harmincéves rekordok dőltek meg. A Tisza ukrajnai szakaszán voltak ezek a különbségek a legnagyobbak – Rahónál 75 cm, Técsónél 16 cm, Husztnál 109 cm. A magyarországi sza-



4.7. ábra. Az árhullám TMT-analízise [12]

Részvízgyűjtőterületek: Felső-Tisza (15), Szamos(16), Bodrog(14), Sajó-Hernád(11), Zagyva(12), Tisza-völgy(13) Körösök(17), Maros(18)

kaszon Tiszabecsnél 11, Tivadarnál 56 cm-rel tetőzött magasabban a Tisza, mint 2 és fél évvel ezelőtt (*4.1. táblázat*). A folyó vízszintje Tiszabecsnél egyetlen nap alatt 3.6 m-t, Tivadarnál 4.7 m-t emelkedett.

A Szamos esetében bár rekord nem dőlt meg, de a folyó jóval magasabban tetőzött, mint 1998 őszén. Ez okozhatta, hogy a Vásárosnaménynál kialakult vízállás 18 cm-rel haladta meg a két és fél évvel ezelőtti legnagyobb értéket.

A Bodrogból csak kisebb mennyiségű vizek folytak a Tiszába, ez az egyik oka annak, hogy a folyó középső és alsó részén nem alakultak az eddigi maximumoknál magasabb vízállások és Tokajnál a hullám alakja elapult lett.

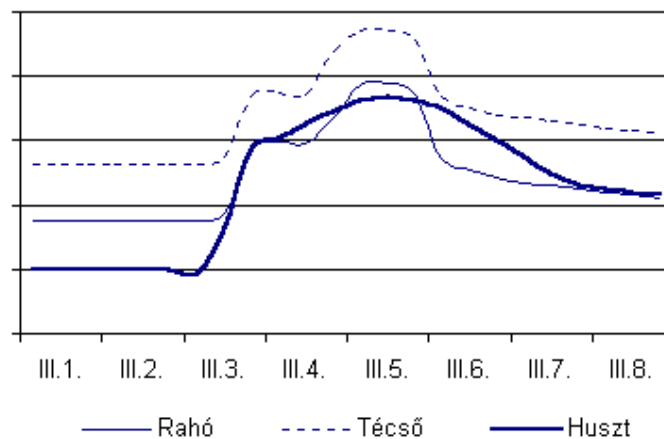
Ukrajnában március 6-án töltésszakadások következtek be és jelentős területeket öntött el a víz. A magyarországi szakaszon a tivadari szelvényénél is áttört a Tisza a jobb parti töltés két pontján. A szakadások kezdetben csupán néhány méteresek voltak, majd 18 óra alatt 120-120 m hosszúságúra fejlődtek. A három napon keresztül kiömlő víz mennyisége 120-140 millió m³ volt. A kiömlött víz 250 km²-nyi területet öntött el, ezzel kilenc települést víz alá helyezve [21].

A vízmércék vízállás-görbéit (*4.8. ábra*) tekintve két hullám különíthető el az ukrajnai szakaszon. Az első hullám a 3-i eseményeknek köszönhető, a második a 4-5-i eszözéseknek, ez utóbbi tetőző vízállása meghaladta az első hullám maximumait. A kettő közötti félnapos szünet hatására a vízszint valamelyest lecsökkent.

Folyó	Vízmérce	1998	2001	dH
Tisza	Rahó	500	575	+75
Tisza	Técső	726	742	+16
Tisza	Huszt	428	537	+109
Tisza	Tiszabecs	708	719	+11
Tisza	Tivadar	958	1014	+56
Szamos	Csenger	347	668	+321
Tisza	Vásárosnamény	923	941	+18
Tisza	Záhony	737	752	+15
Bodrog	Bodrogszerdahely	866	832	-34
Tisza	Tokaj	872	847	-25

4.1. táblázat. Az 1998. és 2001. évi árhullámok tetőző vízállásainak összehasonlítása [21]

Nagyon jól megfigyelhető, hogy miután az árvizet megelőző időszak nem volt csapadékos, a vízállások mindvégig alacsonyok voltak és így a március 3-án kezdődő csapadéktevékenységet követve hirtelen szöktek magasba az értékek. A záporok megszűntével a vízállások viszonylag gyorsan ereszkedtek vissza az kiindulási szintekre. Huszt esetében a két árhullám már nem különíthető el, ezek egybeolvadtak.



4.8. ábra. Árhullámképek a Tisza ukrainai szakaszán 2001 márciusában [21]

A 2001. márciusi tiszai árvíz összegzéseként megállapítható, hogy rendkívülisége abban rejlik, hogy példátlan csapadékmennyiségek hullottak le nagyon rövid idő alatt, mindenféle előkészítő-figyelmeztető csapadéktevékenység nélkül.

Az utóbbi évek árvizei alapján megpróbálhatunk egy olyan hipotetikus árvízi eseményt elképzelni, amely a négy árhullám „kedvező” vonásait magában egyesíti:

- előkészítő-kiváltó csapadékos időszaka olyan hosszú, mint 1998 novemberében volt,
- a felhalmozódott hókészlet akkora mennyiségű, mint 1999-ben,
- a lehullott csapadékok területi átlagai és lokális mennyiségei hasonlóak, mint 2001 tavaszán,
- a csapadéktevékenység fő területe a Felső-Tisza vidékére esik,
- a mellékfolyók vízgyűjtő területein is olyan erejű csapadéktevékenység folyna, hogy az a megfelelő időben a mellékfolyókon is magas vízállásokat eredményezne.

Egy ilyen árhullám gondolatával kísérletezve megállapíthatjuk, hogy az eddiginél pusztítóbb árvizek kialakulása is lehetséges.

A felidézett három jelentős árvízi esemény hasonlóságokat és különbségeket is felmutat. A legnagyobb eltérés közöttük a kiváltó okokban rejlik, nevezetesen: 1998. árhullámaik hosszú csapadékos periódus előzte meg. Bár 2000-ben is beszélhetünk árhullámot „előkészítő” csapadékos időszakról, de a hóolvadás, a hókészlet nagysága is jelentős szerepet kapott. 2001-ben pedig a hirtelen melegedés és az egyedülálló napi csapadékok voltak döntő jelentőségűek. A három árvíz esetében megfigyelhető hasonlóságok:

- az orográfia csapadéknövelő szerepe kitüntetett,
- a Földközi-tenger felől áramlik a nagy nedvességtartalmú meleg levegő,
- az alapszinoptikus helyzetek is magukban foglalták a nagy csapadék lehetőségét,

- az árhullámok kialakításában szerepet játszó *Bodolainé*-féle típusokkal jellemezhető mindhárom esetben az időjárás – ez igazolja a típusok jól definiáltságát és csapadékhatékonyosságát.

5. fejezet

Összefoglalás

A szakdolgozat által felölelt húszéves időszak a Dunán semmiképpen nem bővelkedett árvizekben, de a tiszai árhullámok mennyisége sem érte el a korábbi évtizedekben előfordult esetek számát. *Vágás István* [24] az 1865-től 1998-ig terjedő több, mint 130 évre a *5.1. táblázatban* látható hét korszakot különítette el a Tisza árvizes időszakaira. Megállapította, hogy árvízi események bizonyos időközönként gyakran fordulnak elő, néha pedig évekig csak kisebb árhullámok vonulnak le a Tiszán. Ennek alapján az 1998. előtti 15 év nem tartozott a kifejezetten áradásos időszakok közé.

A szakdolgozat kezdetén kitűzött kérdések:

1. Az 1980–1999 időszak időjárásában milyen szerepet játszottak a *Bodolainé* által megállapított időjárási típusok?
2. Ugyanezen időszak árvizeinek kialakulásában milyen szerepet játszottak e típusok?
3. Az említett tanulmányban tett megállapítások erre az időszakra is megállják-e a helyüket?

A megfogalmazott felvetésekre vizsgálódásaink során a következő eredményekre jutottunk.

A térségünkben különösen nagy csapadékkal járó – vonuló mediterrán ciklon és centrum – időjárási típusok gyakorisága csökkent ebben az időszakban. A nyugati ciklonhelyzet gyakorisága ugyan megnőtt, de az általa pro-

Korszakok	Jellemzésük	Nagy árvizek időpontja
1. 1865-1895	nagyobb árvizek időszaka	1867, 1877, 1881, 1888, 1895
2. 1896-1911	alacsonyabb hullámszint	
3. 1912-1942	nagyobb árvizek időszaka	1913, 1919, 1924, 1932, 1940, 1941
4. 1943-1961	alacsonyabb hullámszint	
5. 1962-1981	nagyobb árvizek időszaka	1962, 1966, 1970, 1974, 1979, 1981
6. 1982-1997	alacsonyabb hullámszint	
7. 1998-?		

5.1. táblázat. A Tisza hidrológiai története *dr. Vágás István* szerint

dukált csapadékmennyiségek nem olyan jelentősek, mint az előbb említett szituációk esetében, hiszen ez a típus a Kárpát-medencében meleg oldali helyzetet teremt.

Szembeötlő változás, hogy a típusnélküli napok aránya Dunán lecsökkent, a Tiszán pedig megnőtt. Az 1951–1970 közötti időszakban a Dunán megfigyelt nagy típusnélküli gyakoriság magyarázatául *Bodolainé* [3] azt a választ adta, hogy a Duna vízgyűjtőinek elhelyezkedése folytán igen gyakran fordulhat elő olyan csapadéktevékenység, amit nem a csapadékhatékonny időjárási típusok váltanak ki, hanem maga az orográfia növeli mennyiségüket. Ez nyilvánvalóan most is igaz, hiszen a Duna vízgyűjtői az elmúlt húsz év során nem változtak. Akkor mi okozhatja, hogy ezúttal a Tiszán nagyobb a típusnélküli napok aránya?

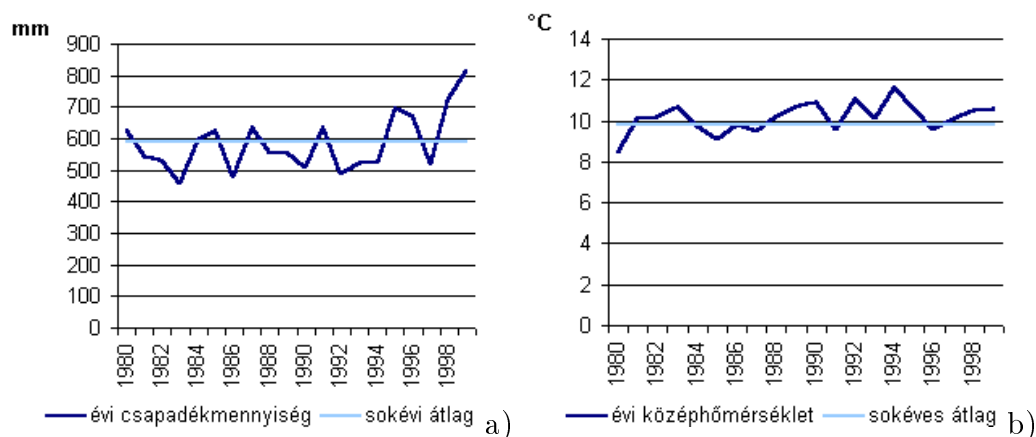
Annak, hogy a Dunán kevés típusnélküli nap vált ki árhullámot, az lehet az oka, hogy az elmúlt időszak nyolc dunai árvize nem elegendő ilyen jellegű vizsgálatok elvégzéséhez. Arra pedig, hogy a Tiszán ilyen magas lett a típusnélküli napok száma, az szolgálhat magyarázatul, hogy bár az árhullámok

kiváltásában zömmel típusos napok játszottak szerepet, de a levonulás során már több lehetett a típussal nem rendelkező nap.

