

EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM
TERMÉSZETTUDOMÁNYI KAR
FÖLDRAJZ- ÉS FÖLDTUDOMÁNYI INTÉZET
METEOROLÓGIAI TANSZÉK

A SZÉLMEZŐN ALAPULÓ CIRKULÁCIÓS INDEX ALKALMAZÁSA BLOCKING HELYZETEK FELISMERÉSÉRE

DIPLOMAMUNKA



Készítette:

VERÉB KATALIN

V. éves meteorológus hallgató

Témavezető:

Dr. Gyuró György meteorológus, egyetemi docens
Országos Meteorológiai Szolgálat
ELTE Meteorológiai Tanszék

Budapest, 2008.

Tartalom

1. Bevezetés	3
2. A blocking vizsgálatának eddigi eredményei	5
2. 1. A korai szakirodalom áttekintése	5
2. 2. A jelenség lehetséges definíciói	6
2. 3. A blocking események időbeli hosszának kérdése.....	7
2. 4. A blocking események intenzitásának kérdése	7
2. 5. A térbeli kiterjedés kérdése	8
3. A blocking események klimatológiája	10
3. 1. Évszakos vizsgálatok.....	10
3. 2. Időbeli és térbeli vizsgálatok	11
4. Kapcsolat blocking események és más jelenségek között.....	13
5. A blocking keletkezésének elméleti magyarázata	14
6. A blocking helyzetek tipizálása.....	15
7. Az adatbázis bemutatása.....	18
8. A módszer leírása	19
8. 1. A vizsgált terület.....	19
8. 2. Vizsgálat tesztadatokkal	19
8. 3. Számítások a valós adatbázissal	20
9. Eredmények	22
9. 1. A blocking események időbeli eloszlása.....	22
9.1.1. A blocking események havi és évszakos eloszlása	24
9.1.2. A blocking események évenkénti vizsgálata	26
9.1.3. A blocking események időbeli vizsgálata ötéves átlagolással.....	28
9. 2. A blocking események térbeli eloszlása.....	30
10. Esettanulmányok	33
10. 1. Az esettanulmányok kiválasztása	33
10. 2. Esettanulmány I.	33
10. 2. 1. Az európai szinoptikus helyzet.....	33
10. 2. 2. Magyarország időjárása.....	36
10. 2. 3. A blocking jelenség hatása Magyarország időjárására.....	37
10. 3. Esettanulmány II.....	38
10. 3. 1. Az európai szinoptikus helyzet.....	38
10. 3. 2. Magyarország időjárása	41
10. 3. 3. A blocking jelenség hatása Magyarország időjárására.....	41
11. Összefoglalás	42
12. Hivatkozások	44
Függelék	46
Köszönetnyilvánítás	60

1. Bevezetés

A mérsékelt szélességeken a nyugat-kelet irányú áramlás a domináns, csak időnként válik meridionálissá. A zonális áramlás megszakadását, amikor meridionálissá válik, és ez tartósan fennmarad, nevezzük blockingnak. Ennek oka abban keresendő, hogy az áramlást tartósan egy helyben veszteglő anticiklon blokkolja, ebből ered a jelenség neve is. Szinoptikus skálájú a rendszer, mely többnyire nem csak anticiklonból áll, hanem ciklonok is kapcsolódhatnak hozzá. (Részletesebben ld. pl. Gyuró, 2007.)

A blocking jelenségkör részletes vizsgálata az 1940-es években jelent meg a meteorológiai szakirodalomban. A kutatások egyik úttörője Daniel Rex amerikai meteorológus volt (Rex, 1950a és 1950b). Manapság is sok publikáció jelenik meg ebben a témában. Több okból is időszerű a jelenség kutatása. Egyik oldalról több napig fennálló jelenségről van szó, tehát nem csak a rövidtávú előrejelzést befolyásolja. Nagy térségekre terjed ki, és ott szélsőséges időjárást okozhat, ha huzamosabb ideig fennáll. Kutatások (pl. Gyuró, 2001 és 2002, Tóth és Gyuró, 2006) kimutatták, hogy jelentős eltérést okoz a hőmérsékleti és csapadék mezőkben. Másrészt tanulmányozzák más jelenségekkel a kapcsolatát. Az ENSO, NAO, viharciklonok vagy napfolttevékenység összefüggését vizsgálták, illetve kölcsönhatásukat. A legfrissebb kutatások, például Lupo et al. (2008) kapcsolatot keresnek az éghajlatváltozás és a blocking kapcsolata között, vizsgálják, hogy gyakorisága milyen összefüggésben van a klímaváltozással.

Fontos ismernünk a blocking tulajdonságait, hogy felkészülhessünk a szélsőséges időjárásra. Már Rex (1950b) is kimutatta, hogy a blocking területén a csapadékban és a hőmérsékletben jelentős pozitív és negatív anomáliák mutatkoznak meg. Manapság egyre többször fordul elő szélsőséges időjárás Európa területén, főleg Nyugat-Európában. Áradások vagy szárazságok egyik okozója a blocking tevékenység is lehet.

Az 1950-es évektől egyre több olyan definíció vagy kritérium született, mely alapján a jelenséget lehet tanulmányozni. Különböző indexeket definiáltak, hogy megkönnyítsék a blocking helyének meghatározását.

Ezek ellenére a változatos definíciók, tartományok és időbeli vizsgálatok nem teszik lehetővé, hogy összehasonlíthatóvá váljék a blocking jelenség. Mégis az 500 hPa-on megjelenő áramlási kép alapján a jelenség tényleges mivolta meghatározható. Az időben egymás után következő térképek pedig az időbeli fennmaradást mutatják meg.

Az északi és a déli hemiszférára külön és együtt is folytak kutatások, hogy melyik terület kedvez fennállásuknak, milyen intenzitásúak vagy melyik évszakban gyakoriak. Ezek a tanulmányok kimutatták, hogy az egyik legjelentősebb előfordulási területük Európa nyugati része és az Atlanti-óceán keleti fele. Jelentős befolyással bír kontinensünk időjárására a blocking, fennállásának időtartamában.

Vizsgálatunk tárgya ezért is volt Európa és az Atlanti-óceán keleti része. Az indexek közül egy új keletű indexet használtunk, az 500 hPa-os főizobárszint szélmezője által határoztuk meg a blocking jelenségét. Célul tűztük ki, hogy megmutassuk az általunk választott blocking index visszaadja a jelenséget. Több fajtája is van a tartósan fennmaradó anticiklonoknak, ahogy az esettanulmányban látni fogjuk. Az általunk használt index ezt is jól tükrözi. A vizsgálatokhoz használt számítógépes programot C++ programozási nyelven írtuk meg.

A diplomamunka első részében szakirodalmi áttekintés található a blocking több jellemző tulajdonságairól. A 7. fejezettől az adatbázist, az elvégzett vizsgálatokat és az eredményeket mutatjuk be, végül két esettanulmányon keresztül szemléltetjük blocking hatását Európára, de főleg hazánk időjárására.

2. A blocking vizsgálatának eddigi eredményei

2. 1. A korai szakirodalom áttekintése

Tartós magas nyomású terület első említésével Gariott 1904-es publikációjában találkozunk. Ő kvázi-stacionárius anticiklonról beszélt. Az 1940-es években egyre többen foglalkoztak a blocking jelenségével, mivel a széleskörű mérések adatokat szolgáltatottak. A jelenség első részletes leírását Namias (1950), ill. Elliott and Smith (1949) adták meg. A kutatók abban az időben szubjektív módon, térképek segítségével határozták meg a blocking helyét.

Namias (1950) a jelenség definiálásakor megszabta, hogy minden szinten csökkenjen a cirkuláció zonális összetevőjének intenzitása, valamint leírta, hogy a folyamat több hétig is eltarthat. A blokkoló anticiklon magja meleg, mely magasabb szélességen jelentkezik, míg ciklon mag hideg, mely délebbi szélességeken található meg.

Elliott and Smith (1949) a jelenséget úgy definiálták, hogy a zonális áramlás kettészakad, és létrejön egy tartós magas nyomási képződmény, mely magasabb szélességeken jelenik meg, és hozzá kapcsolódik egy alacsony nyomás, alacsonyabb szélességeken. Feltételezték, hogy a blokkoló anticiklonnak van ciklon párja is. Hosszabb időszakot vizsgálva, kapcsolatot kerestek a napfolttevékenység és a jelenség között. Két blocking eseményt (1944. február 13-29. és 1948. március 31 - április 3.) részletesen elemeztek.

Rex (1950a és 1950b) kiterjesztett vizsgálatokat folytatott a blockinggal kapcsolatban az északi hemiszférán. Ő határozta meg az első komplex kritériumrendszert a jelenség vizsgálatára.

Az 500 hPa-os főizobárszint adataiból indult ki, és meglehetősen szigorú követelményeket állapított meg:

- a) a nyugatias alapáramlás két részre szakadása
- b) mindkét ágon jelentős légtömeg áramlása észlelhető
- c) a kettős jet-rendszer minimum 45 hosszúsági foknyi területre való kiterjedése
- d) éles átmenet a zonális és a meridionális áramlási típus között
- e) a jelenség folyamatos fennmaradása legalább 10 napig.

Szerinte a blocking jelenség akkor kezdődik, ha az első feltétel bekövetkezik, és a rendszer disszipációját az jelzi, ha az első négy feltétel közül valamelyik nem áll fenn kellő ideig. Az északi hemiszférán meghatározta azokat a területeket, ahol tartós magas, ill. alacsony nyomású terület helyezkedhet el. Európa területére végzett statisztikai vizsgálatokat időjárási napijelentések segítségével a fentebb felsorolt feltételek alapján. Valamint tanulmányozta a blocking területén fellépő hőmérséklet- és csapadék anomáliákat.

2. 2. A jelenség lehetséges definíciói

A korai szakirodalomban megismert feltételeket alapul véve több lehetőség is kínálkozik a blocking helyzet felismerésére. 1940 és 1980 között a blocking jelenség helyének meghatározását főleg térképek szubjektív analízisére alapozták. Később a technika fejlődésével, több adat felhasználásával objektív kritériumok definiálása alapján egészítették ki, vagy módosították Rex alapvető kritériumait.

A definíciók többsége zonális indexeken alapul, melyeket a közép troposzféra geopotenciál-eloszlásának meridionális gradienséből számítanak (pl. Tibaldi and Molteni, 1990). A zonális cirkulációs indexek két legismertebb fajtáját Rossby és Namias dolgozta ki (lásd pl.: Gyuró, 2007). A mérsékelt övben egy azonos hosszúsági körön elhelyezkedő északi és déli pont meteorológia paraméterének különbségén alapul. Rossby (1939) a szélkomponensek különbségének meghatározására, míg néhány évvel később Namias (1950) a légnyomáskülönbségek kiszámítására alapozta cirkulációs indexét. Bármelyikkel könnyedén meghatározható, hogy a mérsékelt öv egy adott területén éppen a domináns zonális vagy a ritkábban előforduló meridionális áramlás valósul-e meg. Ezeket az indexeket széles körben használták az 1970-es években hosszútávú előrejelzések készítésénél.

Egyes szerzők (pl. Dole and Gordon, 1983) a több napig fennmaradó pozitív anomáliát vették alapul a középső troposzféra geopotenciál-eloszlásában. A legújabb módszerek kombinálják a hagyományos szubjektív és objektív kritériumokat, ahogy ezt például Wiedenmann et al. (2002) tették.

Voltak olyan definíciók is (pl. Pelly and Hoskins, 2003), amelyek a blocking alakzatára vonatkozó egyik dinamikai tulajdonságból származtatott mennyiséget, a potenciális örvényesség tropopauza közeli eloszlását vették alapul, majd ennek

alternatívájaként a vertikálisan integrált potenciális örvényesség negatív anomáliáját számították ki az 500 és 150 hPa-os főizobárszint között.

Kaas and Branstator (1993) egy újfajta indexet hozott létre. Ez az 500 hPa-os főizobárszint szélmezején alapul. Ezt az indexet alkalmaztuk saját vizsgálataink során. Ez későbbi fejezetek során kerül részletesebb leírásra.

2. 3. A blocking események időbeli hosszának kérdése

Valamennyi szerzőnél kritikus pont a blocking esemény időbeli hosszának meghatározása. A tartósság vizsgálatánál a minimális időkorlátban nagyon különböznek a definíciók. A legrövidebb (Eliott and Smith, 1949) három napra terjed ki, de felső korlátot is adtak 30 napos értékben. Egyébként felső időkorlát alkalmazása egyedül az ő nevükhöz fűződik. Az általánosan elfogadott időkorlát 5 nap. Ezt alkalmazta például Namias (1947), Wiedenmann et al. (2002), továbbá Barriopedro et al. (2006) is. A legerősebb megszorítást, 10 napot Rex (1950), valamint Kaas and Branstator (1993) írta elő.

2. 4. A blocking események intenzitásának kérdése

Barriopedro et al. (2006) a blocking intenzitását a következőképp határozták meg:

$$BI = 100 \cdot 0 * \left[\frac{Z(\lambda_c, \phi)}{RC} - 1 \cdot 0 \right] \quad \text{és}$$

$$RC = \left[\frac{Z(\lambda_u, \phi) + Z(\lambda_d, \phi)}{2} \right], \text{ ahol}$$

$Z(\lambda_c, \Phi)$: a standard geopotenciál értéke az 500 hPa-os főizobárszinten a blocking középpontjában,

$Z(\lambda_u, \Phi)$: a standard geopotenciál értéke az 500 hPa-os főizobárszinten a blocking középpontjától nyugatra (*u*, mint “*upstream*”),

$Z(\lambda_d, \Phi)$: a standard geopotenciál értéke az 500 hPa-os főizobárszinten a blocking középpontjától keletre (*d*, mint “*downstream*”),

RC: pedig az ún. referencia izohipsza (“*reference contour line*”).

Kaas and Branstator (1993) az 500 hPa-os szélmező v-komponensét tanulmányozták. A blocking eseményt azzal azonosították, ahol szélfordulás következik be 1000-1000 km-en belül nyugat-keleti irányban, és a szélesség abszolút értéke meghaladja a 10 m/s-ot, vagyis a vizsgált ponttól nyugatra legyen 10 m/s-ot meghaladó szélesség 1000 km-en belül, illetve keletre 1000 km-en belül -10 m/s-nél kisebb sebességű adat. Vizsgálatainkban ezt a definíciót tekintettük alapnak.

2. 5. A térbeli kiterjedés kérdése

Az eddig vizsgálatok leggyakrabban az északi hemiszféra blocking jelenségeire terjedtek ki (pl. Rex, 1950, Tibaldi et al., 1994). A legtöbb kutató általában csak bizonyos régiókat vizsgált, a hemiszférikusnál kisebb tartományra szorítkozott. Sanders (1953) például az Atlanti-óceán keleti térségére és Nyugat-Európára terjesztette ki a vizsgált tartományt, és csak havi bontásban tanulmányozta a blocking térbeli és időbeli elhelyezkedését. A kutatások általában csak a blocking gyakoriságára, időtartamára és fennmaradásuknak kedvező hely felkutatására terjedtek ki, nem vizsgálva a keletkezési helyüket, intenzitásukat vagy méretüket.

Az egész északi félteke vizsgálata található meg Barriopedro et al. (2006) munkájában. Wiedenmann et al. (2002) együtt tanulmányozta az északi és a déli hemiszférát.

Kaas and Branstator (1993) szintén az északi félgömböt vizsgálták 1946 és 1987 között szélmezőn alapuló indexszel. A megfigyelési adatokat, melyek az 500 hPa-os főizobárszint v-szélkomponensére vonatkoztak $5^\circ * 5^\circ$ felbontásban, az Amerikai Egyesült Államok meteorológiai szolgálatától, a National Meteorological Centertől (NMC) kapták. Nem tekintették a teljes évet, csak a téli féléveket vizsgálták december 1-jétől 100 napon keresztül. Ez összesen 4100 nap vizsgálatát jelenti.

Wiedenmann et al. (2002) az Egyesült Államok jól ismert kutatóintézetétől, a National Centers for Environmental Prediction - National Center for Atmospheric Research (NCEP-NCAR) kapott adatokat. Az adatbázisából $2,5^\circ * 2,5^\circ$ -os térbeli felbontású, napi 2 időpontra (00 és 12 UTC) vonatkozó reanalízis mezőkkel dolgoztak. Rex kritériumait vették alapul, de az időkorlátot 10 napról 5 napra csökkentették. Nem

csak az északi, de a déli hemiszférára is folytattak vizsgálatokat. A trópusokon kívüli területeken, azaz az északi szélesség 30° felett, ill. a déli szélesség 35° alatt kialakuló blokkoló anticiklonokat vették figyelembe.

Barriopedro et al. (2006) cikkében az egész északi hemiszférán folytatott széleskörű kutatásokat találjuk meg a blocking jelenséggel kapcsolatban. 1948 és 2002 között az északi félgömbre kiterjedő tanulmányt folytattak, melyben Tibaldi and Molteni (1990) módosított zonális indexét használták. Algoritmust készítettek térbeli és időbeli kutatásukhoz, mellyel a jelenség több tulajdonságát vizsgálták az 55 éves időszakban. Az 500 hPa-os főizobárszintre vonatkozó 00 UTC-s geopotenciál térképeket használták a NCEP-NCAR reanalízis adatbázisából, $2,5^\circ * 2,5^\circ$ felbontással az egész északi félgömbre. Korábbi tanulmányokkal hasonlították össze eredményeiket. Előző publikációkkal ellentétben a vizsgálat során nem csak a blocking gyakoriságát, időtartalmát és jellegzetes helyeit, hanem keletkezési területeit, intenzitását és méretét is tanulmányozták. A blocking indexet az 500 hPa-os geopotenciál zonális indexe alapján határozták meg, minimális időtartamát 5 napban szabták meg. Nem csak a blocking területét, de középpontját (λ, φ), intenzitását és nyomvonalát is meghatározták.