A halmozódások esetében számottevő csökkenés mutatkozik egyrészt előfordulásokban, másrészt az árvizek kiváltásában betöltött szerepükben. Ennek oka a már említett szárazabb árvízi periódusban, a legcsapadékosabb típusok gyakoriságának csökkenésében keresendő.

A kérdésekre adott válaszok után hangsúlyozni kell, hogy a kevesebb esetszám miatt a megállapítások vitathatóak, különösen a Duna esetében.

A következőkben nézzük meg, hogy Vágás István elgondolását alátámasztják-e az elmúlt évtizedek hőmérsékletei illetve csapadékviszonyai. A 5.1. a-b. ábrán az évi csapadékösszegek és középhőmérsékletek vannak felüntetve mellettük a sokéves átlaggal. A csapadékmennyiségeket tekintve látható, hogy a sokéves átlag értékét csak a vizsgált időszak vége felé haladták meg számottevően – ekkor voltak a nagy tiszai árvizek. Az éves



5.1. ábra.

a) Évi csapadékmennyiségek, b) évi középhőmérsékletek és a sokéves átlag az 1980–1999 közötti időszakra

csapadék-összeg csupán nyolc alkalommal haladta meg az átlagos mennyiséget. A húsz év alatt lehullott csapadék átlaga 585,6 mm volt, ami alatta marad a sokéves átlagnak. Áttérve a hőmérsékleti diagramra ezen is hasonló tendencia figyelhető meg. Az éghajlati normálérték 9,8 Celsius-fok volt. Az évi középhőmérséklet ezt 14 esetben haladta meg. A húsz év átlagos hőmér-

séklete 10,2 fok volt.

Az elmúlt két évtized tehát szárazabb és melegebb volt a szokottnál.

A két ábra közös vizsgálata során a következő következtetéseket tehetjük: a hat esetben, amikor a csapadék mennyisége meghaladta az átlagot, a hőmérséklet értékei az átlagértéknél alacsonyabbak voltak – tehát amikor csapadékosabb volt az időjárás, akkor hűvösebb volt. Abból a 14 esetből, amikor az évi középhőmérsékletek magasak voltak, 11 alkalommal fordult elő, hogy a csapadék-értékek átlagon aluliak voltak és csupán három évben történt meg, hogy a hőmérséklet is és a csapadék is nagyobb volt az átlagosnál. Ez a három év 1995., 1998. és 1999. volt, ezekben az években fordult elő (1998. kivételével) téli-tavaszi olvadási-csapadékos árvízhelyzet.

Köszönetnyilvánítás

Sok-sok köszönet illeti témavezetőmet, Homokiné Ujváry Katalint hasznos tanácsaiért és ötleteiért, biztatásáért, valamint a szakdolgozat elkészítésében és végső formába öntésében nyújtott áldozatkész segítségéért.

Szeretném megköszönni tanszéki konzulensemnek, dr. Gyúró Györgynek, hogy munkámat mindvégig figyelemmel kísérte és tanácsaival segítette. Hálás vagyok a szakirodalom felkutatásában nyújtott segítségéért is.

Szeretnék külön köszönetet mondani Bartha Péternek az árvízi idősorok kigyűjtésében nyújtott segítségéért, valamint az alapvető hidrológiai fogalmak elmagyarázásáért.

Köszönöm Kertész Sándornak a technikai segítséget.

S ezúton szeretném megköszönni családomnak, hogy biztosították számomra tanulmányaim elvégzéséhez szükséges feltételeket, továbbá, hogy mindvégig kitartóan biztattak.

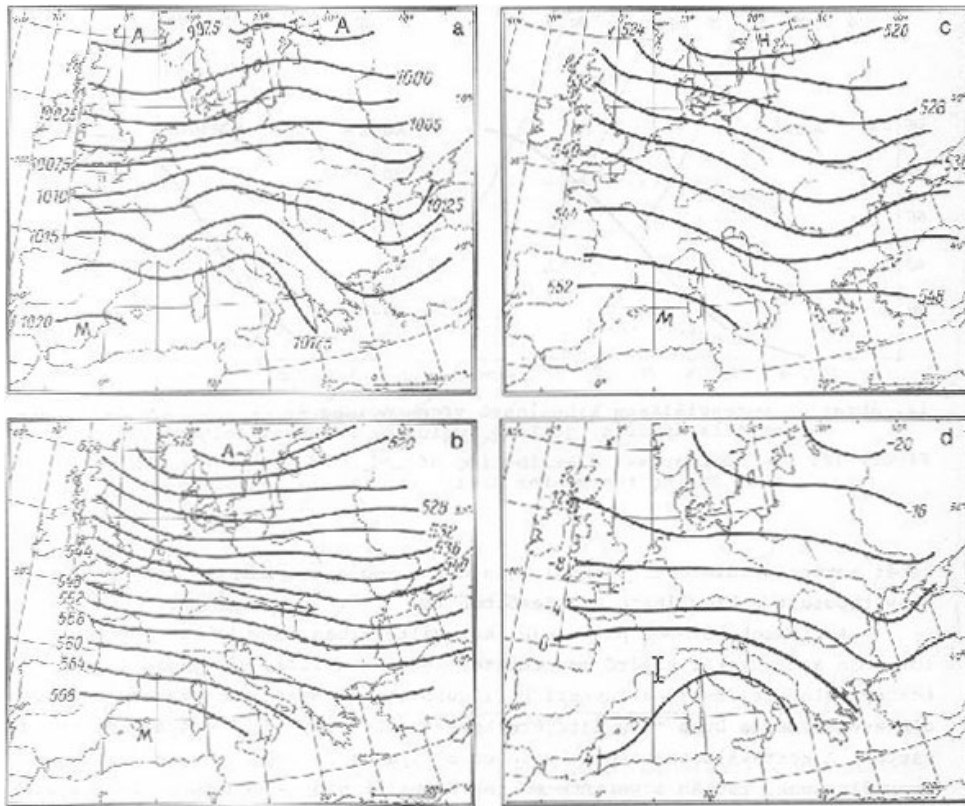
Függelék

1. számú melléklet

A csapadékhatékony időjárási típusok leírása

West típus (w)

A west típusú időjárási helyzetet az *1.a ábra* szerint az alsó troposzférában nyugati, északnyugati áramlás jellemzi. A cirkulációt kialakító ciklonok a 60-as szélességi körnél, vagy attól északra haladnak. Az ábrán látható, hogy a Kárpát-medence fölött az áramlás északnyugati irányúvá válik. Az 500 hPa-os szint áramlási mezeje (*1.b ábra*) nagyon erős áramlást mutat.

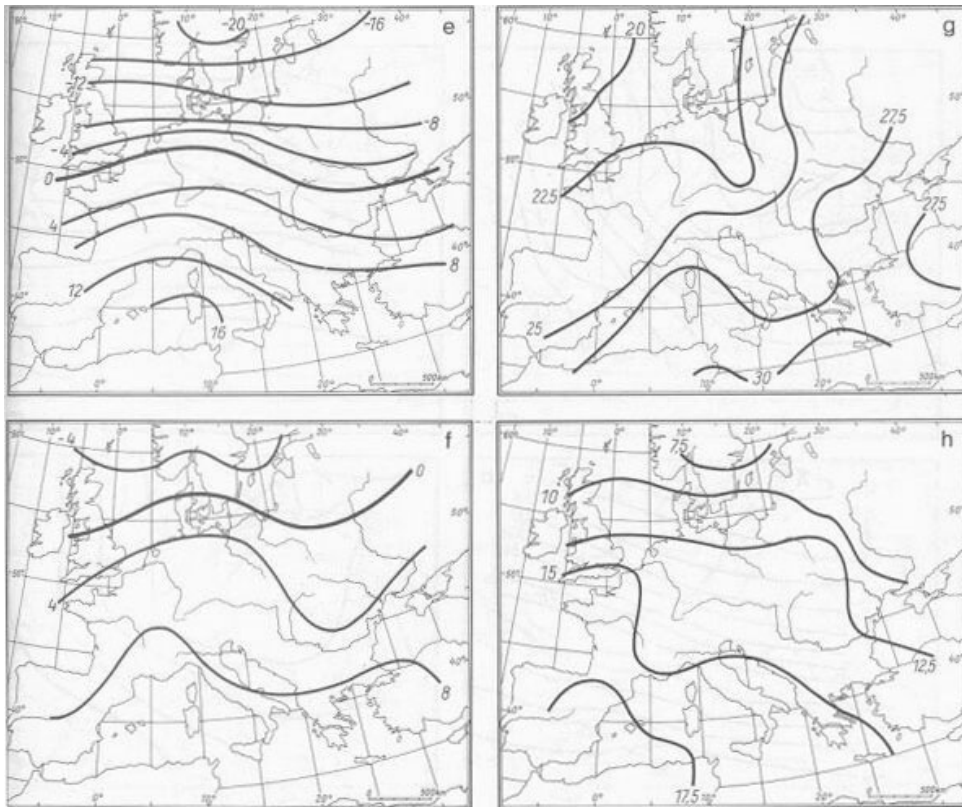


1. a-d ábra: a west típusú időjárási helyzet

a) közepes talajmenti nyomástérkép, b) közepes 500 hPa-os térkép, c) közepes 500/1000 hPa-os relatív topográfia, d) a talajon vett közepes eltérések a normál értékektől.

Az *1.d, e, f* anomália-térképek az átlagos értékektől való nagy eltérésre mutatnak rá. Az 500/1000 hPa-os relatív topográfia anomália-térképén jól látható, hogy a típus folyamatai az átlagosnál magasabb hőmérsékleten zajlanak le, valamint mind a közepes, mind az anomália-térképek a Kárpát-

medencében posztfrontális szituáció jelenlétére utalnak. Figyelembe véve a gyors és erős áramlást, ez a típus a hirtelen olvadásokból származó árhullámokért felelős.



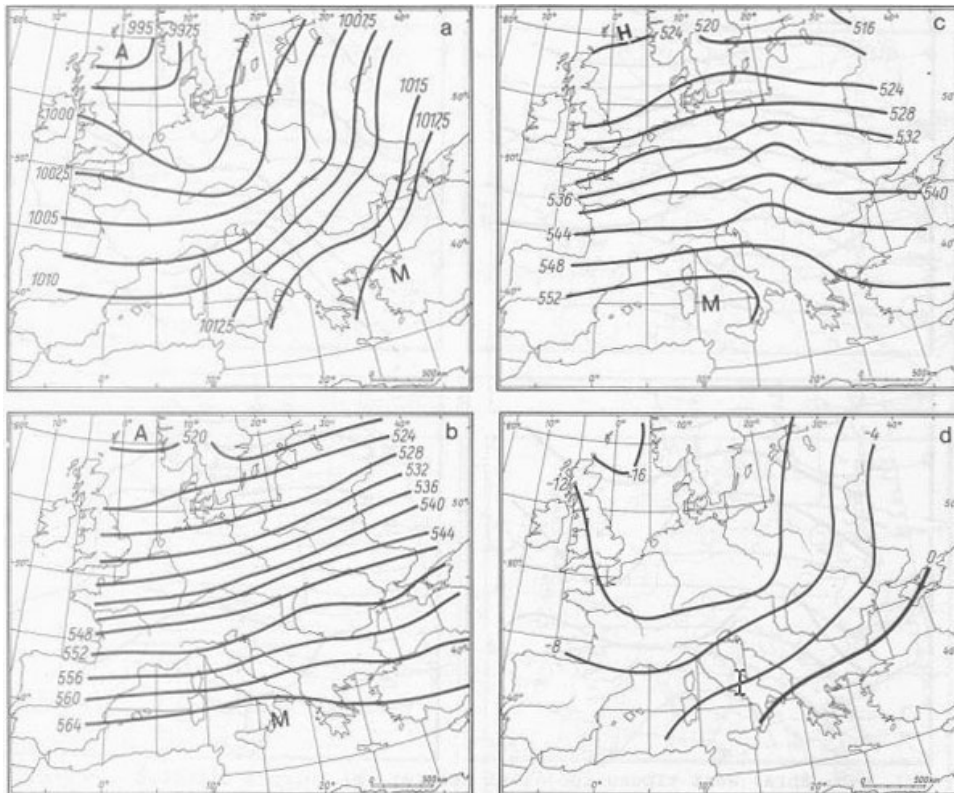
1. e-h ábra: a *west* típusú időjárási helyzet

e) közepes eltérés a normál értékektől az 500 hPa-os szinten, f) közepes eltérés a normál értékektől az 500/1000 hPa-os rétegben, g) a potenciálisan kihullható vízmennyiség dunai árhullámok esetén, h) a potenciálisan kihullható vízmennyiség tiszai árhullámok esetén.

A potenciálisan kihullható csapadékmennyiség mezejében az 1. g és h ábra szerint nagy eltérés mutatkozik a dunai illetve a tiszai csapadékos periódusok esetén. Ennek oka a gyors átvonulás lehet, azonban mindkét esetben megállapítható, hogy a típus átlagosan nedves.

West peremháborgási típus (wp)

A típusra az alsó troposzférában (2. ábrasorozat) délnyugati áramlás jellemző. A cirkulációt lebonyolító ciklon középpontja a 2.a ábrán az Északi-tenger fölött található a 60-as szélességi körnél. Intenzív délnyugati áramlás jellemzi a típus 500 hPa-os mezéjét is (2.b és c ábra). Az 500/1000 hPa-os réteg relatív izohipszái a Kárpát-medencétől nyugatra délnyugati futásúak. A meleg-nyelv tengelye a Kárpát-medence fölött húzódik, az északi területek felől hidegadvekción van folyamatban.



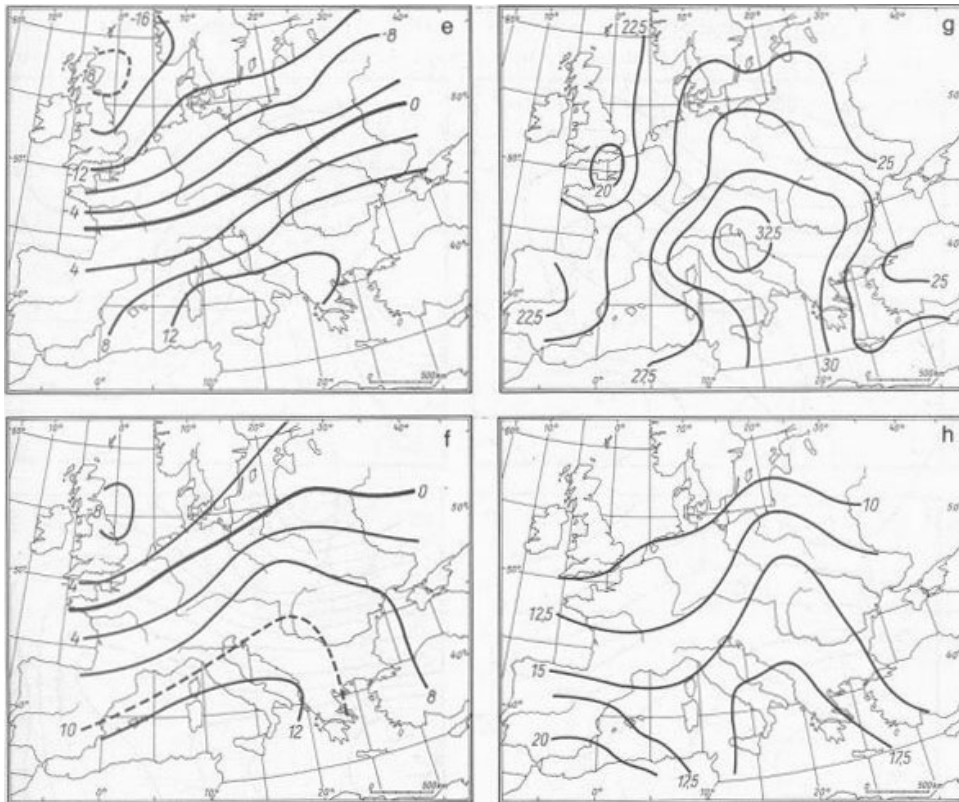
2. a-d ábra: a west peremháborgási típusú időjárási helyzet

a) közepes talajmenti nyomástérkép, b) közepes 500 hPa-os térkép, c) közepes 500/1000 hPa-os relatív topográfia, d) a talajon vett közepes eltérések a normál értékektől.

A normál értékektől vett eltérések térképei a talajon erős Északi-tengeri ciklonalitásra és délnyugati irányítottságra utalnak – 2.d ábra –, amit az 500

hPa-os szint anomáliái is megerősítenek. Az 500/1000 hPa-os réteg 2.f anomália-térképén megfigyelhető, hogy a típus folyamatai még magasabb közép-hőmérsékleten játszódnak le, mint a west típus esetében.

A potenciálisan kihullható csapadék mezejében a 2.g és h ábrákon észrevehető, hogy a típus az átlagosnál nedvesebb. Ha ezt összevetjük az intenzív délnyugati áramlással, akkor arra a következtetésre jutunk, hogy ez a típus nagyon veszélyes az árvizek szempontjából, mert a Földközi-tenger térségéből szállítja a meleg nedves levegőt.

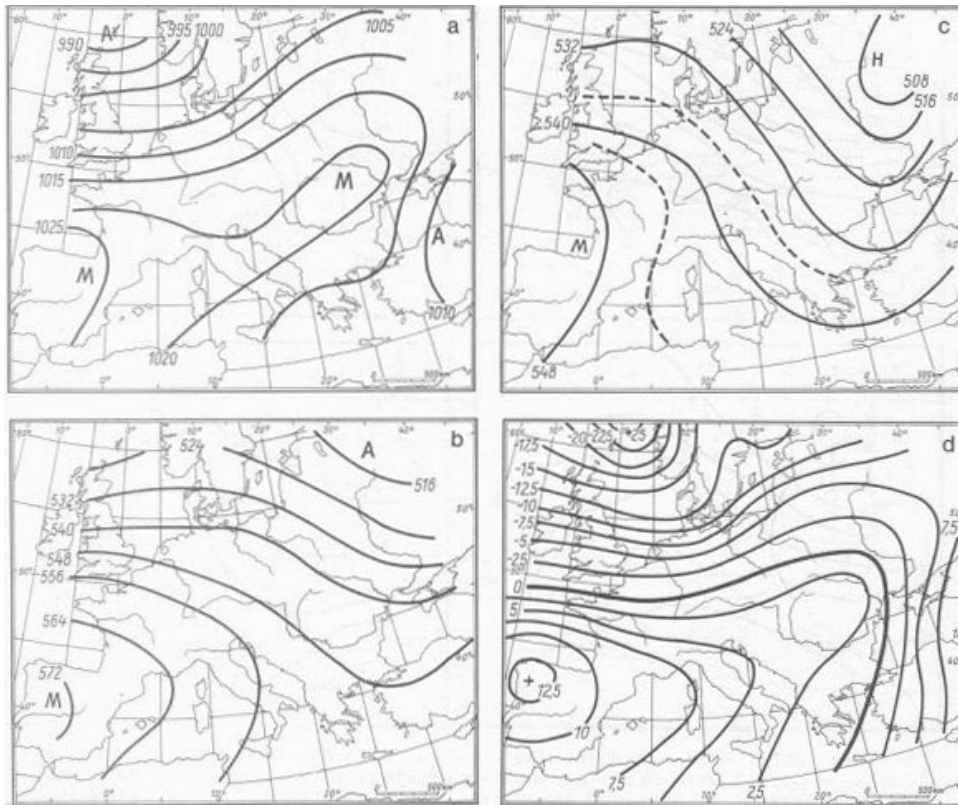


2. e-h ábra: a west peremháborgási típusú időjárási helyzet

e) közepes eltérés a normál értékektől az 500 hPa-os szinten, f) közepes eltérés a normál értékektől az 500/1000 hPa-os rétegben, g) a potenciálisan kihullható vízmennyiség dunai árhullámok esetén, h) a potenciálisan kihullható vízmennyiség tiszai árhullámok esetén.

Zonális típus (z)

Az áramlás iránya a 3. ábraszorozat tanúsága szerint az alsó troposzférában nyugati, délnyugati, az közép-troposzférában pedig északnyugati. Az 500/1000 hPa-os réteg (3.c ábra) relatív izohipszái szerint a Kárpát-medencétől nyugatra meleg légtömeg nyúlik be a kontinensre.