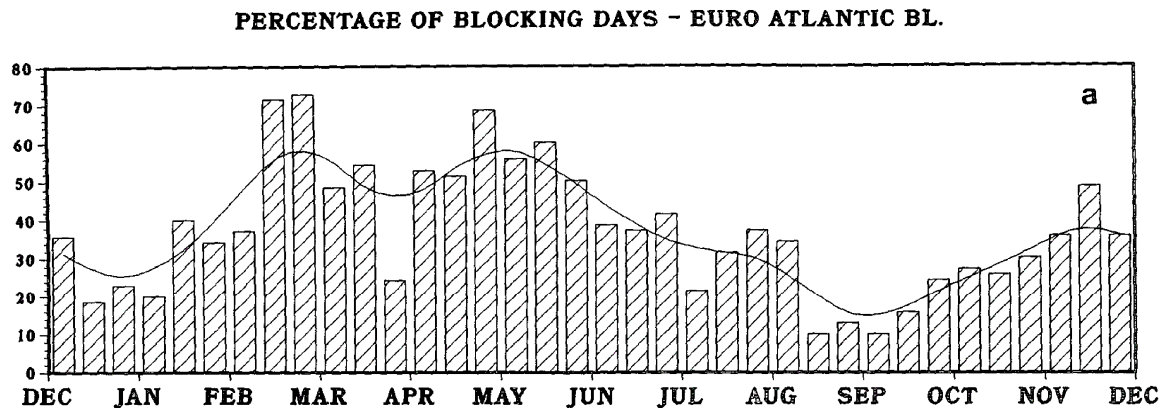
3. A blocking események klimatológiája

3.1. Évszakos vizsgálatok

Több évszakos vizsgálat eredménye is ismert. Általánosan elfogadott tény, hogy tél végén, tavasz elején van egy erős maximum, míg a nyár közepe-vége táján jelentős minimummal jelentkezik a gyakoriság.

Ezzel szemben több maximummal találkozunk például Tibaldi et al. (1975) munkájában, (lásd 1. ábra) vagy Sanders 1953-ban publikált cikkében (lásd 2. ábra). Náluk nem csak tavaszra esik egy éves maximum, hanem minden évszakra adódnak kisebb vagy nagyobb kiemelkedő értékek.

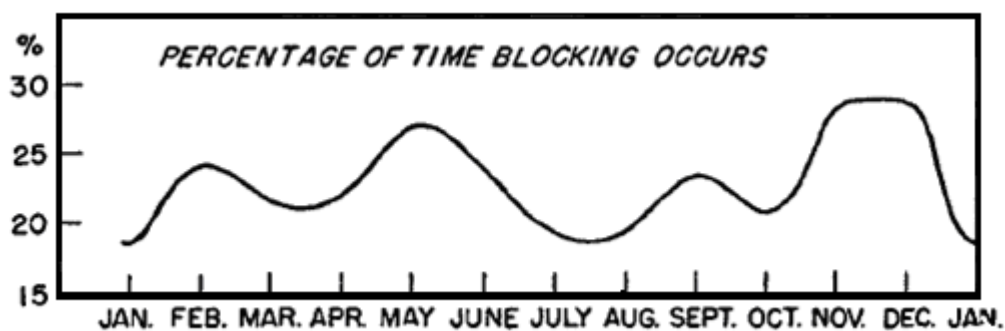
Sanders (1953) az európai és az észak-atlanti térségre végzett kiterjedt vizsgálatokat 1899 és 1938 között. Részletes térképeket készített arról, melyik hónapban hová esnek a blocking helyei. Eredményeképp éves ingadozást fedezett fel a tartós magas nyomás elhelyezkedésében.



1. ábra

1980-1987 közötti időszakra kapott havi bontású blocking eloszlás az európai-atlanti térségben.

Forrás: Tibaldi et al. (1994)



2. ábra

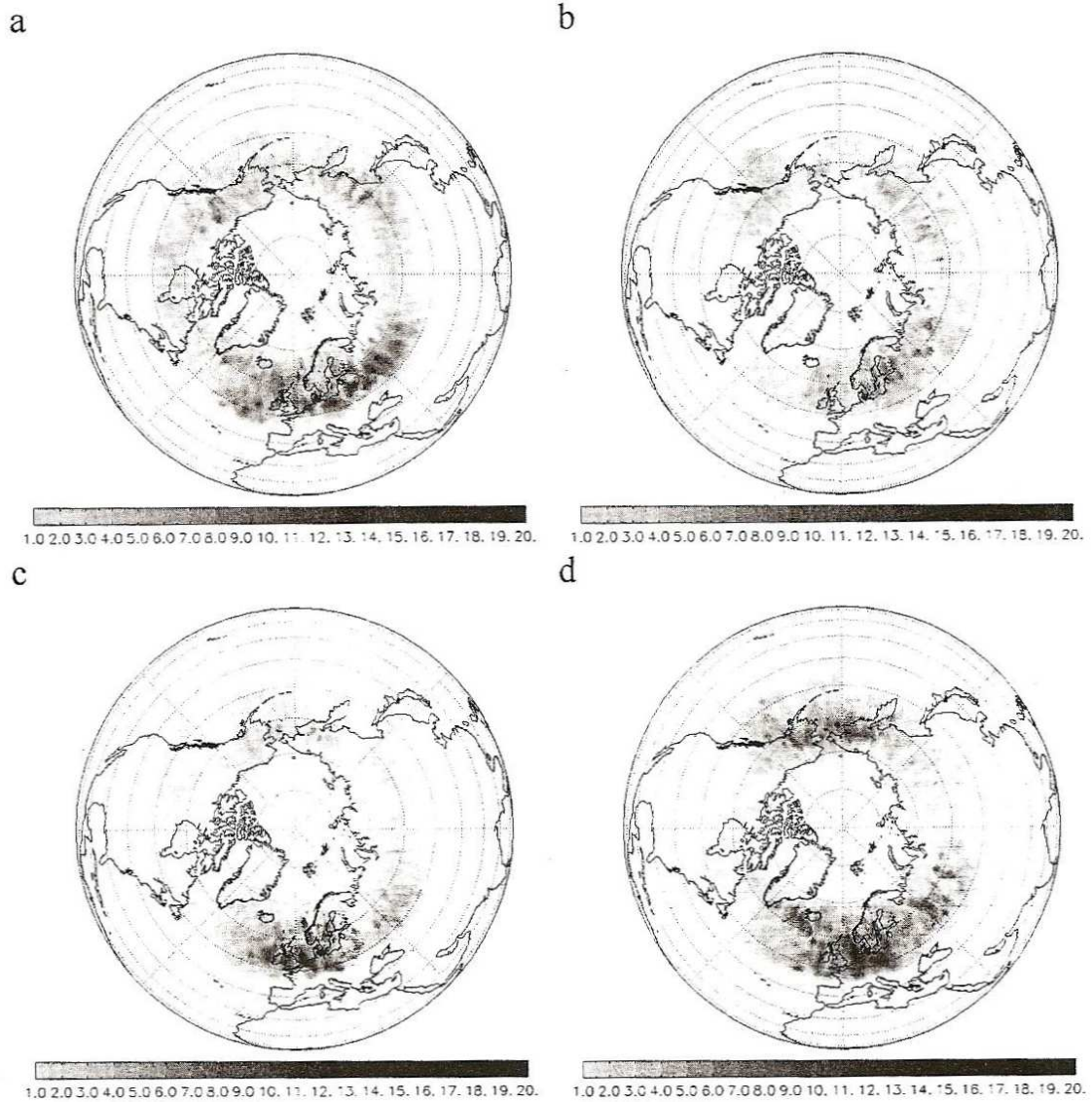
1899-1938 közötti időszakra kapott havi bontású blocking eloszlás

Forrás: Sanders (1953)

3. 2. Időbeli és térbeli vizsgálatok

Az időbeli és térbeli vizsgálatok ötvözésekor Sanders (1953) megállapította, hogy a maximum januárban az Azori-szigetek és Finnország között jelenik meg sávos szerkezetben, majd ez májusra elhagyja a kontinentst. Július, augusztus, szeptemberben elsősorban az Azori-szigetek közelében koncentrálódik, viszont októberben a kontinens kedvez fennmaradáshoz, míg decemberre helyreáll kezdeti januári kép, vagyis a délnyugat-északkeleti mintázat.

Barriopedro et al. (2006) csak az északi hemiszférát vizsgálták 1948 és 2002 között. Eredményeképp kimutatták, hogy a blocking jelenség tipikus az Európai és Észak-Atlanti térségben minden évszakban, valamint különösen télen jellemző Ázsia és Amerika találkozásánál, a Bering-szoros közelében. Az intenzitás függvényében ezek az eredmények láthatók a 3. ábrán. Kisebb intenzitással és évszagos változásokkal Eurázsia északi területén is jellemző a blokkoló anticiklon kiépülése. Észak-Amerika területén csak tavasszal jelenik meg és akkor is gyenge intenzitással. Az európai térség minden évszakban jelentősen kiemelkedik a blocking előfordulásában. Nem egyszerűen csak nagy összefüggő területként jelenik meg az északi félgömbön, de intenzitásában is számottevő a kontinensünk blocking-gyakorisága, főleg a téli hónapokban. Saját vizsgálatainkat ezekhez az eredményekhez igyekeztünk hasonlítani.



3. ábra

A blocking központjainak gyakorisága 1948 és 2002 között évszakos bontásban.

(a: tavasz, b: nyár, c: ősz, d: tél)

Forrás: Barriopedro et al. (2006)

4. Kapcsolat blocking események és más jelenségek között

Nem sok olyan tanulmányt lehet találni, mely hosszabb időskálán foglalkozik a blocking jelenségével abból a célból, hogy kapcsolatot keressen más jelenségekkel, pedig az eddig eredmények alapján egyértelműnek tűnik, hogy az általános légköri körzéken keresztül a blocking minden bizonnyal kapcsolatban van más jelenségekkel is.

Az Észak-Atlanti Oszcilláció (NAO), valamint a napfolttevékenység és a blocking kapcsolatát vizsgálta pl. Elliott and Smith, (1949). Wiedenmann et al. (2002), valamint Lupo et al. (2008) összehasonlították az El Niño Southern Oscillation (ENSO) és a blocking kapcsolatát. Kutatásuk eredményeként azt a következtetést vonták le, hogy El Niño évben 3 %-kal csökken, míg La Niña évben 6 %-kal nő a blocking bekövetkezése.

Egyes kutatók, például Ji and Tibaldi (1983) vizsgálták a domborzat, azaz a hegységek elhelyezkedésének kapcsolatát a blocking jelenséggel.

Lupo and Smith (1995) megállapították, hogy viharciklon átvonulása után tartós magas nyomású terület épül ki.

A blocking és más jelenség kapcsolatával nem foglalkoztunk a szakdolgozat keretein belül, ezek a vizsgálatok jelenthetik munkánk folytatásának egyik lehetséges irányát.

5. A blocking keletkezésének elméleti magyarázata

Az első dinamikai leírás Rossby (1939) nevéhez fűződik. Rex (1950a, 1950b) publikációjából Rossby hidraulikus analógiájaként vált ismertté. Ennek részletes bemutatását Varga (1977) munkájában találjuk meg.

Kezdetben Rossby nyugat-kelet irányú egyenletes áramlást feltételez, konstans Coriolis-paraméterrel, lineáris nyomásprofilal, így az áramlási irányban nincs gradiens. Viszont, ha a szélességi körökkel változó Coriolis-paramétert ($f = f_0 + \beta\varphi$) vesszük figyelembe, vagyis β -sík közelítést alkalmazunk, akkor a nyomási profil már nem lesz lineáris, a maximális nyomás az áramlási centrumban található. Az áramlási kép kiszélesedik, két ágra szakad, melynek közepén csökken, vagy meg is szűnhet az x-irányú sebességkomponens. Rossby szerint ez akkor következik be, ha az áramlás sebessége meghalad egy kritikus értéket, ezért a sebességek arányát vizsgálta. A jelenséget ahhoz hasonlította, mint amit nyílt csatornában hidraulikus áramlás esetén figyeltek meg.

Egy későbbi dinamikai leírás Egger (1978) nevéhez fűződik. Kísérletekkel támasztotta alá az elméleti hipotézist, hogy blocking kialakulásának feltétele lassan mozgó szabad hullámok és gerjesztett hullámok nemlineáris kölcsönhatása. Ha barotróp közegben kölcsönhatásba lép egy lassan mozgó és egy gerjesztett szabad hullám, akkor valós blocking alakzatot kaphatunk. Egger megjegyzi, hogy egyszerűsített modell-léggörte használta, ezért valószínűsíthető, hogy sokkal bonyolultabb előállítani blocking helyzetet, ha figyelembe vesszük a diabatikus hőáramot, ami a hosszú fennállási idő miatt fontossá válik, továbbá tekintettel vagyunk a súrlódásra.

6. A blocking helyzetek tipizálása

Egy-egy blocking esemény fennállásakor az 500 hPa-os főizobárszinten jellegzetes áramlási képet kapunk. Típusait a főizobárszint analízise alapján lehet azonosítani.

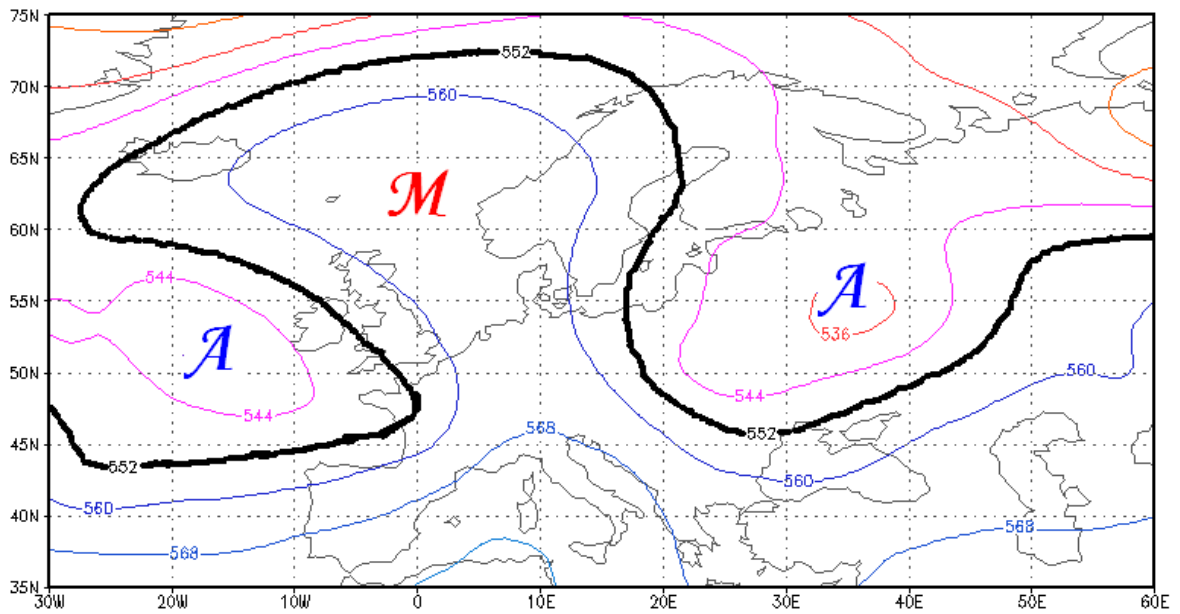
Blokkoló anticiklonok típusai az 500 hPa analízise alapján (Tóth, 2007):

1. ómega-helyzet,
2. Rex-típusú blocking,
3. „tűzgyűrű”, avagy leszakadó anticiklon,
4. kettéhasadó áramlási mező,
5. leszakadó alacsony nyomású rendszer.

A következőkben néhány gyakori fajtát kiemeltünk, és a ciklon-anticiklon elhelyezkedésének kapcsolatát elemeztük. (Az egyes változatok részletes leírása megtalálható Tóth Tamás 2007-es diplomamunkájában.)

Az ómega típus, a görög ómega betűhöz hasonló áramlási képben jelenik meg az 500 hPa-os főizobárszinten. Abban különbözik a többitől, hogy az anticiklon és ciklonok helye alig változik a jelenség fennmaradása alatt. A görög betű két oldalán két ciklon foglal helyet. Mivel a formáció térben állandó, csak gyenge progresszív vagy retrogresszív mozgás figyelhető meg, ezért ahol a ciklonok elhelyezkednek, ott jelentős mennyiségű, folyamatos csapadék hullás történik. Az ómega középső részében anticiklon fekszik, mely általában az alacsony nyomású területekkel ellentétben napfényes, felhőmentes időjárást okoz, így – tartós fennmaradás esetén – helyileg pozitív anomáliát okoz a hőmérsékleti mezőben. A 4. ábrán egy konkrét példa látható az ómega helyzetre.