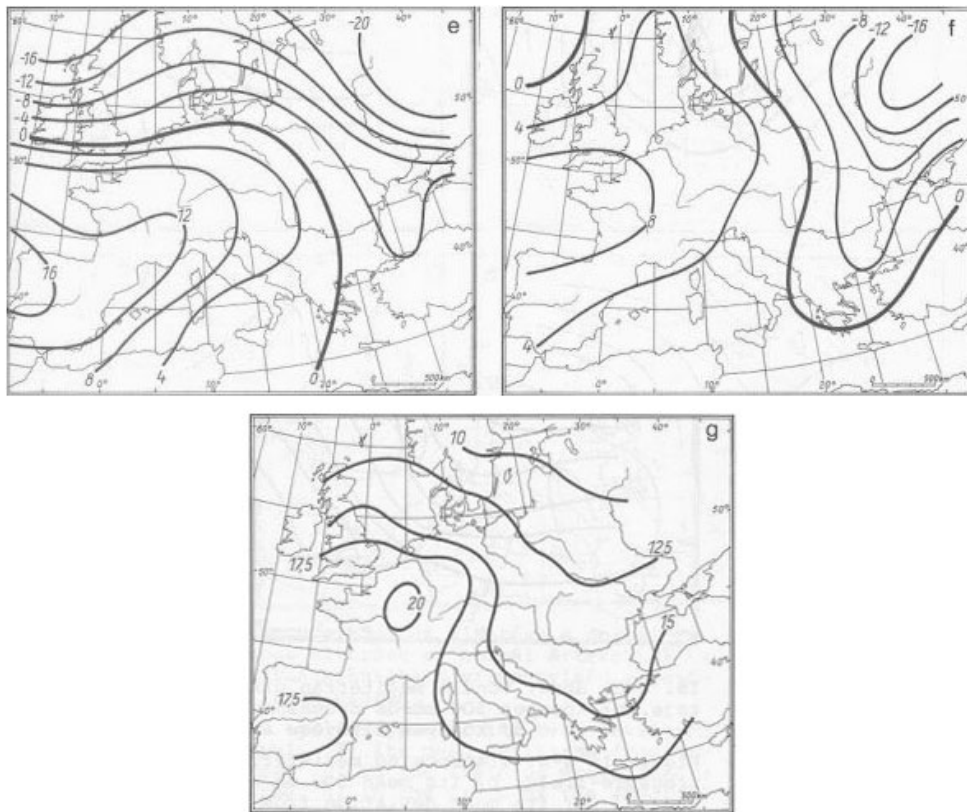
3. a-d ábra: a zonális típusú időjárási helyzet

a) közepes talajmenti nyomástérkép, b) közepes 500 hPa-os térkép, c) közepes 500/1000 hPa-os relatív topográfia, d) a talajon vett közepes eltérések a normál értékektől.

A talajszinti, valamint az 500 hPa-os szint (3.d és e) anomália-térképein jól látható, hogy a zonális áramlást északon a normálnál alacsonyabb, délen pedig magasabb nyomású bárikus képződmény alakítja ki. Az 500/1000 hPa-os réteg 3.f anomália-térképe alapján az alsó troposzféra középhőmérséklete Nyugat-Európa fölött az évszakban megszokottnál magasabb, ennek a leve-

gőnek az előrenyúlásával a hideg légtömeg kelet felé húzódik vissza.

A zonális típusú időjárási helyzet önmagában nem csapadékhatékony szituáció, mégis nagyrészt tavasszal olvadási árvízhelyzeteket eredményez, mivel tél végén mindig intenzív felmelegedést okoz a Duna vízgyűjtő területén. Ezt követően gyakran alakul ki a térségben depresszió, amely csapadékhullással jár – ez is gyorsítja az olvadást. Az előbbieket a potenciálisan kihullható vízmennyiség 3.g térképe is igazolja. A típus főleg tavaszi olvadási helyzetekre jellemző, Nyugat-Európában található a meleg nedves, a Kárpát-medencében pedig az átlag körüli potenciális vízkészlet.

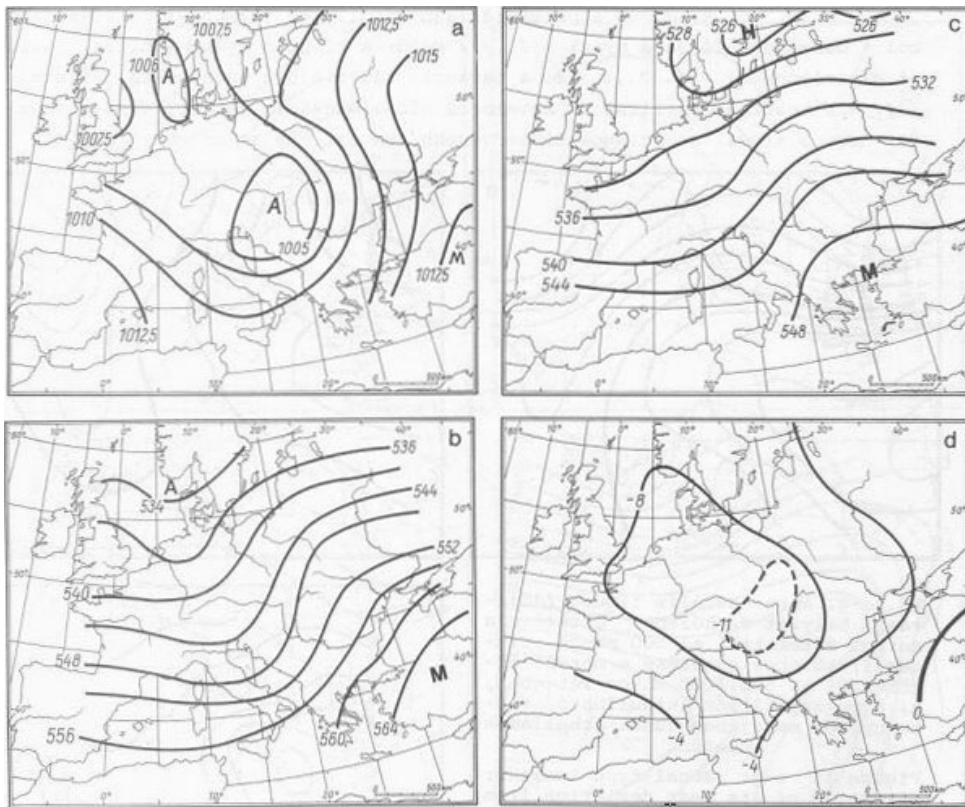


3. e-g ábra: a zonális típusú időjárási helyzet

e) közepes eltérés a normál értékektől az 500 hPa-os szinten, f) közepes eltérés a normál értékektől az 500/1000 hPa-os rétegben, g) a potenciálisan kihullható vízmennyiség dunai árhullámok esetén.

Vonuló mediterrán ciklon (m)

Ezt a típust az V./b ciklonok alkotják, amelyek a Dánia felett elhelyezkedő ciklonok peremháborgásaiként keletkeznek. A típus talajszinti *4.a ábrája* abban a fázisban mutatja a helyzetet, amikor a peremciklon a Kárpát-medence fölött tartózkodik, miközben az anyaciklon még Dánia felett található. Az 500 hPa-os szint (*4.b ábra*) izohipszái délnyugat-északkeleti irányban húzódnak végig a kontinensen, következésképpen az egész rendszer ilyen irányban mozog. Az 500/1000 hPa-os relatív topográfia – *4.c ábra* – alapján megállapítható, hogy a ciklon frontálzónája igen aktív.

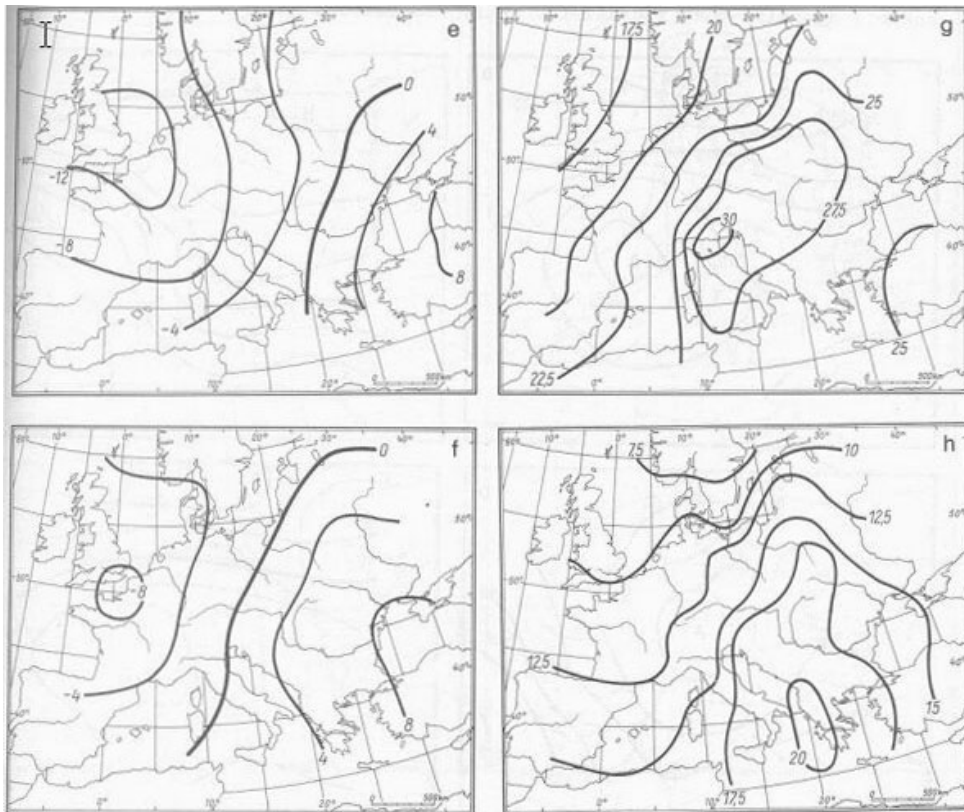


4. a-d ábra: a vonuló mediterrán ciklon

a) közepes talajmenti nyomástérkép, b) közepes 500 hPa-os térkép, c) közepes 500/1000 hPa-os relatív topográfia, d) a talajon vett közepes eltérések a normál értékektől.

A talajszinti nyomási anomália-térképen – *4.d ábra* – a peremciklon he-

lyén mutatkozik a legnagyobb eltérés a normál értékektől. Az 500/1000 hPa-os rétegre vonatkozó 4.e ábrán a középhőmérsékleti anomália-mező aktív frontálzóna jelenlétére utal. A nulla anomália a hidegebb száraz és a melegebb nedves területeket választja el egymástól – jobbra a pozitív, balra a negatív értékek találhatók.