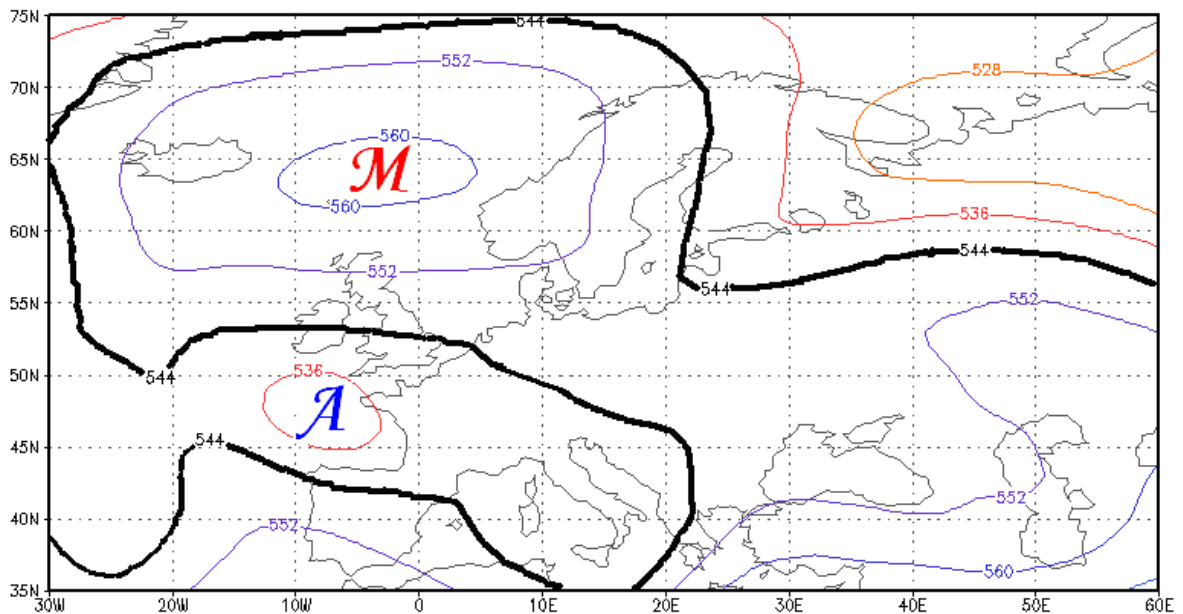
A Rex-típusú blocking az „S” betű alakjára hasonlít. Mindig a felső hurokban helyezkedik el a magas nyomású képződmény. Az alsó hurokban alakul ki az alacsony nyomás. Az 5. ábrán egy olyan példát láthatunk a Rex-típusú blockingra, mely 1980. május 1. 12 UTC-kor jellemezte az áramlási képet. Esetünkben nem volt tartós a blocking, –7 napnál kevesebb ideig állt fenn a folyamat, – ezért nem található meg az I. táblázatban. Ennek a formációnak is sajátossága, hogy az anticiklonhoz képest stabilan délre található a ciklon.



4. ábra

Ómega típusú blocking.

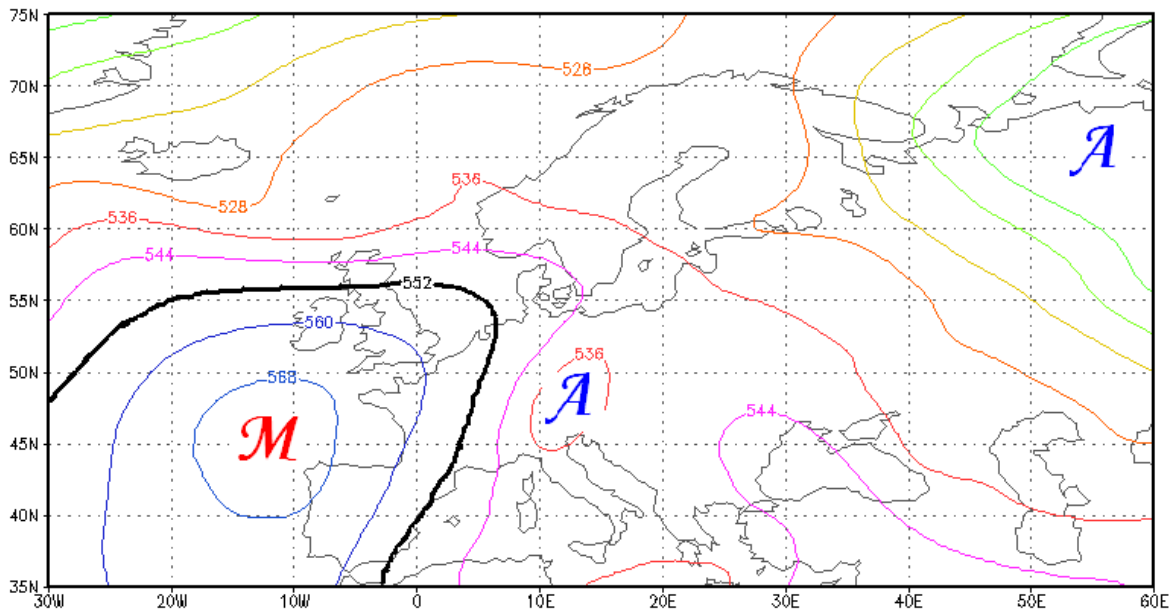
1986. június 23. 12 UTC 500 hPa-os főizobárszint geopotenciál térképe



5. ábra

Rex típusú blocking.

1980. május 1. 12 UTC 500 hPa-os főizobárszint geopotenciál térképe



6. ábra

Kettéhasadó áramlási mező.

1984. december 31. 00 UTC 500 hPa-os főizobárszint geopotenciál térképe

Az előző két típussal ellenben a kettéhasadó áramlási mező esetében nem kapcsolódik stabil helyen ciklon az anticiklonhoz. A magas nyomástól keletre eső területen a blocking biztosítja az északi területekről a hideg levegő tartós lezúdulását dél felé, mely több ciklon által is végbemehet. A kettéhasadó áramlási mező képét illusztrálja a 6. ábra.

A blocking jelenségkör vizsgálatát az előrejelezhetőség bizonytalansága miatt tekintjük fontosnak. A jelenség területén a csapadékban és a hőmérsékletben is igen jelentős anomáliák mutatkoznak. Az egyes típusok az 500 hPa-os főizobárszint analízise, a geopotenciálmező mintázatának alapján meghatározhatók, így következtetni tudunk arra, hol lesz magasabb hőmérséklet, illetve melyik térségben kell nagyobb csapadékra számítani.

7. Az adatbázis bemutatása

Adatbázisunk segítségével megvizsgáltuk a blocking tevékenység térbeli eloszlását és időbeli előfordulását. A vizsgálat alapjául az Európa területén 1971. és 2000. között végbement blocking tevékenységeket vettük figyelembe. A blocking meghatározására az 500 hPa-os szélmező v-komponensét használtuk fel, majd a kapott áramlási kép alapján megkerestünk azokat a pontokat, ahol hosszabb ideig tartósan fennállt a blocking esemény.

A vizsgálathoz az Európai Középtávú Időjárás Előrejelző Központ (ECMWF) adatbázisából az ún. ERA 40 reanalízis mezőket használtuk. Az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) munkatársainak közreműködésével megkaptuk az 1971. és 2000. közötti évek naponkénti, a 00 és 12 UTC-s időpontra vonatkozó rácsponti adatsorok voltak az É-i szélesség 75° , É-i szélesség 35° , Ny-i hosszúság 30° , K-i hosszúság 60° által határolt területre. A terület kijelölésekor az volt a célunk, hogy a Kárpát-medencének a lehető legtágabb környezetét tudjuk áttekinteni a blocking események létrejötte szempontjából. Az adatsorok az 500 hPa-os főizobárszint v-szélkomponens- és geopotenciál értékeit tartalmazták 1° -os felbontásban. Mivel célunk a blocking helyzetek kialakulásának és folyamatos fennmaradásának vizsgálta volt, ezért döntöttünk napi 2 időpont adatainak használata mellett, azaz a lehető legsűrűbb időbeli felbontást választottuk.

A v-szélkomponens mezőket a blocking meghatározására alkalmaztuk, míg a geopotenciál mezőket az áramlási képek megjelenítéskor használtuk fel.

8. A módszer leírása

8. 1. A vizsgált terület

Kaas and Branstator (1993) cikke alapján az 500 hPa-os szélmező v-komponensét tanulmányoztuk. Olyan pontokat kerestünk, ahol szélfordulás következik be 1000-1000 km-en belül nyugat-keleti irányban, és a szélsébség abszolút értéke meghaladja a 10 m/s-ot, vagyis a vizsgált ponttól nyugatra legyen 10 m/s-ot meghaladó szélsébség 1000 km-en belül, illetve keletre 1000 km-en belül -10 m/s-nél kisebb sebességű adat. Kaas and Branstator a folyamatosság időtartamát 10 napban szabták meg.

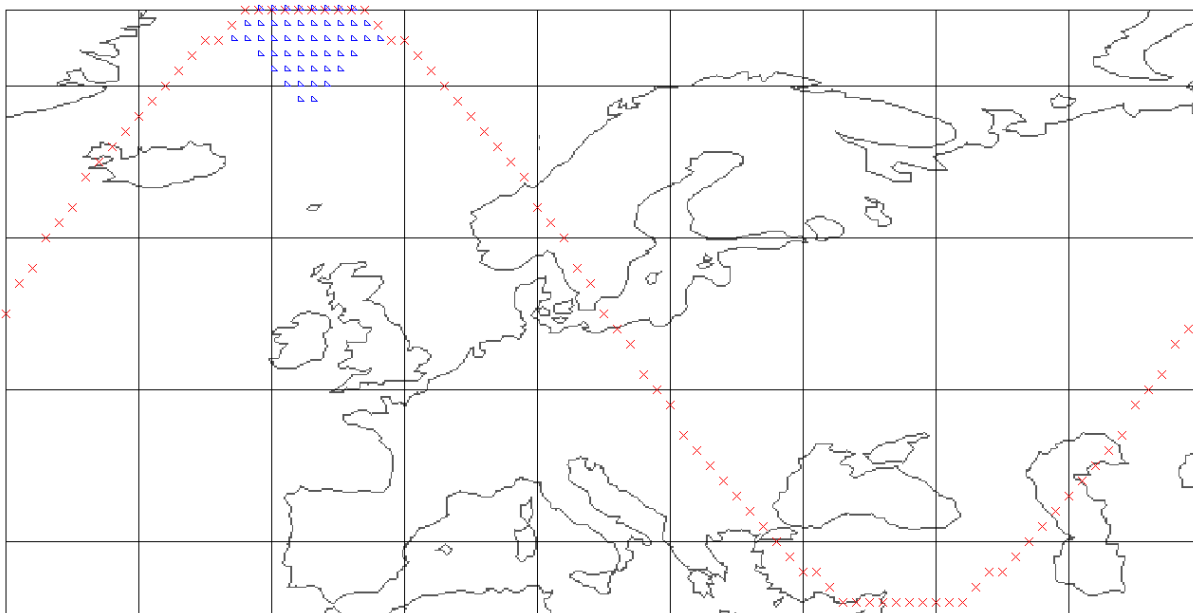
A vizsgált területen az adatsor egy 91*41-es mátrixot eredményezett minden időpillanatban. Az 1000 km-es kritérium azt jelentette, hogy a szomszédos 12 ponton belül kellett keresnünk azokat a pontokat, amelyek megfeleltek az előző bekezdésben említett szélfordulási feltételnek.

8. 2. Vizsgálat tesztdatokkal

A C++ nyelven, általunk megírt programot egy szinuszhullám segítségével megadott mesterséges adatmezővel teszteltük. A függvény által generált hullám értékei adták meg a 91 * 41-es mátrixot. A szinuszhullámon kívül eső többi pontban a v-szélkomponensnek a 0,0 értéket adtuk, mert ezek a pontok a kísérlet szempontjából irrelevánsak voltak. Mivel a szinuszhullám értékei nem haladják meg a ± 1 értéket, ezért a korábbi feltételt –vagyis, hogy a szélsébség meghaladja a ± 10 m/s-ot –, $\pm 0,1$ -re csökkentettük.

Mivel nincs olyan pont, az x tengellyel párhuzamosan, ahol 12 szomszédos pontban ellentétes előjel jelenne meg, ezért módosítottuk a szinuszhullámot. Úgy generáltuk az értékeit, hogy az első negyed pozitív, a második negatív, a harmadik negyed negatív és végül a negyedik negyed is pozitív előjelű legyen. Tehát az áramlási irányokat figyelembe véve adtuk előjelet a szinuszhullám értékeinek, de az abszolút értéküket

meghagytuk. Ezáltal megkaptuk azokat a pontokat, amelyek a gerincen belül vannak; ez látható a 7. ábrán. A kapott pontokat az jellemzi, hogy a 12 pont szomszédságán belül a szinuszos hullám meghaladja + 0,1-et nyugati irányba, illetve keletre kisebb, mint - 0,1.



7. ábra

A tesztelés eredménye

(A piros x-ek a teszthullámot,

a kék háromszögek a kritériumnak megfelelő pontok helyét jelölik.)

8. 3. Számítások a valós adatbázissal

A tesztelés után az 1971. és 2000. közé eső 30 évet vizsgáltuk meg az eredeti feltétel alapján, vagyis olyan pontokat kerestünk, ahol a szélfordulásnak megfelelő kritérium 10 napon át folyamatosan teljesül.

A folyamatos 10 napos időkorlát túl erős kritériumnak bizonyult, a keresés alig adott értékelhető eredményt, ezért a feltételt enyhítenünk kellett. A Tóth Tamás (2007) által alkalmazott 5 napos időkorlátot vettük a vizsgálatunk alapjául, vagyis azt, hogy a

feltétel az adott pontban legalább öt napig fennálljon. Az 1971. és 1975. közti időszakot vizsgálva ez a kritérium viszont túl enyhe volt, mivel minden évben 50 %-os eséllyel fordult elő blocking esemény. Ezért végül arra a következtetésre jutottunk, hogy a megfelelő időintervallum, tekintettel a blocking esemény gyakoriságára és fennállására, 7 napos legyen. Az adatbázis harminc éves időszakában (1971. és 2000. között) így annak a feltételnek a teljesülését kerestük, hogy egy blocking esemény minimum 7 napig folyamatosan fennmaradjon.

9. Eredmények

9. 1. A blocking események időbeli eloszlása

Az I. táblázat az 1971. és 2000. között bekövetkezett blocking eseményeket tartalmazza, a kezdő és a befejező nap megadásával. A legrövidebb esemény 7 napig tartott, mivel minimum 7 napos folyamatosan fennálló kritériumot vettünk alapul. A leghosszabb periódus 21 nap volt 1982. július 1. és 22. között.

Az időintervallumok meghatározása során figyelembe vettük a lehetséges átfedéseket is, vagyis az egyes periódusok néha egymásba értek, ilyenkor az adott időszakokat összevontuk, és ezért gyakran több mint 7 napos időszakokkal dolgoztunk. Erre szolgál példaként a 1982. júliusi időszak, ahol a leghosszabb folyamatos szakasz 8,5 napig tartott, de több átfedés is szerepel ebben a periódusban.

Emellett, a táblázatban előforduló, több mint 7 napos intervallumok nem csak a fent említett összevonásoknak köszönhetőek, hanem gyakran előfordult az is, hogy egy-egy blocking helyzet önállóan fennállt több mint 10 napig, ezeket jelöltük piros betűkkel.

A harminc éves időszak alatt 52 blocking ciklust találtunk, ebből mindössze 10 volt olyan, hogy legalább egy pontban, folyamatosan meghaladja a 10 napot. A harminc évben az összes időszak 497 napot eredményezett. 1983. júliusa tartalmazta a leghosszabb folytonos időszakot, ez 15,5 napot takar, az átfedések miatt szerepel a táblázatban 17 nap.

1988-90-ig tartó időszak, 1993. és 1995. valamint a 2000. év hiányzik a táblázatból. Ezek a periódusok azért nem jelennek meg, mert nem volt 7 napnál hosszabb ideig folyamatosan fennmaradó blocking az adott időszakban. Ellenben vannak olyan évek, melyek többször is szerepelnek, mivel több, rövidebb vagy hosszabb blocking állt fenn abban az évben. Ezek közül kiemelkedik a 1983-87-ig tartó időszak, ahol minden évben szerepel 10 napot meghaladó ciklus, – 1984/85 téli hónapjai szerepel ebben a két évben, mint közös periódus, – és az éveken belül ezeken kívül több, rövidebb blocking is fennáll.

időszak	nap	Időszak	nap
1971.02.21._12-1971.03.07._12	14,0	1982.03.17._00-1982.03.25._12	8,5
1972.06.04._12-1972.06.15._12	11,0	1982.07.01._12-1982.07.22._12	21,0
1972.08.03._00-1972.08.10._00	7,0	1983.06.03._00-1983.06.11._12	8,5
1972.09.08._00-1972.09.15._12	7,5	1983.07.15._00-1983.08.01._00	17,0
1972.09.22._00-1972.09.30._12	8,5	1983.11.27._00-1983.12.05._00	7,5
1973.03.07._00-1973.03.21._12	14,5	1984.04.05._00-1984.04.13._00	8,0
1973.04.13._00-1973.04.20._00	7,0	1984.06.27._12-1984.07.05._12	8,0
1973.12.23._12-1974.01.02._12	11,0	1984.10.01._12-1984.10.08._12	7,0
1974.04.14._12-1974.04.22._00	7,5	1984.12.27._00-1985.01.09._00	13,0
1975.06.20._12-1975.06.30._12	10,0	1985.02.01._00-1985.02.11._12	8,5
1975.07.30._00-1975.08.08._00	9,0	1985.07.01._00-1985.07.08._12	7,5
1976.03.07._12-1976.03.15._00	7,5	1985.12.10._00-1985.12.18._00	8,0
1976.04.21._00-1976.04.28._00	7,5	1986.05.03._00-1986.05.11._00	8,0
1976.07.02._12-1976.07.12._12	10,0	1986.06.21._12-1986.07.02._12	11,0
1976.11.12._12-1976.11.21._00	8,5	1987.02.24._12-1987.03.11._00	14,5
1977.02.26._12-1977.03.06._00	7,5	1987.04.22._12-1987.05.03._12	11,0
1977.10.12._12-1977.10.20._12	8,0	1987.10.20._00-1987.11.01._12	12,5
1978.02.01._00-1978.02.10._00	9,0	1991.01.19._00-1991.01.26._00	7,0
1978.03.04._00-1978.03.12._00	8,0	1992.01.16._12-1992.01.30._00	13,5
1979.04.25._12-1979.05.03._00	7,5	1994.06.27._00-1994.07.04._12	7,5
1979.10.22._12-1979.10.30._12	8,0	1996.02.22._00-1996.03.04._12	10,5
1980.02.18._12-1980.02.26._12	8,0	1997.06.06._00-1997.06.13._00	7,0
1980.05.09._12-1980.05.20._00	10,5	1998.11.30._00-1998.12.14._12	14,5
1980.10.26._00-1980.11.04._12	9,5	1999.01.27._12-1999.02.06._00	9,5
1981.07.26._00-1981.08.02._00	7,0	1999.05.25._00-1999.06.03._12	9,5
1981.11.08._12-1981.11.17._00	8,5	1999.09.11._00-1999.09.18._12	7,5

I. táblázat

A blocking 7 nap feletti időszakai 1971-2000 között.

(A pirossal jelölt időszakok 10 napnál hosszabb blocking periódust tartalmaznak.)

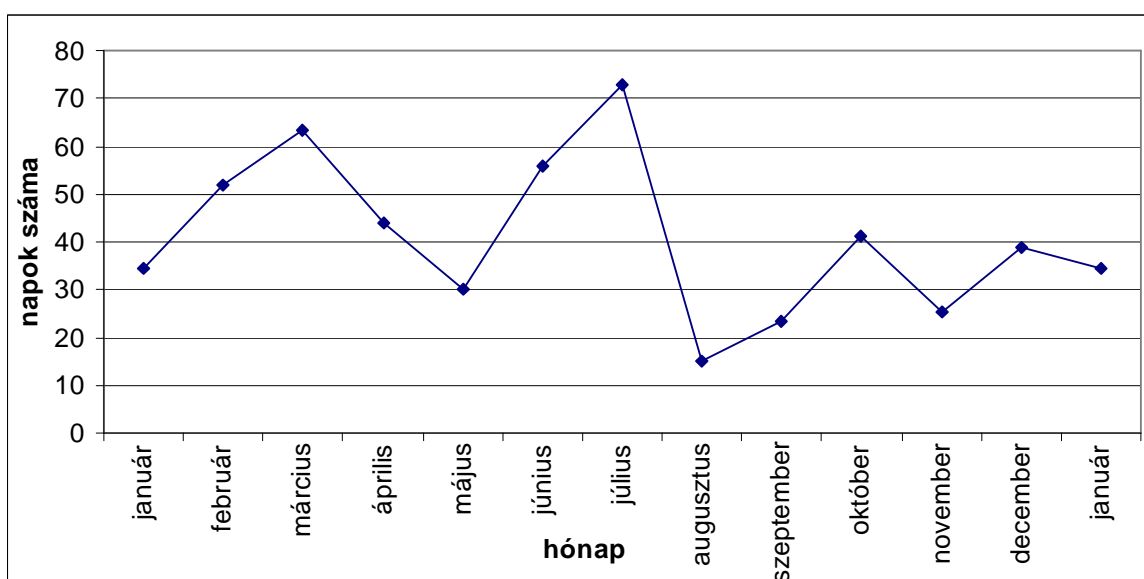
Jelölés: év.hónap.nap._óra(UTC)

Az 1970-es években három, az 1980-as években hat, az 1990-es években pedig csak egy 10 napot meghaladó periódus található. Ezen belül kiemelkedik az 1977-es esztendő, amikor két hónapos különbséggel 10,5 napos blocking jelent meg. Ezek közül a február-márciusi egy 13 napos folyamatos időszakot is tartalmaz.

Hat alkalommal fordult elő 7 napos periódus: 1972, 1973, 1981, 1984, 1991-ben és 1997-ben. 1991-ben és 1997-ben csak az az egy időszak adja az éves blocking napjainak számát.

9.1.1. A blocking események havi és évszakos eloszlása

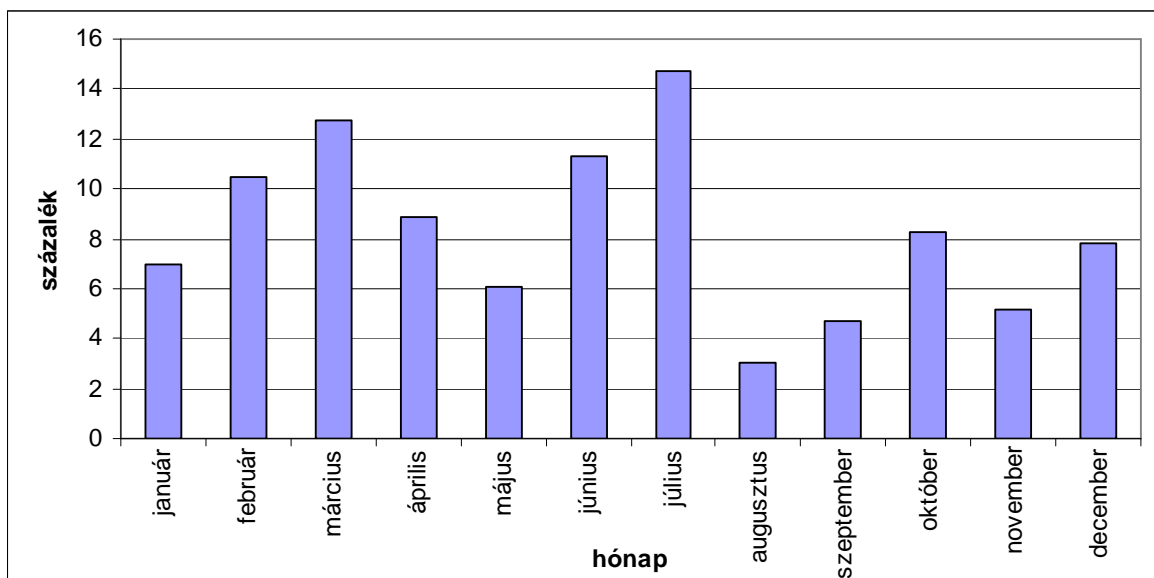
A 8. ábrán a 30 évben megjelent blocking napokat hónapok szerint csoportosítottuk. Márciusban, júliusban, októberben és decemberben van maximum, a következő hónapokban többnyire hirtelen lecsökken az esetszám. Mindegyik évszakhoz tehető egy-egy maximum és minimum. A nyári és a tavaszi maximum jelentős, és az ezeket követő minimumok is sokkal kisebbek. Az őszi és téli hónapokban alacsonyabb a maximum, és a hozzá tartozó minimum értéke is kevesebbel tér el. A maximumok között időintervallum 2-4 hónap. A legnagyobb esetszám júliusban jelentkezik (73 nap), a legkisebb minimum a következő hónapban, augusztusban mindössze 15 nap.



8. ábra

A blocking napok havi esetszáma a 30 éves időszakra

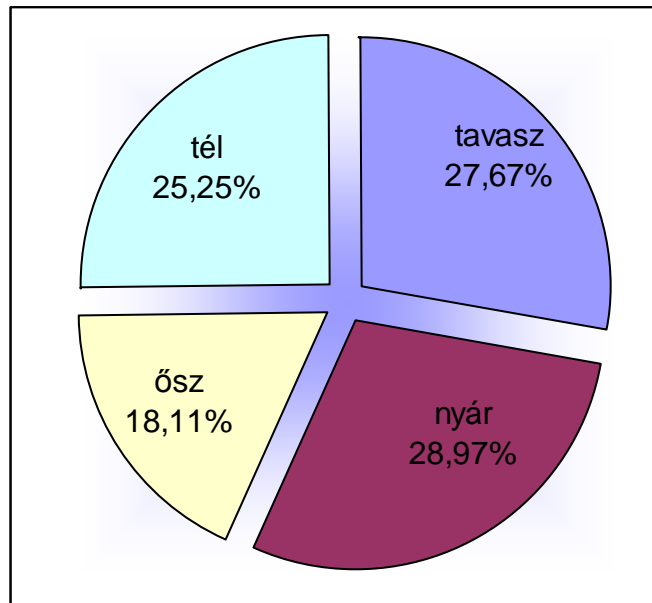
Százalékos arányban is megvizsgáltuk a kapott eredményt, hiszen így a napok száma jobban értékelhetővé vált. Ez látható a 9. ábrán. Augusztus kivételével minden hónapban legalább 4 % a blocking esemény előfordulásának gyakorisága. A legnagyobb eséllyel júliusban találkoztunk a jelenség bekövetkezésével, ami az egész év 14,6 %-át teszi ki. Márciusban és júliusban van nagyobb maximum, amit lassú emelkedő tendencia előz meg, és hirtelen csökkenés követ. Az októberi hónapra is jellemző ez a folyamat, csak kisebb amplitúdóval. A 10 %-ot meghaladó hónapokhoz csak a február, március, június, július tartozik.



9. ábra

A blocking napjainak százalékos eloszlása az egyes hónapokban az 1971-2000-es időszakra vonatkozóan

A lassú emelkedő tendencia és a gyors csökkenés minden évszakban megvan, és a magasabb maximumot sokkal alacsonyabb minimum követi, ebből adódik, hogy évszakas bontásban egyik három hónapos intervallum sem emelkedik ki igazán, amint azt a 10. ábrán is láthatjuk.



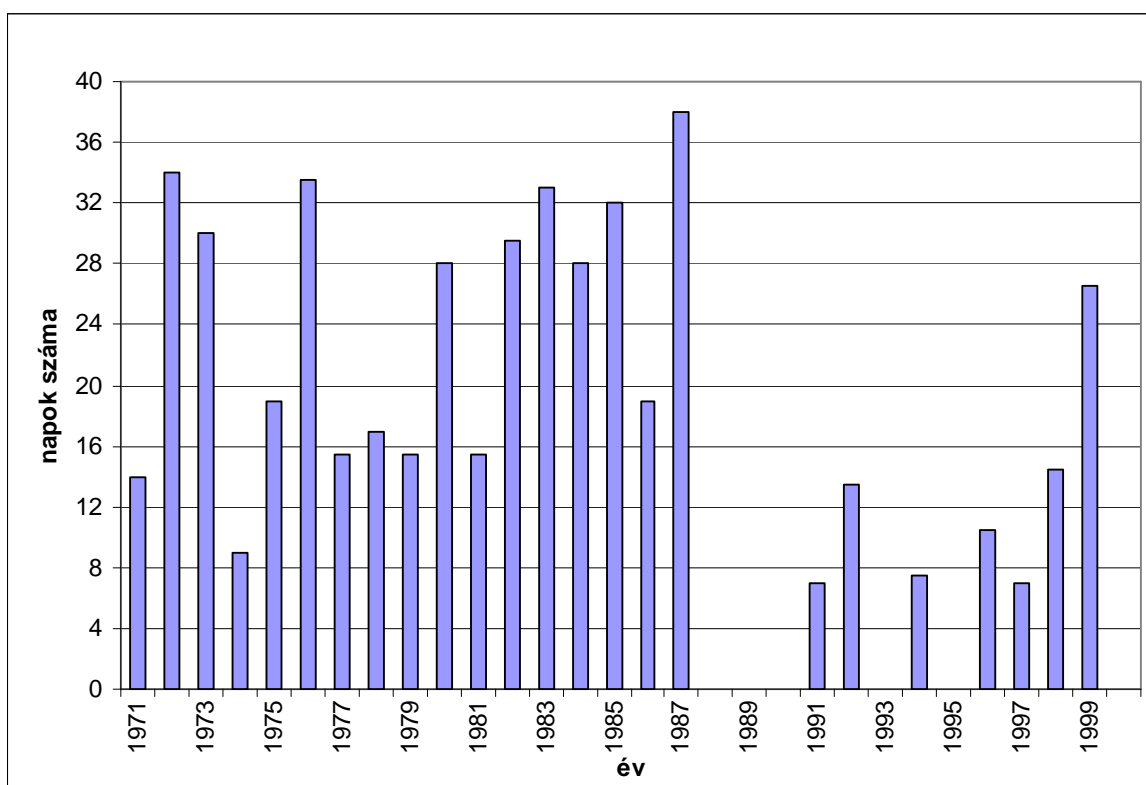
10. ábra

A blocking évszakos százalékos gyakorisága (1971-2000)

9.1.2. A blocking események évenkénti vizsgálata

A 11. ábrán látható az 1971-2000 közötti időszakban blocking események évenkénti száma. Az esetszám nagyon változó, mint már az I. táblázatból is láttuk. Azok az évek, ahol „0” érték szerepel, nem jelenti azt, hogy egyáltalán nem volt blocking időszak, hanem azt, hogy 7 napot elérő folyamatos időtartam nem jellemző. Ilyen évek, például az 1988-1990-es évek, illetve az 1993-as 1995-ös és 2000-es év. Több év értéke külön-külön eléri a 30 napot, ami 1 hónapos periódust jelentene összevonva.

Az egymást követő évek között is nagy a változékonyság, míg az 1972-1973-as év viszonylag magas esetszámmal lép fel, ezzel szemben 1971-ben és 1973-ban alacsony ez az érték. A legmagasabb esetszám 1987-ben következik be (38 nap).



11. ábra

Blocking eseménnyel járó napok évenkénti száma (1971-2000)

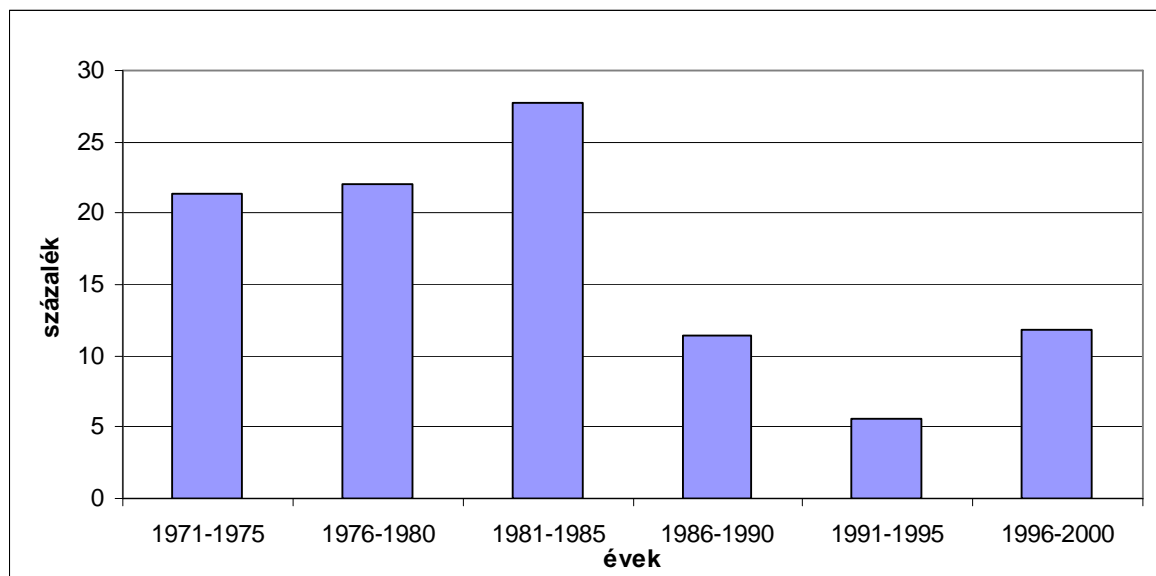
Az első 20 évben gyakoribb a blocking, mint az utolsó 10 évben, mindkét időszakban 3-3 olyan év található, amelyben nem szerepel blocking. A harminc év első felében minden esetben meghaladja a napok száma az 15 napot, kivéve az 1971-es és 1973 évet. A második felében van hat év, ahol nincs adat, és a többi esetszám is igen alacsony. Az első két dekádban még gyakoribb a 15 nap feletti esetek száma, míg az utolsó évtizedet vizsgálva ezt az értéket csak az 1999-es évben haladja meg, de akkor eléri a 20 napos intervallumot.

Az 1972-73-as években kiemelkedő az eseményszám 30-35 nap között van, ezzel szemben 1974 még a 10 blocking napot sem éri el. Az 1975-76-os évben emelkedik a blocking száma, és 1976-ban eléri második maximumát, ami 33,5 nap. Utána hirtelen csökkenés következik 1977-ben, majd 15 nap körüli ingadozás van a következő két évben. 1980-ra hirtelen megnő az esetszám, de a következő évben lecsökken majdnem 15 napra. 1982 és 1987 között mindegyik év értéke meghaladja a 25 napot, kivéve a 1986-ot, ahol csak 19 nap ez az érték. 1987-ben jelentkezik a legnagyobb érték (38 nap), viszont utána

három évig nincs 7 napot elérő blocking esemény Európa térségében. 1991-ben lassú növekedés indul meg, de 1993-ban és 1995-ben szintén nincs eredmény. Az utolsó pentádban csak az 1999-es év emelkedik ki 26,5 nappal a többi év értéke 15 nap alatt marad.