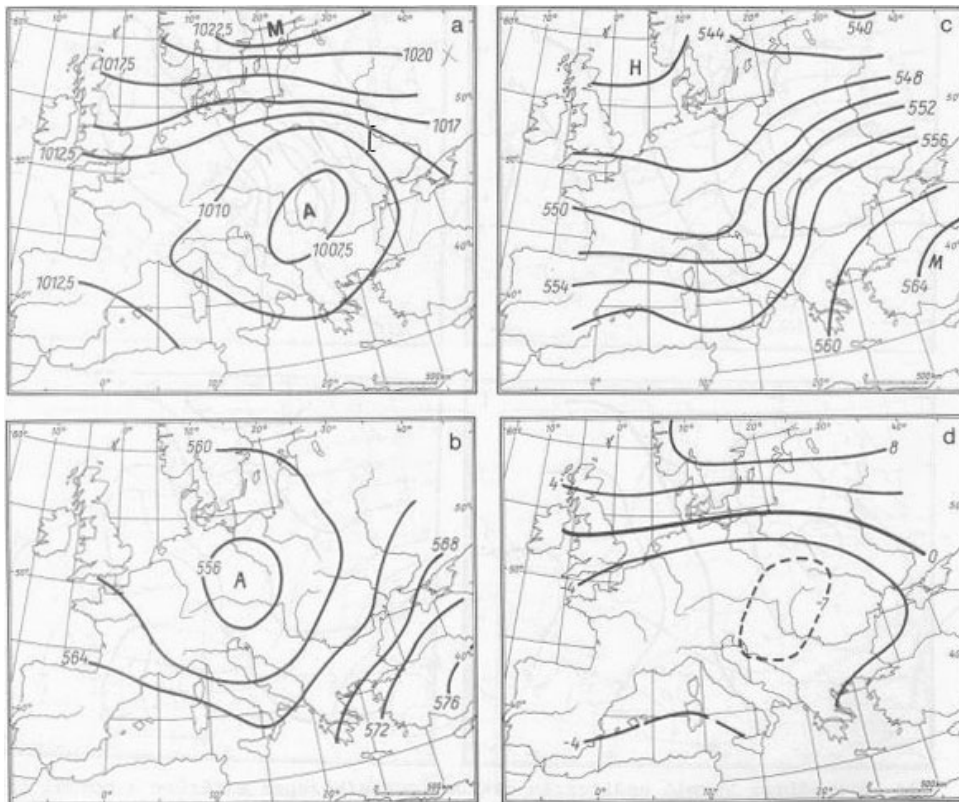
4. e-h ábra: a vonuló mediterrán ciklon

e) közepes eltérés a normál értékektől az 500 hPa-os szinten, f) közepes eltérés a normál értékektől az 500/1000 hPa-os rétegben, g) a potenciálisan kihullható vízmennyiség dunai árhullámok esetén, h) a potenciálisan kihullható vízmennyiség tiszai árhullámok esetén.

A kihullható vízmennyiség 4.g és h térképei a west peremháborgás mezőire emlékeztetnek. A nagy potenciális vízkészlet a vonuló ciklon meleg oldalán húzódik délnyugat-északkeleti irányba. A típus az átlagosnál nedvebb.

Centrum típus (c)

Ez a típus olyan ciklonális helyzeteket fed le, amikor a Kárpát-medencében keletkezett vagy ide áthelyeződött ciklon feltöltődése is itt megy végbe. A talajon skandináv anticiklonnal párosul, amely a ciklon mozgását akadályozza.



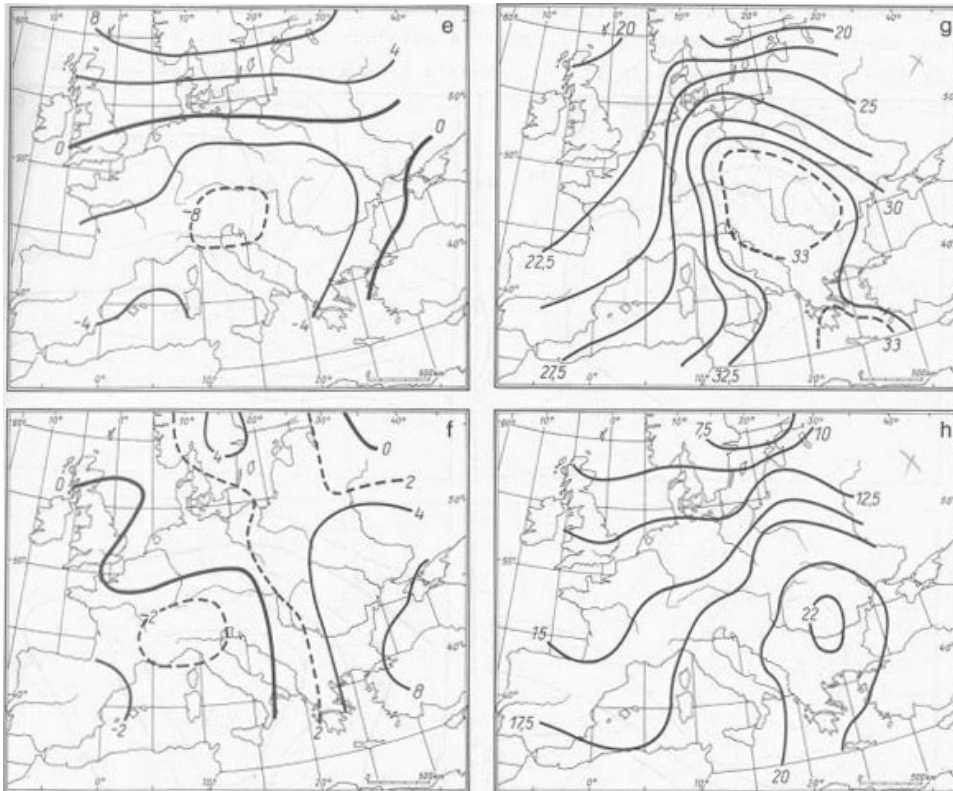
5. a-d ábra: a *centrum* típus

a) közepes talajmenti nyomástérkép, b) közepes 500 hPa-os térkép, c) közepes 500/1000 hPa-os relatív topográfia, d) a talajon vett közepes eltérések a normál értékektől.

A talajmenti nyomási anomáliák 5.d ábrája a bárikus háborgás hatását tükrözik. A fent említett blokkolási folyamat jól nyomon követhető az anomália-értékekben is – a Kárpát-medencében -7 hPa a legnagyobb negatív, Skandináviában $+8$ hPa a legnagyobb pozitív anomália értéke. Az 500 hPa-os térkép (5.e ábra) anomália-mezeje ehhez hasonló, az 500/1000 hPa-os réteg

anomáliái (5.f ábra) a frontálzónát a 40. és az 50. szélességi körök között mutatják.

A centrum típus vízkészlete – amint az 5. g-h ábrákról is látszik – valamennyi típusénál nagyobb. Ha ezt összevetjük azzal a ténnyel, hogy a Kárpát-medence zárt ciklonális cirkulációja ezt a meleg nedves levegőt a medencében tartja, és utánpótlása mind délkeletről, mind délnyugatról biztosítva van, akkor megállapíthatjuk, hogy ez a típus rendkívül veszélyes időjárási helyzetet képes teremteni a Duna és a Tisza vízgyűjtő területén egyaránt.

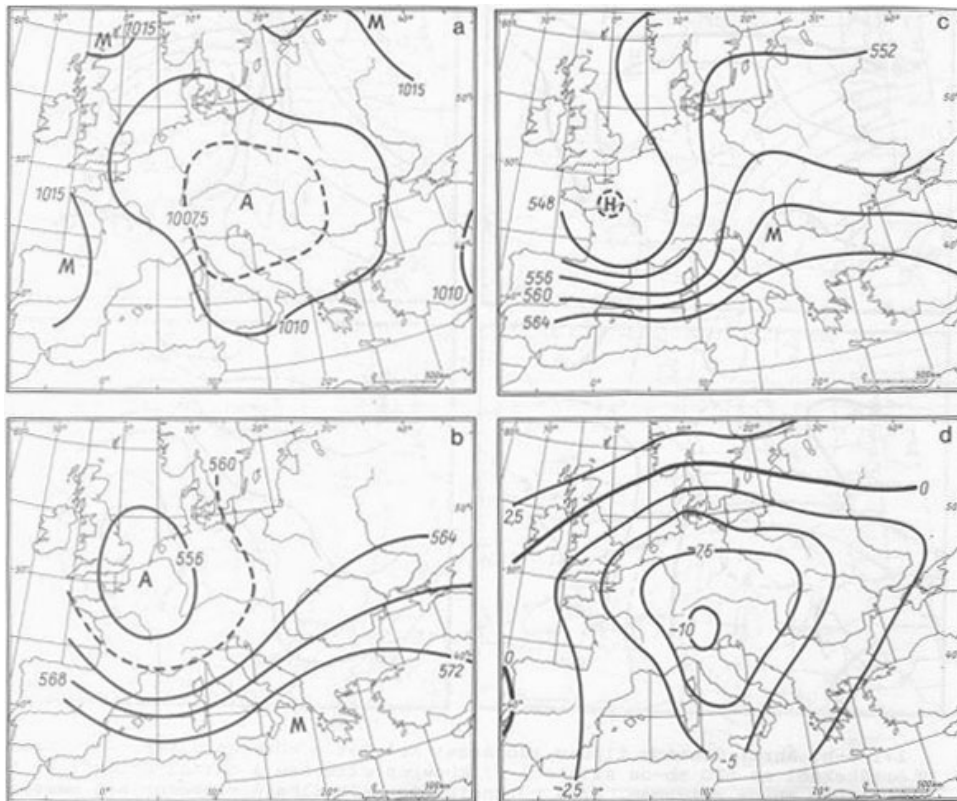


5. e-h ábra: a *centrum* típus

e) közepes eltérés a normál értékektől az 500 hPa-os szinten, f) közepes eltérés a normál értékektől az 500/1000 hPa-os rétegben, g) a potenciálisan kihullható vízmennyiség dunai árhullámok esetén, h) a potenciálisan kihullható vízmennyiség tiszai árhullámok esetén.

Nyugati ciklonhelyzet (cw)

A típus a nevét onnan kapta, hogy a magassági ciklon centruma tőlünk nyugatra, Franciaország fölött helyezkedik el. A talajon a *6.a ábra* alapján a ciklonális terület sokkal nyugatabbra terjed, mint a centrum típus esetében, ennek megfelelően az azori anticiklon kontinentális nyúlványa jóval fejlettebb. Az 500 hPa-os szinten a *6.b ábrán* a ciklon Franciaország és Dél-Anglia felett található, tehát tengelye északnyugat felé dől. Amint az az 500/1000 hPa-os relatív topográfián (*6.c ábra*) is jól látható, az alsó troposféra a Kárpát-medence területén viszonylag meleg, a Brit-szigeteken és Franciaországon át a Pireneusokig viszont markáns hidegteknő húzódik.