9.1.3. A blocking események időbeli vizsgálata ötéves átlagolással

Az ötéves trendet elemezve, amit a 12. ábrán láthatunk, szembeűnő, hogy az első három 5-éves időszak majdnem 70 %-át teszi ki az összes esetnek. A fennmaradó közel 30 % jelentős része a két szélső pentádra korlátozódik. A legalacsonyabb érték 1991 és 1995 között adódik, ebben az időszakban két olyan év is szerepel, ahol „0” az érték, illetve a két legkisebb esetszámú év is itt található. 1981-es évvel kezdődő öt éves időszakban adódik a maximum értéke, ami majdnem 28 %.



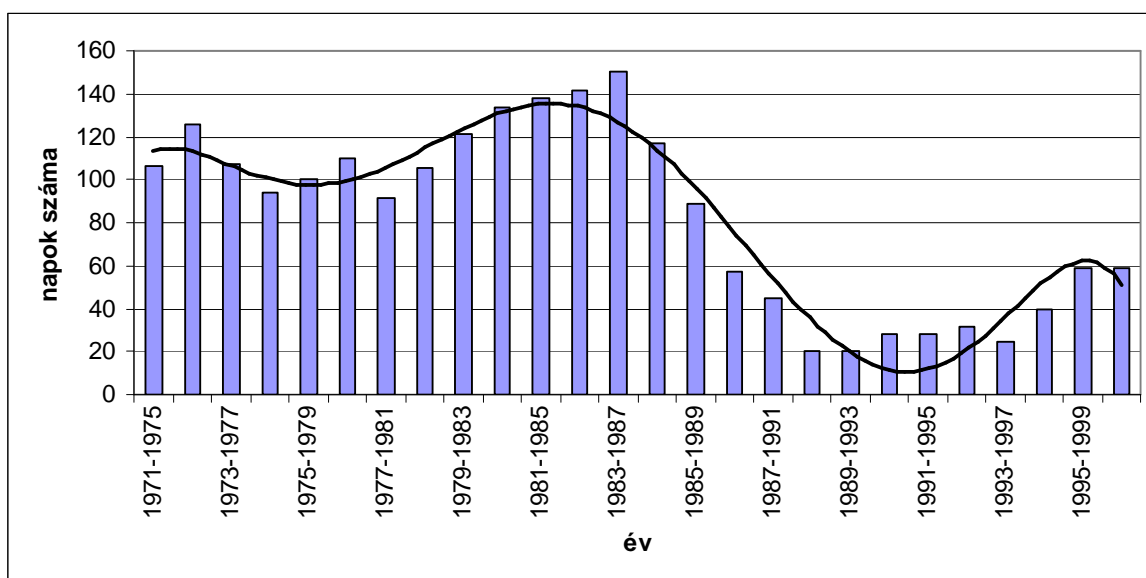
12. ábra

5 éves esetszámok százalékos aránya az 1971-2000-es időszakra

Az utolsó három pentádban az esetszám csak együttesen éri el az első három öt éves időszak egyenként vett eredményét.

Az első három pentádban az esetek száma külön-külön meghaladja a 20 %-ot, sőt az 1981-85 közötti időszak az összes blocking esetének több mint a negyedét teszi ki. 1971-től lassú növekedés látható, amíg az 1981-85-ös idősakra eléri maximumát. A vizsgált időszak második felében gyors csökkenés következik be, mélypontja az 1991-95-ös időintervallumban található. Az utolsó pentád eredménye már növekedést mutat, de az eredmény alig haladja meg a 10 %-ot.

Részletesebb elemzéshez, hogy folyamatában lássuk a csökkenést, illetve a növekedést készítettük el a csúsztatott 5 éves diagrammot, amit a 13. ábra mutat.



13. ábra

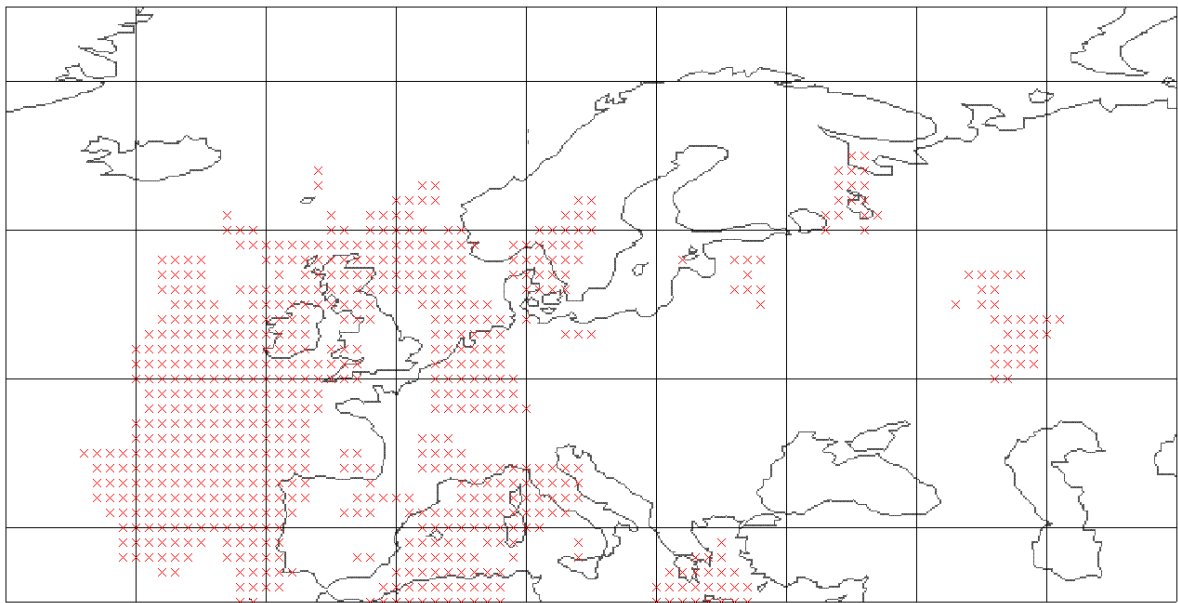
Öt évre összesített napok száma csúsztatott 5 éves ábrázolásban, trendvonalal

A trendvonal jól mutatja, hogy az 1980-as évek középső felére tehető a maximum, majd gyors csökkenés mutatkozik a napok számában, minimumát 1988 és 1993 között veszi fel. Az első három pentádban a trendvonal csökkenést mutat, de a középső pentádban kisebb maximum található. Az 1970-es évek végétől egészen 1987-ig bezárólag folyamatosan nő a napok száma, majd az 1983-1987-es maximum értéket meghaladva lassan csökken az eredmény, és a minimum éppen csak megközelíti a 20 napot az öt éves

periódusban. A két egyforma adat abból adódik, hogy mindkettő pentádban csak az 1991-es és 1992-es év képvisel blocking esetszámot. Az utolsó öt pentádban lassú növekedés tapasztalható, kivéve az 1993-1997-es időszakot. A végső két pentád eredménye szintén azonos, hiszen az egyikben az 1995-ös év, míg a másikban a 2000-es év jelenik meg „0” értékkel.

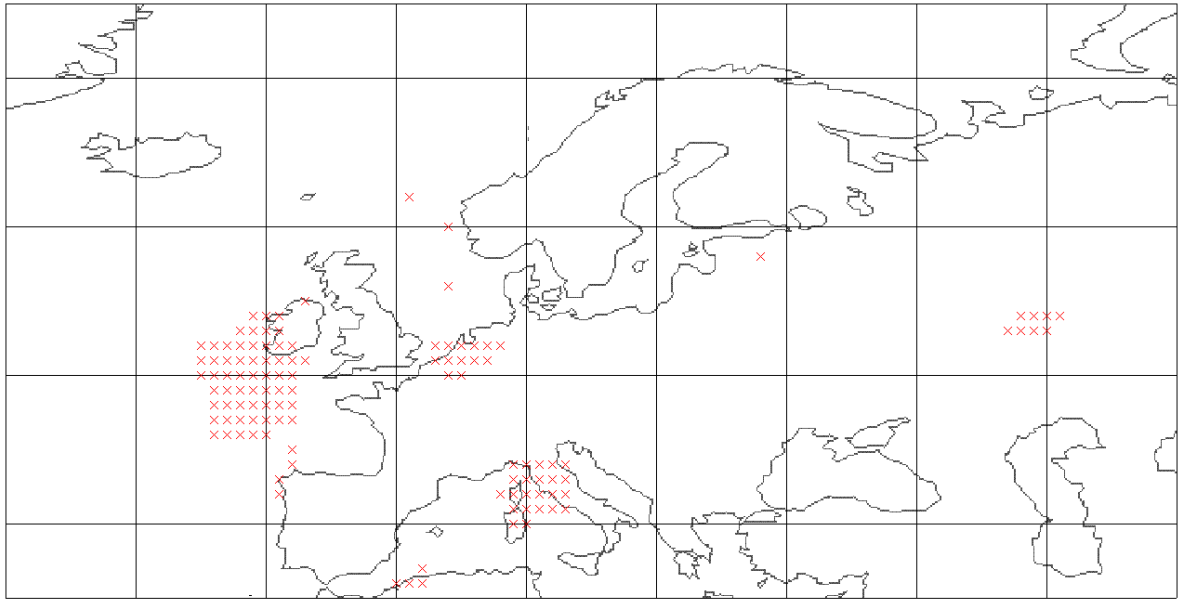
9. 2. A blocking események térbeli eloszlása

A 14. és 15. ábrán látható a blocking helyzetek térbeli eloszlása. Mind a 7, mind a 10 napos időkorlát segítségével számított helyzeteket megadjuk. A 7 nap fölötti esetek a kontinens nyugati részén, illetve az Atlanti-óceán felett nagy kiterjedésű, egybefüggő területek alkotnak. Európa keleti felén is nagyobb területet foglal el a 7 napnál hosszabb blocking, mint a 10 nap feletti területek.



14. ábra

A 7 napos vagy annál hosszabb ideig tartó blocking események térbeli eloszlása 1971 és 2000 között



15. ábra

A 10 napos vagy annál hosszabb ideig tartó blocking események térbeli eloszlása 1971 és 2000 között

A Skandináv-félszigeten fekvő, illetve a Görögországtól délre található területek teljesen eltűnnek, ha csak 10 nap feletti eseteket vizsgáljuk. Jelentősen csökken ez a tartomány a Nyugat-Európa és az Atlanti-óceán felett is, az egybefüggő területből több kisebb góc marad. Brit-szigetek és Skandinávia között található részből csak egy-egy pont haladja meg a 10 napos intervallumot.

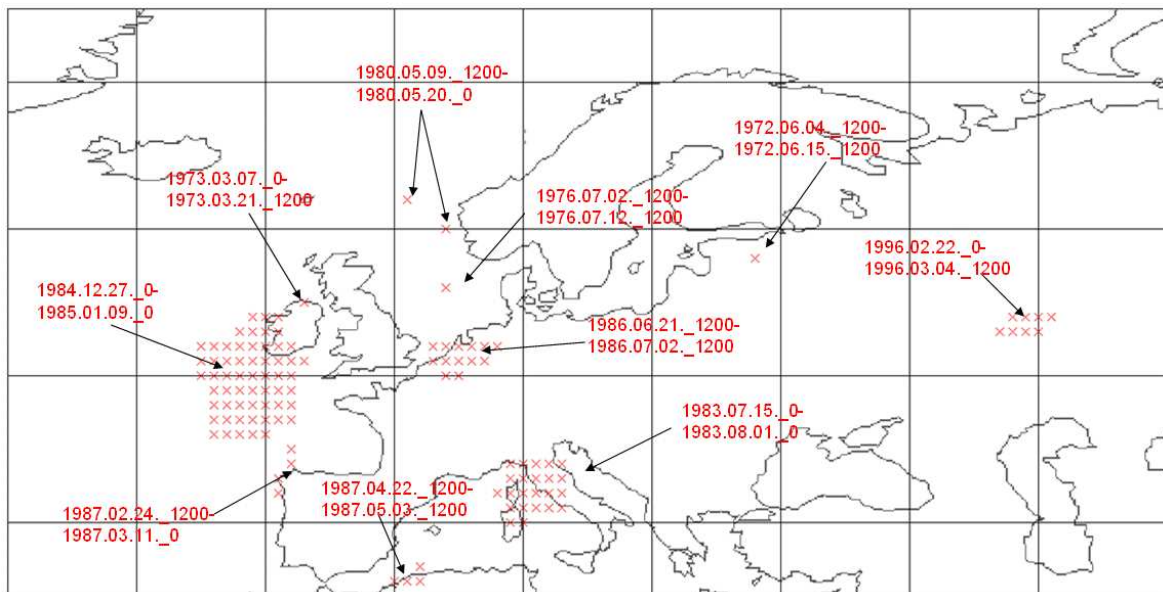
A 10 nap feletti események főleg kisebb területeket érintenek, de van három olyan tartomány, például Brit-szigetektől délkeletre, Németországtól nyugatra, illetve az Appennini-félsziget, ahol nagyobb térségre terjed ki a blocking földrajzi eloszlása.

A 10 nap feletti esetek térbeli mintázata alapján egymástól jól elhatárolódó területeket láthatjuk a 16. ábrán. Az egyes területekhez hozzákapcsoltuk a 10 eset dátumait is. A legnagyobb összefüggő terület az 1984/85-ös télhez kötődik.

A nyári hónapokban a kontinens középső része felett alakul ki blocking jelenség, ez főleg a június-júliusi hónapokra tehető. A tavaszi és a téli hónapokban, főként december végétől május végig, Európa nyugati része és az óceán felett található területek a jellemzőek. Őszi hónap a 10 napos intervallum felett egyáltalán nem jelenik meg.

Van négy olyan időszak (1972. június, 1973. március, 1976. július és 1980. május), amelyekhez csak egy vagy két pont kapcsolódik. Ezekben az esetekben több 10 napnál rövidebb, de 7 napnál hosszabb ideig a blocking jelenséget mutató pont is található még a térségben, de csak az az egyetlen pont teljesíti a 10 napos kritériumot.

Közép- és Kelet-Európa felett nem találtunk 10 napnál hosszabb, jelentős blocking eseményt.



16. ábra

A 10 napnál hosszabb blocking események térbeli elhelyezkedése 1971 és 2000 között

10. Esettanulmányok

10. 1. Az esettanulmányok kiválasztása

Három jellemző terület volt, ahol nagyobb térségre terjedt ki a blocking földrajzi eloszlása: Brit-szigetektől délkeletre, Németországtól nyugatra, illetve az Appennini-félsziget. Ezekből két esetet választottunk ki, hogy a blocking jelenséget és következményeit tanulmányozzuk szinoptikus skálán Európa területére, illetve azon belül megvizsgáljuk, hogy Magyarország időjárását hogyan befolyásolta. 1984/85 telén az óceán felett, 1986 nyarán pedig a szárazföldön, Németországtól nyugatra alakult ki tartós blocking jelenség.

A két időszak nem csak az évszakos eltérés miatt jó példa, hanem két eltérő típusú blocking helyzetre is. A két periódus 500 hPa-os főizobárszintre vonatkozó részletes geopotenciál térképei a függelékben található meg. Mindegyik időszaknál csak napi egy geopotenciál mezőt mellékelünk, 1984/85 telénél a 00 UTC-t, 1986 nyaránál a 12 UTC-t.

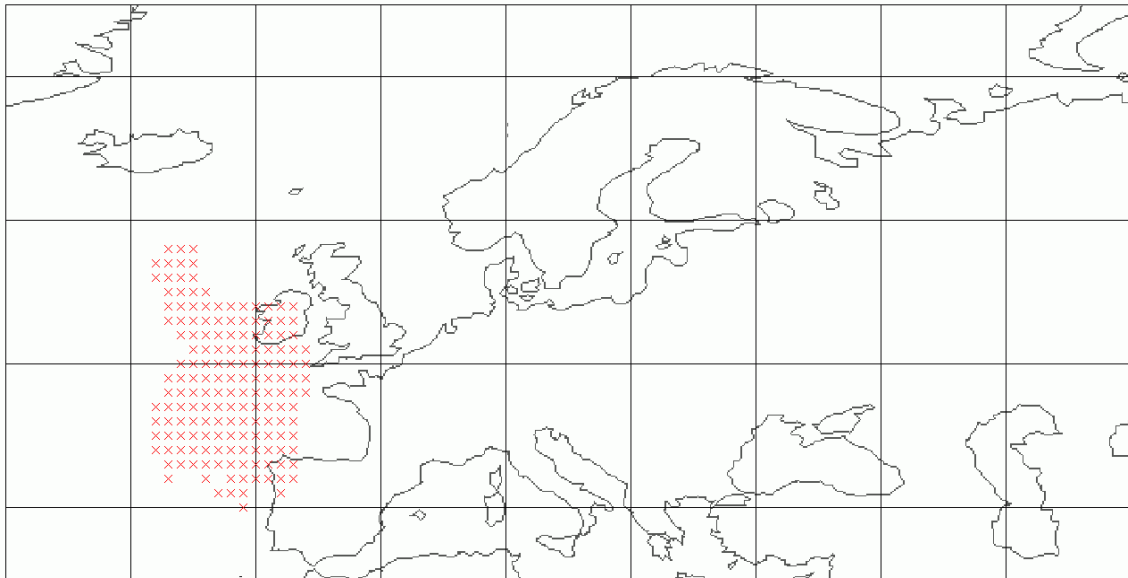
A téli esetben kettéhasadó áramlási mező típusú blocking esettel találkoztunk, míg a nyáron ómega típusút figyelhettünk meg.