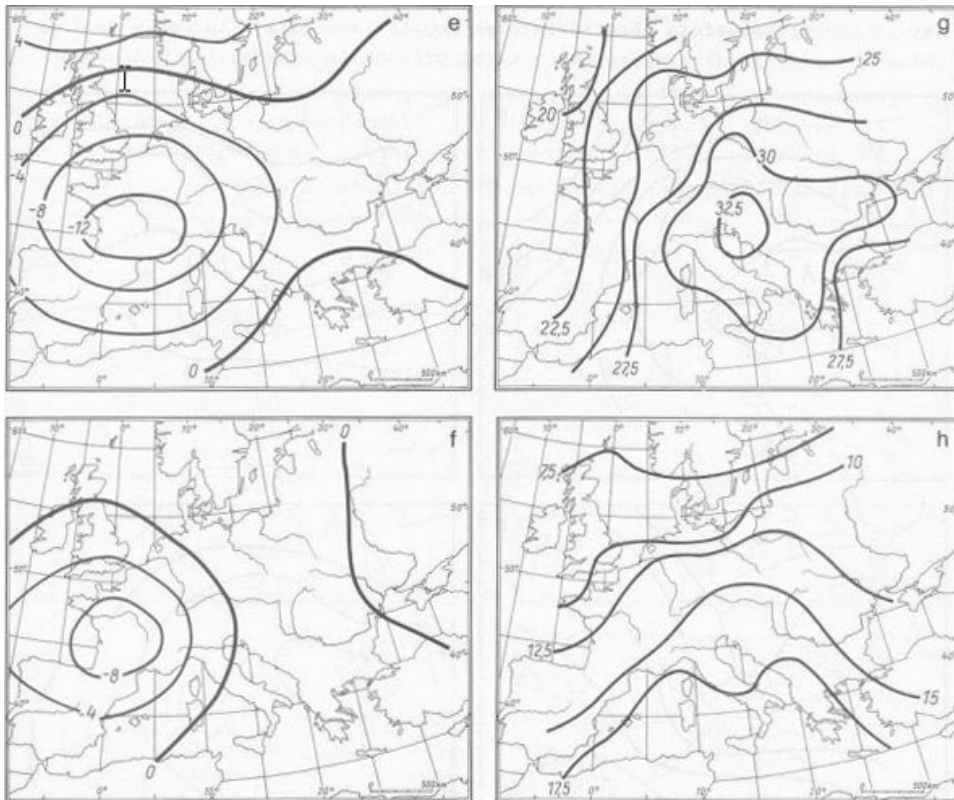


6. a-d ábra: a nyugati ciklonhelyzet

a) közepes talajmenti nyomástérkép, b) közepes 500 hPa-os térkép, c) közepes 500/1000 hPa-os relatív topográfia, d) a talajon vett közepes eltérések a normál értékektől.

Az anomália-térképek közül a 6.c, d ábrán a talaj-, valamint az 500 hPa-os nyomási szintre vonatkozó nagy negatív eltérések egész Nyugat- és Közép-Európára kiterjednek. A középtroposzféra hőmérsékleti mezejében a negatív anomáliák intenzív zárt gócot alkotnak. Szemben a többi ciklonális sémával, a nyugati ciklonhelyzet a Duna vízgyűjtő területére nézve kritikus időszakokban már fejlődésének kifejlett stádiumában van.

A potenciálisan kihullható csapadék – 6.g-h – ábráin is jól látható mindez: a meleg nedves levegőtömeg Észak-Adriától húzódik a Duna vízgyűjtője fölé. A típusnak igen magas a vízkészlete.

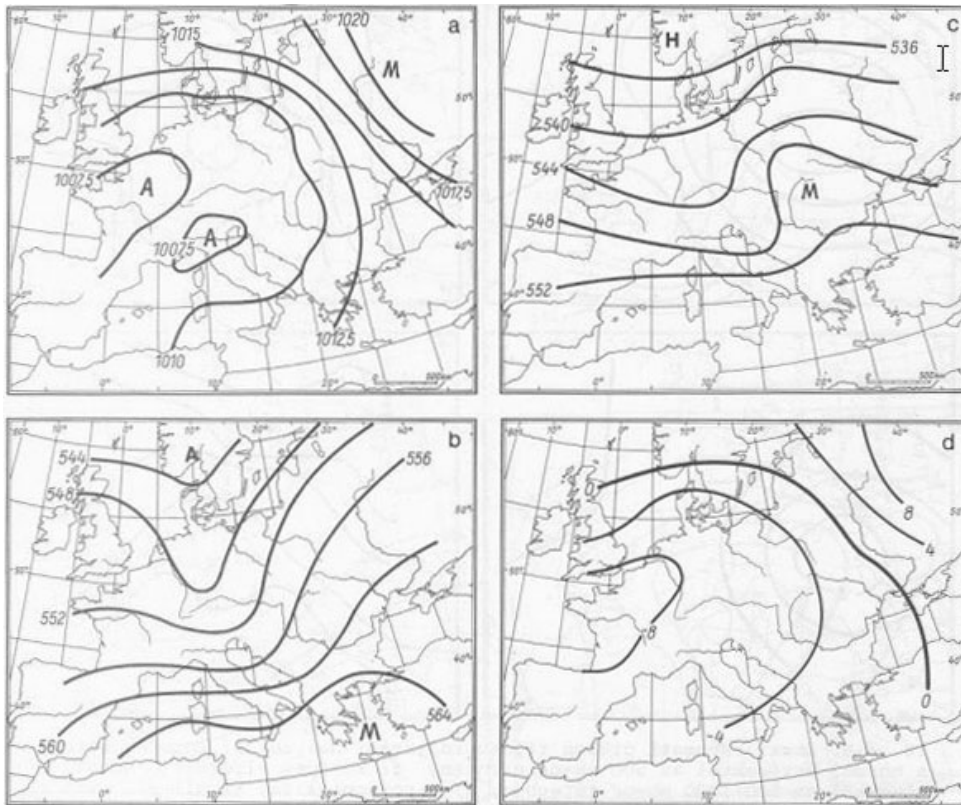


6. e-h ábra: a nyugati ciklonhelyzet

e) közepes eltérés a normál értékektől az 500 hPa-os szinten, f) közepes eltérés a normál értékektől az 500/1000 hPa-os rétegben, g) a potenciálisan kihullható vízmennyiség dunai árhullámok esetén, h) a potenciálisan kihullható vízmennyiség tiszai árhullámok esetén.

A hideg légcsepp típus (h)

Ez a típus a ciklogenetikus helyzetek speciális makroméretű fajtáját jelenti. Időnként előfordul, hogy a felső troposzférában a magas szélességek felől ciklonális légnyelv helyeződik át fokozatosan déli irányba. Ez a hideg légnyelv a szubtrópusi területekig nyomulhat előre. Leszakadva az eredeti forrásáról, magassági hideg légörvénnyé alakul. A folyamat rendszerint a talajra is áthelyeződik. Ez a fajta ciklogenezis mérsékeltövi ciklonoknál is gyakran előfordul, mérete, intenzitása igen eltérő lehet. Ez a hideg légcsepp típus kisebb



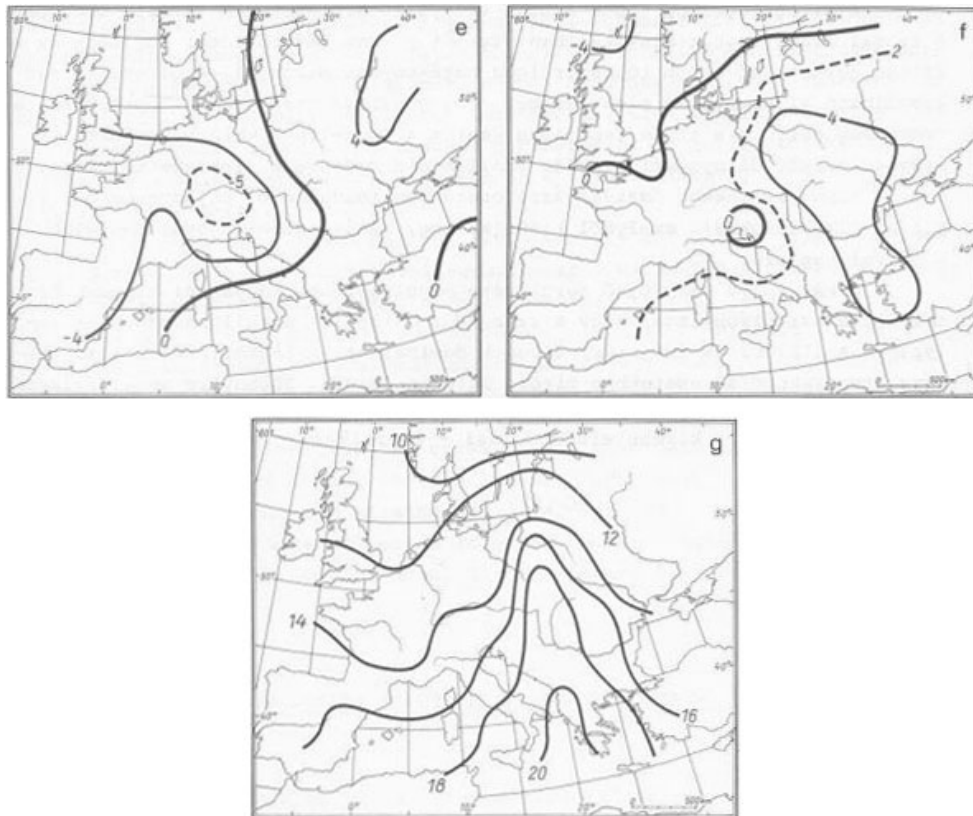
7. a-d ábra: a hideg légcsepp típusú időjárási helyzet

a) közepes talajmenti nyomástérkép, b) közepes 500 hPa-os térkép, c) közepes 500/1000 hPa-os relatív topográfia, d) a talajon vett közepes eltérések a normál értékektől.

méretekre korlátozódik, a 45-55. szélességi körök között található, általában Németország felett és ilyenkor a fenti szélességek között egy ciklonális zóna

alakul ki.

A talajtérképen (7.a ábra) két cikloncentrum látható – az egyik a Pó-síkság, a másik Franciaország felett. A Kárpát-medencében ilyenkor néha mezo- vagy regionális ciklon alakul ki, szórt vagy rendezett konvektív aktivitás kíséretében.



7. e-g ábra: a hideg légcsepp típusú időjárási helyzet

e) közepes eltérés a normál értékektől az 500 hPa-os szinten, f) közepes eltérés a normál értékektől az 500/1000 hPa-os rétegben, g) a potenciálisan kihullható vízmennyiség tiszai árhullámok esetén.

Az 500 hPa-os szinten a 7.b ábra alapján a teknő vonala Dániától Olaszország felé mutat, a Kárpát-medence fölött intenzív délnyugati áramlással. Az 500/1000 hPa-os relatív topográfián – 7.c ábra – jól látszik a meleg légnyelv a Kárpát-medence fölött és a hideg légnyelv térségünk mellett. Nyugat-Európában a ciklonhelyzet stacionárius, a Kárpát-medence térségé-

ben pedig ciklogenetikus. A ciklon haladását a kiterjedt szibériai anticiklon akadályozza.

Az anomália-térképek közül az 500 hPa-os szinthez tartozó *7.e ábrán* a talajközeli cikloncentrum fölött zárt negatív görbéket találunk. A középhőmérsékleti anomália mezejében a hideggóc az Adria északi része felett jelenik meg. A Kárpát-medence térségében magassági hidegadvekciónak megy végbe – ez kedvez a csapadék megerősödésének.

Ez a típus a Duna vízgyűjtő területén nem játszik szerepet, a tiszai ár-hullámok kialakításában viszont igen hatékonyak bizonyul, az átlagosnál jóval nedvesebb lévén. A potenciálisan kihullható vízmennyiség eloszlásából (*7.g ábra*) az tűnik ki, hogy a nedvesség gerince a Duna-Tisza közén húzódik. A nedves levegőt délnyugati áramlás szállítja a medencébe.

A fentiekben megállapított csapadékhatékony időjárási típusokat két csoportba lehet osztani. A ciklonális csoportba a vonuló mediterrán ciklon, a nyugati ciklonhelyzet, a centrum és a hideg légcsepp típus tartozik. A nyugatias csoportba a zonális, a west, valamint a west peremháborgási típus tartozik. A két csoport tulajdonságainak áttekintése azt bizonyítja, hogy a Duna és a Tisza vízgyűjtő területén az ár-hullámok kialakításában a ciklonális jellegű időjárási helyzeteké a domináns szerep, mivel a légkör potenciális vízkészlete ezekben a szituációkban átlagon felüli.