10. 2. Esettanulmány I.

1984. december 27. 00 UTC - 1985. január 9. 00 UTC

10. 2. 1. Az európai szinoptikus helyzet

A Brit-szigetektől dél-keletre, az óceán felett található egy nagy kiterjedésű blocking terület, ahol 1984-85 tele egy 13 napos ciklust tartalmazott, ezt ábrázolja a *17. ábra*. Az óceán felett és Nyugat-Európában tartósan magas nyomású képződmény tartózkodott ebben az időszakban. A nyomás értéke a középpontban helyenként 1035 hPa fölé is emelkedett. Egy másik magas nyomású központ is jelen volt, melynek középpontja a talajon több, mint 1040 hPa-t mutatott, középpontja a Kelet-Európai-síkságon található, de az 500 hPa-os főizobárszinten tartós gerincet nem eredményezett.

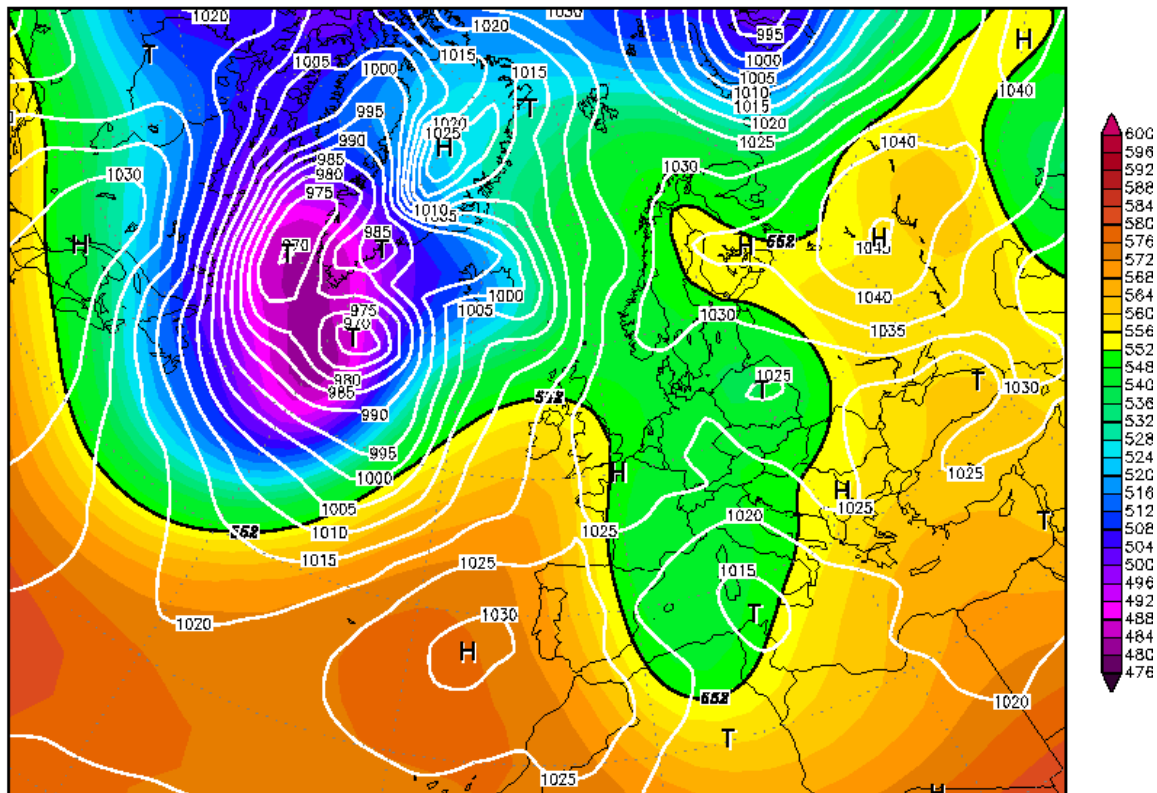


17. ábra

Az 1984. december 24. és 1985. január 9. közötti időszak blocking eseménye (piros x-ek)

Az 500 hPa-os főizobárszint alapján a kettéhasadó áramlási mező típusú blocking jelenségbe lehet besorolni, (lásd 18. ábra). Európa nyugati részén található a magas nyomású központ, míg a kontinens középső részén több alacsony nyomású terület is látható. Az óceán felett tartósan fennmaradó magas nyomású képződmény blokkolta a nyugat-kelet irányú áramlást, viszont keleti oldalán, a ciklonoknak szabad utat engedett észak-dél irányban keresztül Európán.

Sok helyen alakult ki nagyobb csapadék, több helyen havazás formájában. Ciklonok biztosították a hideg levegő áramlását dél felé, a kontinens középső részébe. Ebben az időszakban a Földközi-tenger térségét leszámítva jelentősen lehűlt a levegő egész Európa felett, de később, január elején már ott is szokatlanul hideg idő uralkodott.



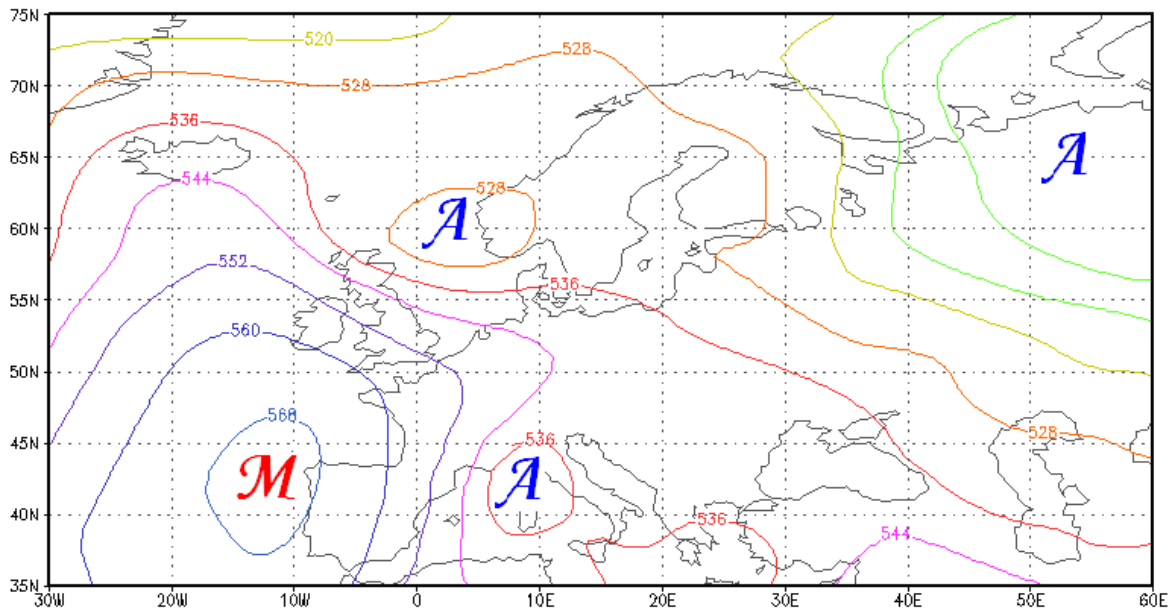
18. ábra

Az 500 hPa-os főizobárszint geopotenciál térképe (színes területek), és a tengerszintre átszámított légnyomás izobárai (fehér folytonos vonalak) (1984. december 28. 00 UTC)

(Forrás: www.wetterzentrale.de)

Kelet-Európa felett magas nyomású zóna helyezkedett el, középpontjában több mint 1045 hPa a nyomás értéke. Területén kevés felhő, száraz, hideg levegő volt. A kontinens középső részén ciklonok határozták meg az időjárást, egybefüggő felhőzetük a Balkán-félszigettől egészen Lengyelorszáig tartott, melyből több helyen főleg északi területeken havazott, délebbre eső esett. Az óceán felett húzódó anticiklon az un. „azori-orr” formájában Nyugat-Európa középső részéig nyúlt be, ezáltal kiszorítva onnan a ciklonokat. Sekély ciklon keletkezett a Földközi-tenger nyugati medencéjében, mely a következő napokban tovább erősödött, (lásd a 19. ábra).

December 28-ára Európa középső részén már összekapcsolódott az óceán felett kialakult magas nyomású zóna a Kelet-Európa felett található anticiklonnal. Területén gyenge légmozgás, párás, ködös idő volt. A Dél-Európában örvénylő ciklon kelet felé helyeződött át.



19. ábra

*Az 500 hPa-os főizobárszint geopotenciálja a felhasznált adatbázis alapján
(1984. december 31. 12 UTC)*

December 31-én újabb ciklon keletkezett a Brit-szigetektől északra, mely következő napokban gyors mozgással haladt a kontinens középső felébe, és több helyen okozott erős havazást, hózáport. Ebben az időszakban több gyors mozgású légörvény is kialakult Észak-Európa felett, melyek hasonló pályán mozogtak.

1985. január 6-ától magas nyomású zóna tört be Európa középső részére, az Alpok vonaláig, ahol felszakadozott a felhőzet, megszűnt a csapadék. A Brit-szigetek közelében kialakult anticiklontól keletre újabb ciklonok biztosították a hideg levegő áramlását dél felé, így már Dél-Európában is szokatlanul hideggé vált az idő.

10. 2. 2. Magyarország időjárása

Hazánk területét 1984. december 27-étől borult, csapadékos időjárás jellemezte. A hőmérséklet napközben is fagypont alatt maradt, és sokfelé esett a hó, csapadéknymom és 8 mm közötti mennyiséget jelentettek. Hazánkban továbbra is fagypont alatt maradt a hőmérséklet, helyenként -8, -14 °C-ot is mértek, és főleg északon gyenge havazás volt, ami

tovább növelte a már korábban kialakult, országos hótakaró mennyiségét. December 28-án csökkent a felhőzet, ködös, párás helyek alakultak ki a következő napon. December 30-ától felhősödés kezdődött, újabb csapadékzóna érte el térségünket, a lehullott mennyiség 1 és 7 mm közé esett. Mediterrán ciklon közelítette meg hazánkat. A hőmérséklet enyhén emelkedett, de még így is fagypontra maradt. A szélfordulás után, az erős északi szél hófúvásokat eredményezett főleg a Dunántúlon. A havazás folytatódott a következő napokban is, bár mennyisége sokkal kevesebb lett, a hőmérséklet csúcértéke napközben -1 és -5 °C közé esett. Január első napjaiban az északi régióból származó ciklon érte el hazánkat, ami újabb, de csak gyenge havazást hozott. Néhány helyen felszakadozott a felhőzet itt tovább csökkent a hőmérséklet -11, -16 °C közé. Január 3-án csökkent a felhőzet, de negyedikére újra megerősödött az északi szél, kisebb havazás, hózápor fordult elő főként az Északi-középhegységben. A hőmérséklet továbbra is -10 °C körül alakult. Január 5-ére a hőmérséklet hajnalban helyenként -18, -20 °C-ig süllyedt, csapadék többfelé előfordult. A következő napokban tovább folytatódott a napközben helyenként kialakult gyenge havazás. Január 8-án reggelre a hőmérséklet -14 és -27 °C közé esett vissza, és a nappali hőmérséklet sem haladta meg a -11, -19 °C -ot. Január 9-én változóan felhős idő volt országszerte, délnyugaton gyenge havazással.

10. 2. 3. A blocking jelenség hatása Magyarország időjárására

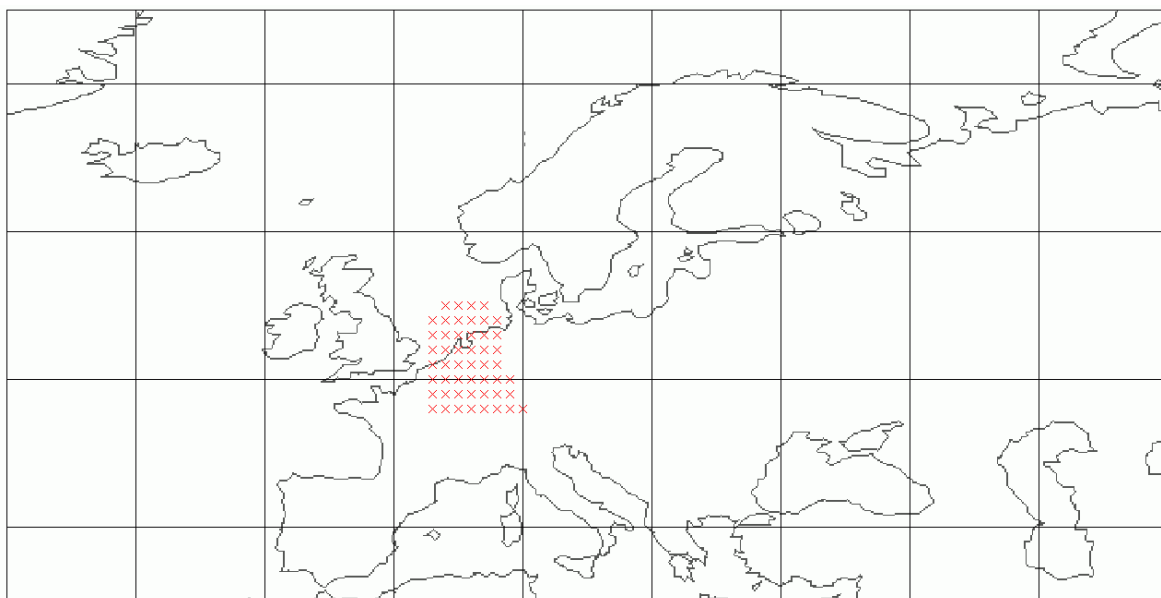
Magyarországon többnyire ciklonok vonultak át, melyek a többszöri havazást okozták. Néha anticiklonális helyzet is kialakult, ami a tartós alacsony hőmérsékletet biztosította. Az időszak elején már hótakaró borította hazánkat, amit a tartós, jelentősen alacsony hőmérséklet (időnként -15 °C) mellett nem olvadt el. Az óceán felett kialakult tartós magas nyomású területet megkerülve biztosított volt a ciklonok útja Európába, a Kelet-Európa felett kialakuló másik anticiklon szintén kedvezett az északi, hideg levegő leáramlásának Közép-Európában. Ebben az időszakban nem csak Magyarországon, de Európa többi részén is jelentősen alacsony hőmérsékletek alakultak ki.

10. 3. Esettanulmány II.

1986. június 21. 12 UTC és július 2. 12 UTC között

10. 3. 1. Az európai szinoptikus helyzet

Európa középső részén, Németországtól nyugatra találhatóak azok a pontok, amelyek a tartós blocking helyzetet biztosították, ez látható a 20. ábrán. Európa középső részén egy magas nyomású képződmény jött létre, mely 10 napig folyamatosan fennmaradt. Az anticiklon nyugati és keleti oldalánál egy-egy ciklon fejlődött ki, ezek szintén hosszabb ideig megmaradtak.

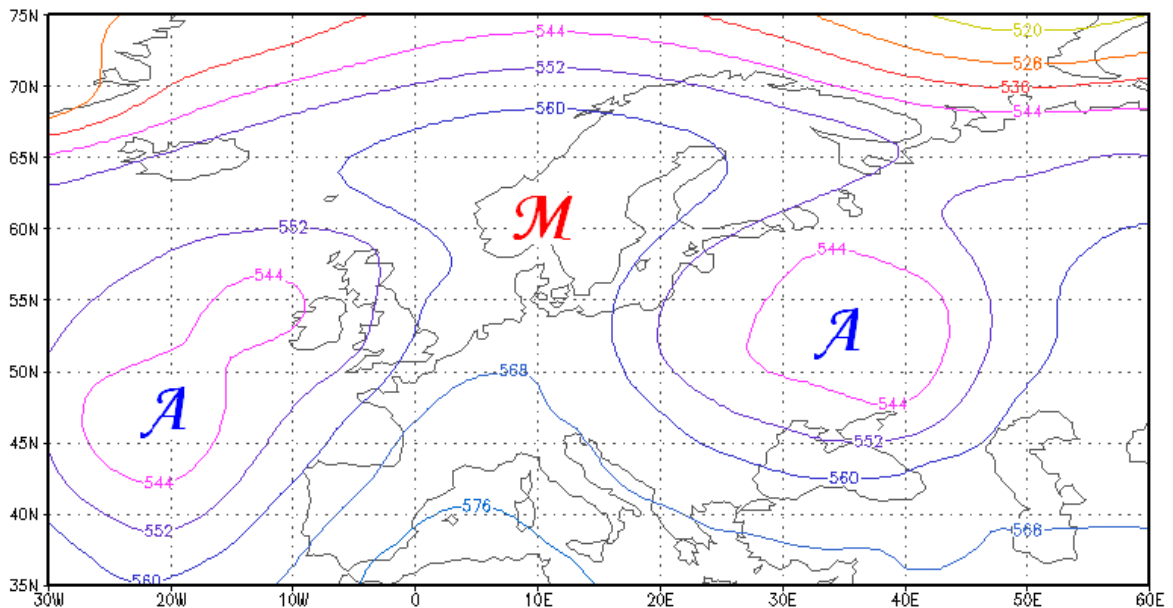


20. ábra

Az 1986. június 21. és július 2. közötti időszak blocking eseménye (piros x-ek)

Az 500 hPa-os izohipszák alapján ómega típusú blocking helyzetet lehetett felismerni. Az ómega nyugati lábán az alacsony magasságot jelző zárt izohipszák már a kialakuló gerinc előtt is jelen voltak. A keleti oldalon csak később alakult ki a tartós alacsonyabb geopotenciál, ennek ellenére azon a helyen, a talajon sokkal hevesebb

örvénylő ciklon fejlődött ki. Az áramlási kép tartósnak bizonyult, izohipszák képe június 24. 00 UTC és 28. 00 UTC között szinte teljesen azonos, sem a gerinc, sem az őt körülfogó alacsonyabb zárt izohipszájú területek nem változtatták helyüket jelentősen. A 21. ábrán látható az ómega alakú blocking helyzet. A részletes, 11 napot felölelő geopotenciál térképek a függelékben találhatóak meg.