2. számú melléklet

Az időjárási katalógus 1980–1999 között

január	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31			
1980	m				z	m	m																	wp	wp			wp	wp					
1981	z	z	z	w											z	wp	w		m															
1982	cw	cw		w	w					w	w	wp														z	wp	w	z	z				
1983	z	z	w	w	w	w		w	w	w	z	z	z	wp	wp		z	w	w		z				z	w	w	w	w	wp				
1984	z	w	w	wp		z	m	m	m	m		z	z	w	w	wp	wp	wp	h	h	h		h	m	m				c	c				
1985		cw	cw	cw											cw	cw					wp	wp	wp	wp	w	wp			w	w				
1986	cw	cw	cw	cw		cw	cw					w	w	w	w					wp	w	wp	w	wp	m				cw	cw				
1987	w	cw	cw		z	wp							h	cw	cw	cw																		
1988		z	wp	wp	w	w	m	m			h											m	m						cw	wp				
1989						z	z	z	z	z																								
1990																	z	w						z	w	wp	w	wp		w				
1991	w	wp	z	w	wp	wp	w	w	w	w	z		cw																					
1992				w	w				cw	cw																								
1993							z	z	z	z	w	w	w								z	z	w	w			z	z						
1994	m	w	w	wp	w	wp	cw						w	w	cw											z	w	w	w	z	z			
1995	wp	wp								z	w											w	w	wp	w	wp	w	wp	w	w	z			
1996	c	c																						cw										
1997					cw	cw																												
1998			z	w	w	w	w	w					cw	cw		wp	wp	wp	wp	m	m													
1999							w	w	w	cw	cw	cw		w											z	z	m	m	m					

február	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29								
1980	wp	wp	wp	m	m																																
1981			w	w	wp		z	z		cw	wp	wp							c	c																	
1982								z	c														cw	cw	cw	h	h										
1983	w	wp	wp			wp	cw	cw	cw	cw	c	c																									
1984				z	w	w	w	w															cw	cw	cw	cw	cw	cw									
1985	z	z								h	h	h																									
1986	cw	cw						h	h	h	h	h	h				cw	cw	cw	c	c																
1987							z	z	z	w	wp	cw	cw	cw	cw	cw	cw	cw	cw	cw	cw																
1988		wp	w	w	wp	w	wp	wp	wp	wp	h	w												m	cw	cw	cw					m					
1989													z	z	z	z	z	z	z	w	w	w															
1990											z	wp	wp	w	w																						
1991								cw	cw	cw	m	m				h																					
1992					w					w	w		wp	wp	w	wp																					
1993																			z	z	m	m															
1994																																			cw		
1995												w			z	wp	z	wp	z	z		w	w	w	w	w	wp										
1996		cw	cw	wp								cw	cw	cw		z	z	w	cw	cw	cw																
1997										w	w	w	w	w					z	z	z	z															
1998			w	w												z						wp													z	z	z
1999				z	z		m	m	cw	cw	c	c	c		z	z	z				w	wp	m													wp	

április	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1980		wp	m	c																	m	m	c							
1981	cw	cw																	c	c				cw	cw	cw		w	z	
1982							wp	w	wp	wp	w	wp						h	h				h	h				h	h	
1983	cw	cw	cw	cw	w	w	w	w			wp	m	m								m	m	m			cw		wp	wp	
1984	cw	cw	m	m	m						cw																			
1985									wp	wp		cw	cw	wp	m								h	h	h	wp	wp	m	m	
1986								cw	cw	cw		cw	cw	cw			cw	cw	cw	cw	w	wp	wp	m	m	cw	cw	cw	c	
1987		h							wp	cw	h	cw	c								z	wp								
1988	h								wp	wp	w	cw	cw																	
1989									h				cw	cw	c	cw	cw	cw	cw	cw	h	cw	h			cw	cw	h	c	
1990															m	m		h	cw	cw	cw	cw	c	c						
1991																				m	m					cw	h	c	h	
1992	cw	cw	wp	wp	cw	wp	h	cw				wp	w	wp	m					z							w	wp	m	
1993			cw	cw	h	w	m				cw	cw	cw	cw																
1994	wp	wp								cw	cw	cw	cw																	
1995				z									c	c	h	m	m				cw	cw	cw	cw	c	c			h	
1996																														
1997											z															cw	cw			
1998								cw	cw	cw	cw	cw	cw				cw	cw	c	c								m	cw	cw
1999							z	z			w	w	m	m	cw	cw	cw	m				wp	cw	c	c					

május	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31			
1980						c	cw	cw	m	m																	cw	cw	wp	m				
1981	wp	wp	wp	wp	m	m					cw	cw	c	c											wp	cw	m	m	h	h				
1982	w	w	w	wp	wp	wp	cw	cw	cw	m	m	wp	wp	wp			wp	wp				z		wp	c									
1983		wp						wp	m	m	wp	wp	wp	wp			cw	cw	cw			m	m	m	m	c		cw	cw					
1984	h	h			cw	cw	wp	wp	h	c	c	c	c	c	c	cw	cw				cw	cw	cw	cw	cw	cw	cw	cw	h	h				
1985						cw	cw	cw	cw	cw		cw	cw	cw	c	c					cw	cw	cw	cw										
1986													wp	wp	wp									z	w			wp	wp	wp	c			
1987				wp	m	m				z	wp	w	wp	m			wp	wp	cw	m	m	c					cw	m	cw	h				
1988									cw	cw			cw	cw	cw	cw						h					c	h	cw	w	wp	wp		
1989	c	c											wp	wp	wp	h					h										wp	wp		
1990											cw	cw		w	w						cw	cw	cw			wp	wp	wp						
1991	cw	cw	cw	cw	cw	cw	cw	w			c	c				w	c	c	c															
1992									w	w	wp																							
1993																																		
1994					h	h				h						wp	cw	cw	cw	cw						c	cw	m						
1995												cw	cw						wp	wp								h						
1996	cw	cw	cw	wp	wp		cw	cw	cw	cw							cw	cw	cw	cw						wp	w	wp	m					
1997					wp	wp	wp	c	c	w							cw	cw	cw	cw	cw	cw							c					
1998	cw	cw		m	m	w																						cw	cw	cw	cw	cw	cw	
1999									h			w	w	wp	h			cw	cw	cw	c	h	h											

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1980	m								cw	cw					wp					wp	wp	wp				m	m	h	h		
1981		cw	cw	z	wp	c	h	w	wp	w					z	w	wp	wp	c			h	h		cw	cw	cw	cw			
1982												wp	wp	wp								cw	wp	wp		wp	m	m	w	w	
1983									w	w				c								c					m				
1984				cw	cw	cw	h	h																			wp	wp			
1985						wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	w						cw	cw		h	h								
1986	c	cw	cw	m	m	m												wp	wp												
1987			w	w	wp	w	w	m	m	m					cw	cw				cw	cw	h				wp					
1988	wp	w		wp	wp	cw	cw	cw				c	h	h									h	h	h	h	h	h	h		
1989	wp	cw	cw	cw	cw	cw	cw														c	c	h	h	h		wp	w	w	w	
1990				wp	w	w	h	cw	cw	cw	h										wp	wp	wp	w							
1991			wp	wp	wp		cw	cw				w	wp	w	wp	wp		cw	h	h					w	wp	wp				
1992			cw	cw	cw	cw	cw	cw	c	c	c	c	c							cw	cw	cw	cw								
1993			c	c							cw	cw	cw				w	w		wp	wp	wp	cw	w	w						
1994				wp	wp	wp										w	w														
1995	m	m	m			h	h				cw	cw	cw		h	z	w	w													
1996				w									w			z	w	w	w	wp	cw	m	m						wp	w	
1997		cw	cw		cw		h					wp	wp	w	w	cw			cw	h		wp	wp	wp		cw	cw	cw	cw		
1998	w	w	wp	wp		cw	cw	wp	h	wp	m	m	m		wp	wp	w					w	w					wp	w	wp	
1999			wp	wp	wp	m	wp	wp	wp		h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	wp	c									

július	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
1980	w	wp					w	wp	m	m					wp	wp		w	w	wp	m	m	c				h					
1981	w		cw	wp									h	z		w	cw	cw	h	h	h			m	m							
1982				wp	wp	w	w				c	c	e	h	h				h	h		h	h		c	c	c					
1983													h	h	h												cw	cw	w	w		
1984												wp	wp	wp	wp	wp										cw	h	h		z	z	
1985	wp	wp						wp	w											wp	wp	w					w	w	wp	wp		
1986							wp	wp																wp	w							
1987									wp	z						cw	cw	cw	cw	cw	cw	cw	cw	wp	wp	wp						
1988			cw	cw	cw	wp	wp							wp	wp	h													wp	wp		
1989											h	h	h	wp	w																w	
1990	wp	wp	wp	h	w	wp	m		w	w	h																				wp	
1991														wp	wp	w	w	wp	c		wp					cw	m	c	c	cw		
1992	cw			cw	cw	cw					h	h	h					w	z									w				
1993						wp				wp	wp	m				w	w	wp	cw	m	m	m				wp	wp	w				
1994																			cw	h	h											
1995			wp	wp																			wp	w			cw	cw	cw	h		
1996	w	wp	wp	wp	wp	wp	wp	h																					wp	wp	z	
1997	cw	cw	cw	cw	m	m	c	c									cw	cw	cw	cw	cw						h		w	w	w	
1998						w	wp	m					wp	wp	w									w	w				m	m	wp	
1999					w	wp	h	h			h	h	h	w	w								wp	wp	h							

augusztus	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31						
1980			wp	wp	w			cw	wp		wp	wp				cw				z	z	z					h	h	wp	wp	wp						
1981							cw	cw	cw	cw	h	h				z	wp	w	w	w	wp	z									cw						
1982			cw	cw	cw	cw	c						wp	wp	w	w	wp	w	w	wp	wp	wp			w	w	wp	wp									
1983		m	m	m	m	c	h	h			h						cw					cw	cw	cw	h												
1984						wp	cw	cw	cw	cw													cw	cw	cw												
1985	wp	z	w		w	wp	cw	c	c														wp	wp	wp	wp	m										
1986																		wp	wp	wp	wp		wp	wp	m												
1987	w	w	w	wp	wp									w	w	w		cw				cw	cw	cw	cw	cw	wp	wp	wp	wp	wp						
1988			wp	wp	h						wp	w	w	wp	wp	w	w			wp	wp	m	m		wp	w											
1989	wp			h					wp	w	w												w	w	w	w											
1990																	wp	wp	w	w	w																
1991	cw	c	c					cw										wp	wp	w	w																
1992				w	z					wp				wp	wp							wp	c												wp		
1993	w					w				w	w						z	z					cw	wp			cw	h	h	h	h	h	h	h	h		
1994										cw	cw	cw		w				m	m						h	c								w	w	cw	
1995			h	h		cw	cw	cw												h			wp	wp	wp	w									m	m	
1996											cw	cw	cw	cw	m	m	c									wp	wp	cw	m	m	m	m	m	m	m		
1997																																					
1998													wp	w																							
1999									wp	wp	wp			w	wp	w	w	wp	wp																		