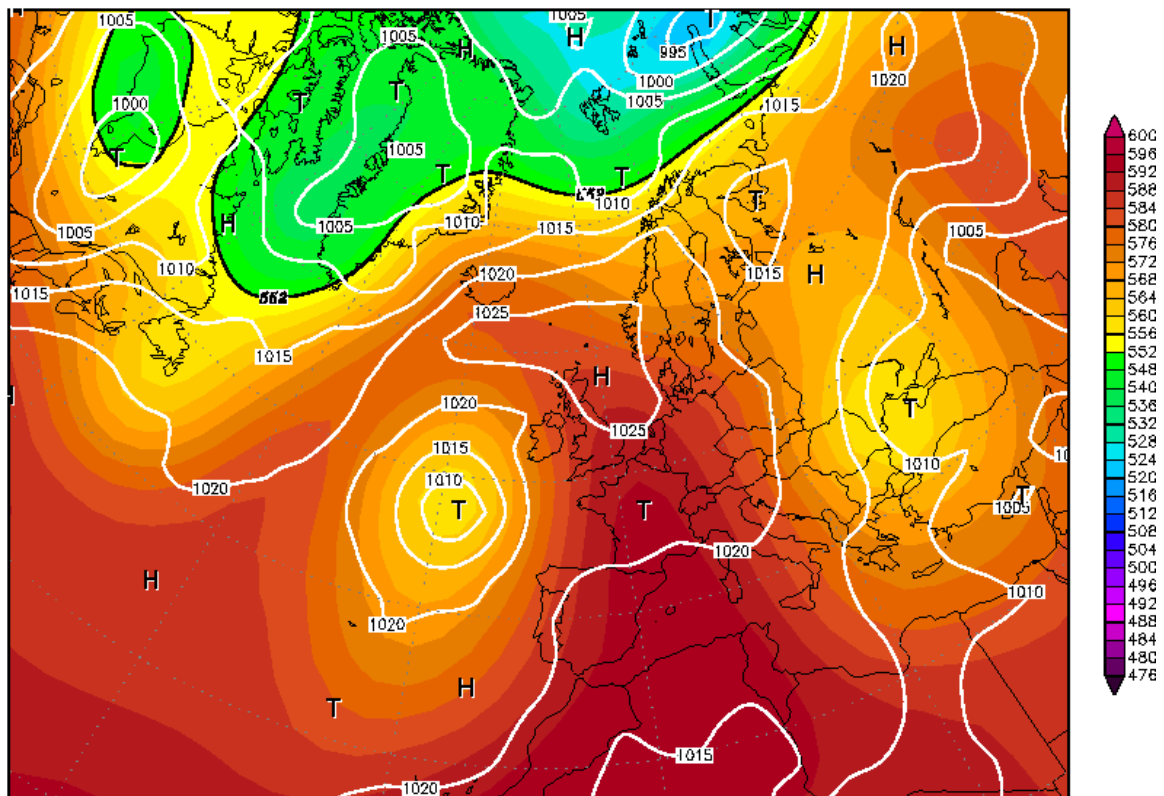


21. ábra

*Az 500 hPa-os főizobárszint geopotenciálja a felhasznált adatbázis alapján
(1986. június 25. 00 UTC)*

A tengerszintre átszámított légnyomás térképen Spanyolországtól északra egy ciklon okozott borult időjárást, viszont Európa nagy részén egy magas nyomású központ uralkodott. Ennek következtében napos idő volt, csak néhány helyen alakult ki zápor, zivatar, főleg a délutáni, kora esti órákban. A Skandináv-félsziget felől június 21-én hűvös léghullámok indultak el Nyugat-Európa és Fekete-tenger felé. Az észak felől jövő hűvösebb légtömegek enyhítették az Európa középső részén uralkodó fülledtséget. Június 23-án a kontinens középső részén található magas nyomású képződmény tartósnak bizonyult, területén az időjárást csak a helyi tényezők alakították. Ettől a térségtől nyugatra és keletre ciklonok húzódtak, csapadékban gazdag időjárással. Június 25-én Európa

középső részén 1020 hPa felett alakult a légnyomás értéke, napos, derült volt idő. A Kelet-Európai-síkságon egy ciklon örvénylett, melynek középpontja Moszkvához közel volt, hatására többé-kevésbé lehűlt a levegő Kelet-Európától egészen a Balkánig. A már több napja Európa középső részén, a Skandináv-félszigettől Dél-Olaszországig húzódó magas nyomású zóna továbbra is kevés felhőt, napsütéses időt okozott. A kontinens keleti része felett örvénylő ciklon miatt eső, záporosó volt jellemző erre a területre. A magas nyomású zóna keleti oldalán június 29-től hideg levegő áramlott délre. A tartós hűvösebb légtömeg áramlása miatt visszaesett a hőmérséklet az anticiklontól keletre eső területeken, viszont a magas nyomású térségében szokatlanul magas hőmérsékleteket (London 29 °C, Párizs 32 °C) mértek. Az uralkodó áramlás az anticiklon nyugati, de főleg a keleti oldalán napok óta északi volt, ami a lehülést okozott főleg Kelet-Európában. Ez látható a 22. ábrán is, a gerinc még mindig ugyanazon a helyen tartózkodik, mint az előző ábrán



22. ábra

Az 500 hPa-os főizobárszint geopotenciál térképe (színes területek), és a tengerszintre átszámított légnyomás izobárjai (fehér folytonos vonalak) (1986. június 28. 00 UTC)

(Forrás: www.wetterzentrale.de)

10. 3. 2. Magyarország időjárása

Június 21-én felhős idő volt, északon és keleten, több helyen alakult ki zápor, zivatar, néhány helyen jégeső is előfordult. 22-én változóan felhős idő volt, esőt már nem jelentettek, a hőmérséklet 21 és 30 °C között alakult. Estére néhány helyen zápor, zivatar alakult ki. A következő napon is jellemző volt a változó felhőzet, a hőmérséklet 20 és 27 °C között alakult. Június 24-én a Közép-Európát uraló magas nyomású zóna elérte hazánkat. Napos, száraz idő jellemezte időjárásunkat, helyenként alakult csak ki jelentéktelen záporosó. Június 26-án erős északias áramlás volt a jellemző, de tartós lehülést nem okozott, és éjszakára mérséklődött a szél. Június 27-én időnként erősen megnövekedett a felhőzet, de csak futó zápor volt jellemző. Június 28-án újra megerősödött az északi szél, és a felhőzet is megnövekedett. Másnap is gyakran erősen megnövekedett a felhőzet, sok helyen jelentettek záport, zivatart, a Mátrában jégeső is volt, a csapadék mennyisége 1 és 15 mm közé esett, de helyenként meghaladta a 20 mm-t is. Következő napon is jellemző volt a helyi csapadék. Ennek mennyisége a csapadéknym és 25 mm közé tehető a változatos területi eloszlás miatt. Július első két napjában már túlnyomóan napos idő volt, csak egy-két helyen alakult ki zivatar.

10. 3. 3. A blocking jelenség hatása Magyarország időjárására

Magyarország többnyire a magas nyomású zónában helyezkedett el, ezért főleg helyi hatások alakították időjárásunkat. Az időszak második felében pár napig jellemző volt az élénk, északias áramlás, de ez sem okozott jelentős lehülést. Ennek oka abban rejlik, hogy az erős északias áramlás elkerülte hazánkat, tőlünk keletebbre Ukrajnában és a Fekete-tenger partvidékén okozott csak jelentős lehülést. Az anticiklon biztosította, hogy a Kelet-Európai-síkságon örvénylő ciklon ne befolyásolja jelentősen időjárásunkat, bár Magyarország a két légköri képződmény határán helyezkedett el. Mivel a két képződmény peremén helyezkedett el elsősorban Magyarország, ezért sem a blocking területére jellemző meleg anomáliás hőmérsékletek, sem a peremen kialakuló heves északias leáramlás, illetve ciklontevékenység nem volt jellemző hazánk időjárására.

11. Összefoglalás

A blocking szinoptikus skálájú jelenség, ezért nagyobb térséget vontunk be vizsgálatunkba. Nem csak Európa, de még az Atlanti-óceán egy része is bekerült az elemzett térségbe. Részben azért is, mivel a szakirodalmi források alapján nem csak Európában, hanem az Atlanti-óceán keleti felére is jellemző ez a jelenség.

Kaas and Branstator (1993) indexét használtuk a blocking tevékenység térbeli és időbeli jellegzetességeinek meghatározása céljából. A minimális időkorlátot a cikk szerzői 10 napban adták meg, de mivel ez az időkorlát kevés elemezhető adatot biztosított, ezért belevettük a vizsgálatba a 7 napnál hosszabb blocking tevékenységeket is. Az 500 hPa-os szélmező v-komponense alapján határoztuk meg a blocking pontos helyét.

Ez az index az alacsonyabb szélességeken kialakuló, tartósan fennmaradó anticiklonokat is ugyanúgy kimutatta, mint a magasabb szélességeken megjelenő blocking jelenséget.

Az eredmények alapján Magyarország felett nem alakult ki tartós blocking tevékenység. Ennek ellenére hét napnál rövidebb időszakok jelenlétét nem zárhatjuk ki. Az eredmények figyelembe vételénél is fontos, hogy ahol éves szinten „0” értéket kaptunk, az csak annyit jelent, hogy 7 napnál hosszabb időszak nem volt az adott évben.

Az időbeli vizsgálatok kimutatták, hogy 1971 és 2000 között főleg az első felére volt jellemző a blocking tevékenység. Az időszak második felében több olyan év jelent meg ahol „0” volt az érték, illetve maguk az értékek is alacsonyabbak voltak.

Ezek ellenére, mivel nagy térségű folyamatról van szó, ezért hatása megjelenik a blockingon kívül eső területeken is, így például a Kárpát-medencében. Az esettanulmányok rá is világítottak arra, hogy országunk időjárására, ha közvetetten is, de a blocking jelenség hatással van. Az óceán felett kialakult és tartósan fennmaradt anticiklon hazánkban 1984/85 telén jelentős hideg időjárást hozott, míg 1986 nyarán a blocking pereme befolyásolta időjárásunkat.

Az 1971 és 2000 közötti időszakra kapott eredmények alapján bemutattuk a blocking jelenséget. Az időbeli és térbeli vizsgálatok kimutatták, hogy nem periodikus jelenségről van szó, hosszabb időskálát elemezve a jelenség csökkenő tendenciáját is

meghatároztuk. Más kutatásokhoz hasonlóan (Lupo et al., 2008), mi is kimutattuk az 1980-as években található maximumot.

A blocking események területi eloszlását is elemeztük a harminc éves periódusban. Vizsgálatunk eredményeként nyári hónapokban a kontinens középső része felett alakul ki blocking jelenség, ez főleg a június-júliusi hónapokra tehető. A tavaszi és a téli hónapokban, főként december végétől május végig, Európa nyugati része és az óceán felett található területek a jellemzőek. Őszi hónap a 10 napos intervallum felett egyáltalán nem jelent meg.

További terveink között szerepel 30 évnél hosszabb időtartamot vizsgálni, és kapcsolatot keresni, hogyan függnek össze az északi hemiszféra más területein kialakuló blocking tevékenységek egymással. Valamint más nagyobb térségű folyamat és a blocking összefüggéseit keresni, illetve gyakoriságának és intenzitásának a klímaváltozásban betöltött szerepét kutatni.

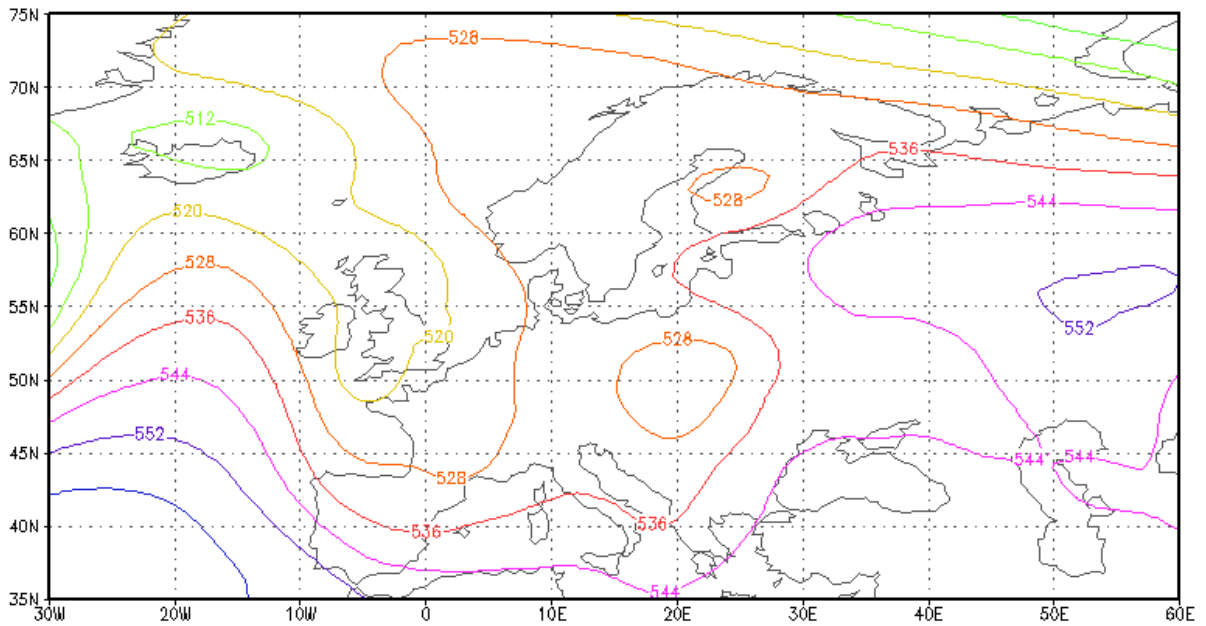
12. Hivatkozások

- Barriopedro, D., R. Garcia-Herrera, A. R. Lupo, E. Hernandez, 2006: A climatology of Northern Hemisphere blocking. *J. Clim.*, 19, 1042–1063. old.
- Dole, R. M., N. D. Gordon, 1983: Persistent anomalies of the extratropical Northern Hemisphere wintertime circulation: Geographical distribution and regional persistence characteristics. *Mon. Wea. Rev.*, 111, 1567–1586. old.
- Egger, J., 1978: Dynamics of blocking highs. *J Atmos Sci* 35: 1788–1801. old.
- Elliott, R. D., T. B. Smith, 1949: A study of the effects of large blocking highs on the general circulation in the Northern-Hemisphere westerlies. *J. Meteor.*, 6, 67–85. old.
- Garriott, E. B., 1904: Long-range forecast. *US Weather Bureau Bulletin No. 35*, 142. old.
- Gyuró Gy., 2001: Szinoptikus előadások IV. A blokkoló anticiklon. *Egyetemi Meteorológiai Füzetek No. 16*. 78–88. old.
- Gyuró Gy., 2002: Az elmúlt ősz szélsőségei szinoptikus szemmel. A blocking. Beszámoló a 2001. évi tevékenységről. OMSZ, Budapest, 138-144. old.
- Gyuró Gy., 2007: A szinoptikus meteorológia fogalomrendszere. *ELTE-munkafüzetek*, ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 74. old.
- Ji, L. R., S. Tibaldi, 1983: Numerical simulations of a case of blocking: The effects of orography and land-sea contrast. *Mon. Weather Rev.* 111, 2046–2086. old.
- Kaas, E., G. Branstator, 1993: The relationship between a zonal index and blocking activity. *J. Atmos. Sci.*, Vol. 50, No.18, 3061–3077. old.
- Lupo, A. R., P. J. Smith, 1995: Climatological features of blocking anticyclones in the Northern Hemisphere. *Tellus* 47A: 439–456. old.
- Lupo, A. R., J. V. Clark, A. M. Hendin, A. S. Kelly, K. M. Mihalka, B. L. Perrin, K. M. Puricelli, 2008: The global increase in blocking occurrences. 20th Conference on Climate Variability and Change / 88th Annual Meeting of the American Meteorological Society 19 – 24 January, 2008, New Orleans, LA
- Namias, J., 1950: The index cycle and its role in the general circulation. *Journal of Meteorology*, Vol. 7, No. 2, 130-139. old.
- Pelly, J. L., B. J. Hoskins, 2003: A new perspective on blocking, *J Atmos Sci* Vol. 60., 743–755. old.