szeptember	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30				
1980	m									z	w										cw													
1981	cw												m	m						w	w	wp	wp	wp	h	h	cw	cw	cw					
1982							cw	cw														wp	wp	wp										
1983			wp	wp	w	w			w	wp	wp	m			w	wp	wp	h													c			
1984			w	wp	wp	wp	cw	cw		wp	wp				cw	cw	cw	cw			c	c	c	cw	cw	cw								
1985			wp	wp													z																	
1986			w	wp																														
1987								w	w														wp	wp	wp	wp								
1988			wp	wp	w							w	wp	m	h	h								w	w	z				wp	wp			
1989			h	h											w	w												h						
1990	h	h																wp		wp	wp	w	w	wp	wp									
1991																	w	w	z				wp	w	w	cw								
1992	m	w		wp	m	m		w	wp													cw	cw											
1993													cw	cw	cw	cw									cw	cw								
1994	cw	m	m	m	h				m					cw	cw		m	h		c	c			cw	cw	cw								
1995	m			m				cw	cw				cw	m	m	cw	cw	cw	cw	cw	cw				w			wp						
1996												wp	m							cw	cw	cw	c	c										
1997					wp	wp	wp	w	w	w	w		wp	wp																				
1998			cw			h	h					cw	m	m		w	wp	c										cw	cw				m	
1999	c	c													cw							wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	w	wp	wp			

október	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31					
1980									m	m	c	cw	c	c		cw	cw	m	m					wp	wp											
1981	c	cw	cw	wp	wp					wp	wp	w	wp	wp			cw	cw	w	w	wp	m	m	m	m	cw	cw				w	w				
1982						cw	cw	cw	cw					wp	wp									cw	h	h										
1983								w	wp	w	wp	wp				wp	wp	wp																		
1984	wp	wp	h	c	cw	cw													wp	wp	wp	w	w	w	w	wp	wp									
1985																																		cw	cw	
1986																					w	w	wp	wp		wp										
1987							wp		h			cw	h	h							w	w	wp	wp		wp										
1988						wp	wp	wp	w													cw														
1989								cw	cw	c			z		w																					
1990						z	z										cw	cw	cw													wp	w	w		
1991	wp	w					cw	cw	h			cw	cw	cw	h	h		wp	wp	m	m	c														
1992			cw	cw	cw	cw	cw									wp	wp	m			wp	m		wp	w							wp	cw			
1993		cw	cw	m									wp	cw	wp									c	h											
1994			wp	wp				h															wp	w	wp	wp										
1995																																				
1996	wp	m	m					w	w	w	w	wp	wp				cw	cw	cw	c												wp	w	z		
1997		z																																		
1998	cw	cw	cw	cw	cw	cw	cw	h	h	h	w	w	w		z	z								w	wp	w	w	wp	wp	wp	wp	w	w			
1999	w	w	wp	wp	m																															w

november	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30				
1980										m		m	m		w	w		wp	wp						wp	wp	m	m	m					
1981		w	w										z						z	z	z	w	w	w	wp	wp	w	wp	m	m				
1982									wp	wp			wp	wp	wp	c			w	w	w			wp	wp	wp								
1983	z																								w	w	m	m	w					
1984																wp	wp	wp	c	c	c	w	w	w	w	w	wp	wp						
1985	wp	wp	wp	wp	wp	wp	w			wp	wp	wp	wp	c								wp	wp	wp	wp	wp								
1986						z																wp	wp	wp	wp	wp								
1987									wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	w	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp			
1988	w	w																																
1989																																		
1990	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp			
1991			w	wp	wp	w	z	z	w	wp	z	w	wp	wp	wp	wp	c	c	wp	wp	c	h	c	h	h	c								
1992				wp	wp						w	wp				wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp		
1993																																		
1994	w									wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp		
1995		m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	
1996	z	z							wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	
1997																																		
1998	w	w	wp	wp	wp	w	w	z	z	z	z	w	wp	w	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	
1999																																		

december	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31					
1980	c													w	w						m				z	z	wp	m								
1981	m	m	m	h	wp	w	wp	w	wp	w	wp	wp	m	m	w	c	c	wp	m	m	m	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp			
1982									wp	wp	wp	wp	wp	wp	z	w	wp	m	c			wp	wp					z								
1983								z	z	wp	wp										wp	wp	wp	w	w	w	z	z	z	z	z	z	z	z		
1984																		w	wp		z	z				c	c									
1985						wp	w	wp							z	z	z	w	w	w	w	wp				wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp		
1986																		w	w	wp																
1987																		z	z	z																
1988	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	wp	
1989																																				
1990																																				
1991																																				
1992																																				
1993																																				
1994																																				
1995																																				
1996																																				
1997																																				
1998																																				
1999																																				

3. számú melléklet

Árvízi időszakok 1980–1999 között

Duna:

1981.03.10–03.15.	1991.07.24–08.07.
1981.07.11–07.25.	1994.04.11–04.21.
1985.07.30–08.11.	1997.06.26–07.10.
1988.03.11–03.29.	1997.07.17–07.23.

Tisza:

1980.06.18–07.10.	1989.05.06–05.14.
1980.07.21–07.27.	1989.12.17–12.21.
1980.11.04–11.14.	1991.05.19–05.22.
1981.03.10–03.16.	1992.04.02–04.11.
1981.12.01–12.05.	1992.10.16–11.03.
1982.01.01–01.09.	1993.12.14–12.24.
1983.03.19–04.09.	1994.04.10–04.24.
1985.01.22–01.27.	1995.04.23–04.30.
1985.03.23–03.28.	1995.05.01–05.04.
1985.04.07–04.16.	1995.11.16–11.20.
1985.04.24–05.07.	1995.12.23–12.28.
1985.05.18–05.27.	1996.01.01–01.04.
1986.04.17–04.27.	1998.04.09–04.25.
1986.04.10–07.13.	1998.06.12–06.22.
1987.03.29–04.06.	1998.07.02–07.13.
1987.04.09–04.15.	1998.10.28–11.09.
1988.03.12–04.02.	1999.02.11–03.11.
1988.04.13–04.15.	1999.04.13–04.26.

Irodalomjegyzék

- [1] Bauer Mária–Hankó Zoltán: Hozzászólás Grauzer Balázs–Bartha Péter: Az 1970. és 1998. évi felső-tiszai árhullámok összehasonlítása, árvízi szimulációs vizsgálatok c. cikkéhez, *Vízügyi Közlemények*, **82.**, 2000. 1. füzet, 147–150.
- [2] Bartha Péter–Bartha Péterné: Az 1991. évi dunai árvíz hidrometeorológiai viszonyai, *Vízügyi Közlemények*, **75.**, 1993. 1. füzet, 28–41.
- [3] Bodolainé Jakus Emma: Árhullámok szinoptikai feltételei a Duna és a Tisza vízgyűjtő területén, *OMSZ Hivatalos Kiadványai* 56. kötet, 1983.
- [4] Bodolainé Jakus Emma: Közép-Európában kialakuló mezoléptékű konvektív rendszerek konceptuális modelljei, *Légkör*, **42.**, 1997. 4. szám, 10–16.
- [5] dr. Bonta Imre: Árhullám a Tiszán, *Légkör*, **41.**, 1996. 1. szám, 10–12.
- [6] dr. Bonta Imre: Századunk nagy árvizei meteorológus szemmel, *Hidrológiai Közlöny*, **78.**, 1998. 1. szám, 33–39.
- [7] Domonkos Péter, Szinell Csaba, Szalai Sándor, Konkolyné Bihari Zita, Hursán Mihály: Az 1999. évi belvizek kialakulásának meteorológiai okai, *Légkör*, **45.**, 2000. 2. szám, 11–16.
- [8] Grauzer Balázs–Bartha Péter: Az 1970. és 1998. évi felső-tiszai árhullámok összehasonlítása, árvízi szimulációs vizsgálatok, *Vízügyi Közlemények*, **81.**, 1999. 3. füzet, 354–387.

-
- [9] Homokiné Ujváry Katalin: Őszi árvíz a Tiszán, *Légekör*, **44.**, 1999. 1. szám, 2–6.
- [10] Homokiné Ujváry Katalin: A medárdi negyven nap, *Légekör*, **44.**, 1999. 3. szám, 2–5.
- [11] Homokiné Ujváry Katalin: A víz az úr?... , *Légekör*, **45.**, 2000. 2. szám, 24–28.
- [12] Homokiné Ujváry Katalin: Márciusi árvíz Kárpátalján, *Légekör*, **46.**, 2001. 2. szám, 2–5.
- [13] Homokiné Ujváry Katalin: A 2002. évi augusztusi dunai árvíz, *Légekör*, **47.**, 2002. 3. szám, 2–5.
- [14] Homokiné Ujváry Katalin – Nagy Zsuzsanna – Takács Ágnes: Az 1980. évi Tisza-völgyi árvíz időjárási feltételei, *Vízügyi Közlemények*, **61.**, 1981. 2. füzet
- [15] Horváth Sándor: A csatornázás hatása a magyar Duna jégjárására, *Vízügyi Közlemények*, **42.**, 1960., 527–570.
- [16] Illés Lajos – Jeczkó János: A Tisza felső szakaszán kialakult szélsőséges kisvízállások vizsgálata, *Vízügyi Közlemények*, **74.**, 1992. 3. füzet, 266–279.
- [17] Illés Lajos – Konecsny Károly: Az 1995. decemberi felső-tiszai árhullám hidrológiája, *Vízügyi Közlemények*, **78.**, 1996. 1. füzet, 30–49.
- [18] dr. Kovács György – dr. Domokos Miklós: A kisvízi események jellemzőinek becslése, *Vízügyi Közlemények*, **78.**, 1996. 4. füzet, 386–408.
- [19] Lászlóffy Woldemár: A jeges árvizek magassága, *Beszámoló a VITUKI 1956. évi munkájáról*, 75–84.
- [20] Szappanos Zoltán: Az 1989. évi tiszavölgyi árvizek, *Vízügyi Közlemények*, **72.**, 1990. 1. füzet, 4–21.

- [21] Szlávik Lajos: A 2001. márciusi árvíz a Felső-Tiszán, *Hidrológiai Köz-
löny*, **81.**, 2001. 4. szám, 2–6.
- [22] dr. Szlávik Lajos – Bálint Gábor: Az 1997 tavaszi-nyári ár- és belvizek és
a védekezési munkák, *Vízügyi Közlemények*, **79.**, 1997. 4. füzet, 423–465.
- [23] dr. Vágás István: A 2001. márciusi árhullám a Közép- és Alsó-Tiszán,
Hidrológiai Közlöny, **81.**, 2001. 4. szám, 7–9.
- [24] dr. Vágás István: A Tisza árpilisi árhulláma, *Mérnök Újság*, 2000. július,
12–13.