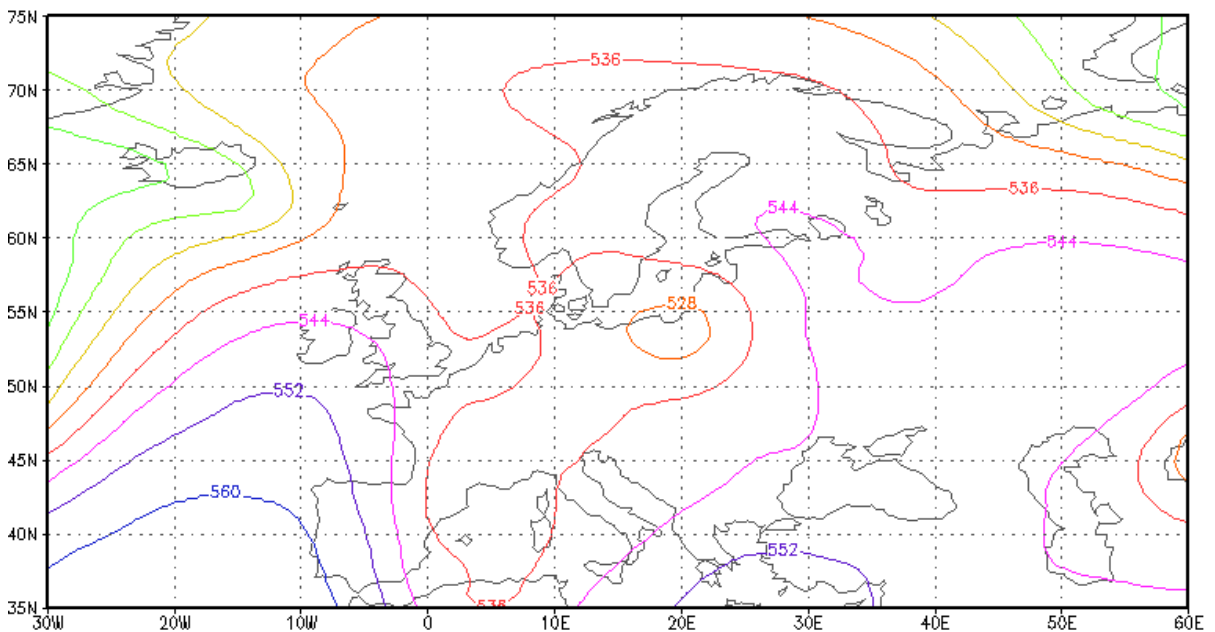
- Rex, D. F., 1950a: Blocking action in the middle troposphere and its effect upon regional climate. Part I. An aerological study of blocking action. *Tellus* 2: 196–211. old.
- Rex, D. F., 1950b: Blocking action in the middle troposphere and its effect upon regional climate. Part II. The climatology of blocking action. *Tellus* 2: 275–301. old.
- Rossby, C-G. and collaborators, 1939. Relation between variations in the intensity of the zonal circulation of the atmosphere and the displacement of the semipermanent centers of action. *J. Marine Research*, 2, 38–55. old.
- Sanders, R. A., 1953: Blocking highs over the Eastern North Atlantic Ocean and Western-Europe. *Mon Weather Rev* Vol 81., 67–73. old.
- Tibaldi, S., F. Molteni, 1990: On the operational predictability of blocking. *Tellus* 42A: 343–365. old.
- Tibaldi, S., E. Tosi, A. Navarra, L. Pedulli, 1994: Northern and Southern Hemisphere seasonal variability of blocking frequency and predictability. *Mon Weather Rev* Vol.: 122, 1971–2003. old.
- Tóth T., 2007: Jelentős csapadékhullással járó Földközi-tengeri ciklonok klimatológiája blokkoló anticiklonok gyakoriságának függvényében. Diplomamunka. ELTE Meteorológia Tanszék, Budapest, 15–19. old.
- Tóth T. és Gyuró Gy., 2006: Jelentős csapadékhullással járó földközi-tengeri ciklonok klimatológiája blokkoló anticiklonok gyakoriságának függvényében. A III. Magyar Földrajzi Konferencia tudományos közleményei. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest
- Varga L., 1977: A blocking tevékenység és annak hatása Európa időjárására. Diplomamunka. ELTE Meteorológia Tanszék, Budapest, 9–22. old
- Wiedenmann, J. M., A. R. Lupo, I. I. Mokhov, E. Tikhonova, 2002: The climatology of blocking anticyclones for the Northern and Southern Hemispheres: Block intensity as a diagnostic. *J. Climate*, Vol.:15, 3459–3474. old.

Függelék

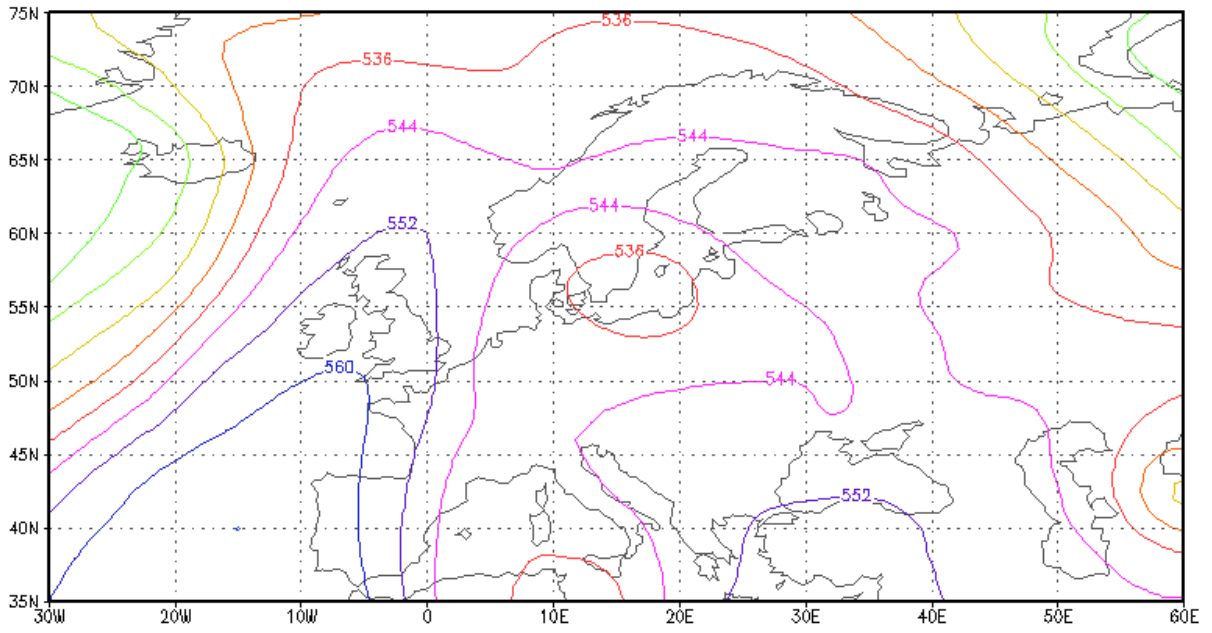
*Az 500 hPa-os főzobárszint geopotenciáljának változása
az I. esettanulmány ideje alatt
(1984. december 27. 00 UTC – 1985. január 9. 00 UTC)*



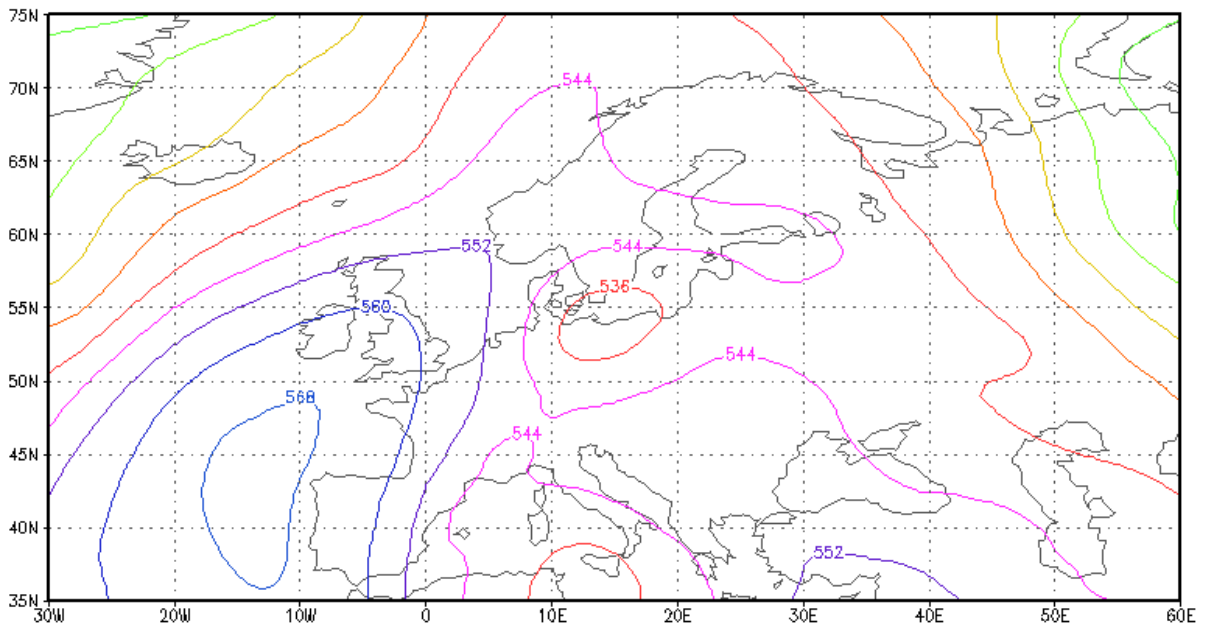
1984.12.27. 00 UTC



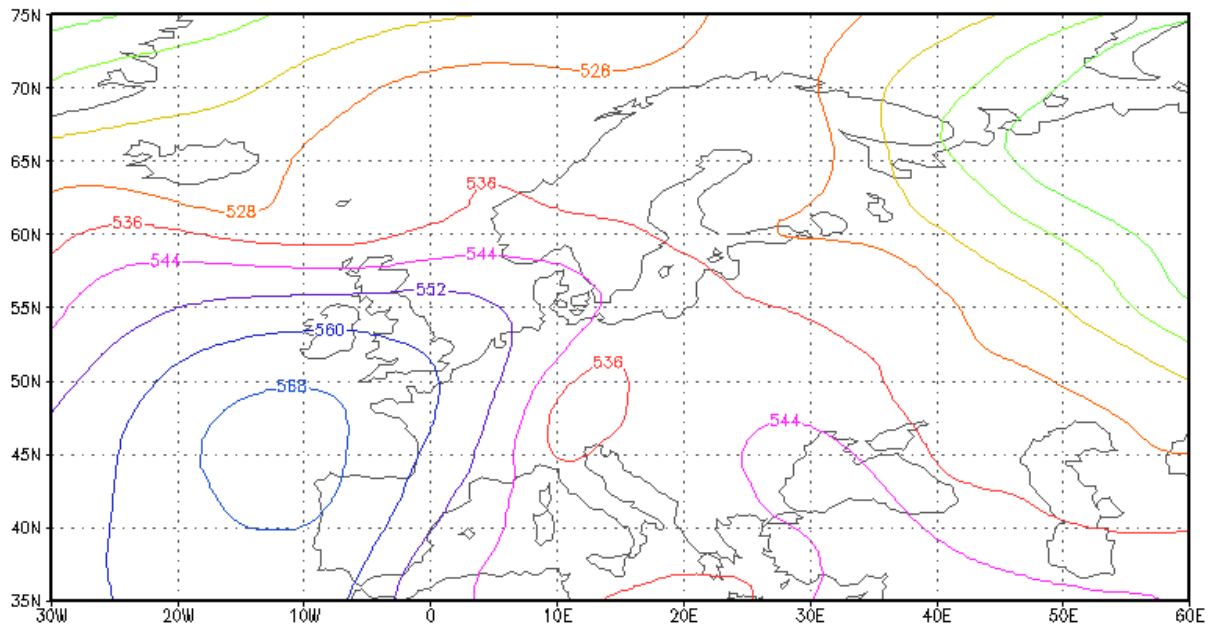
1984.12.28. 00 UTC



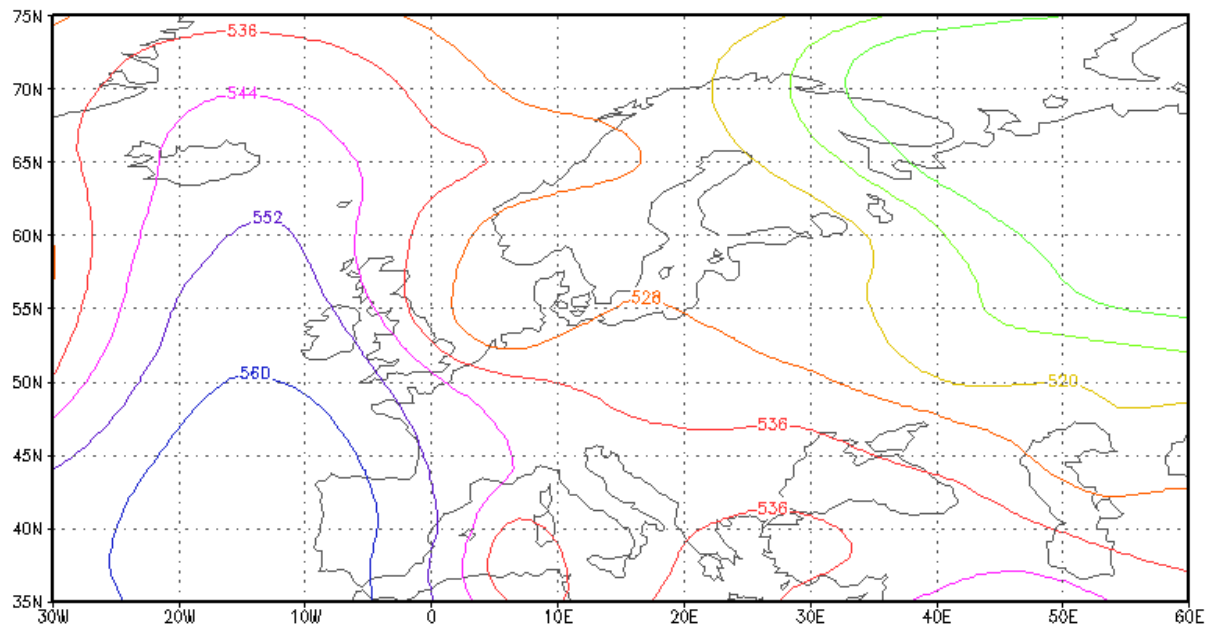
1984.12.29. 00 UTC



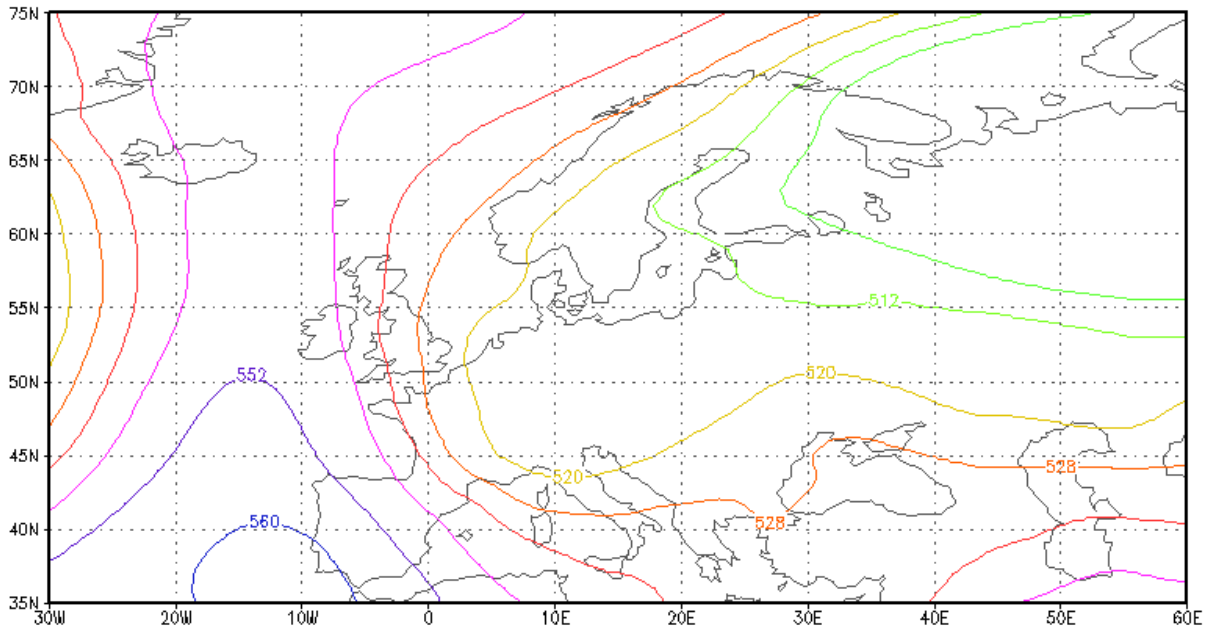
1984.12.30. 00 UTC



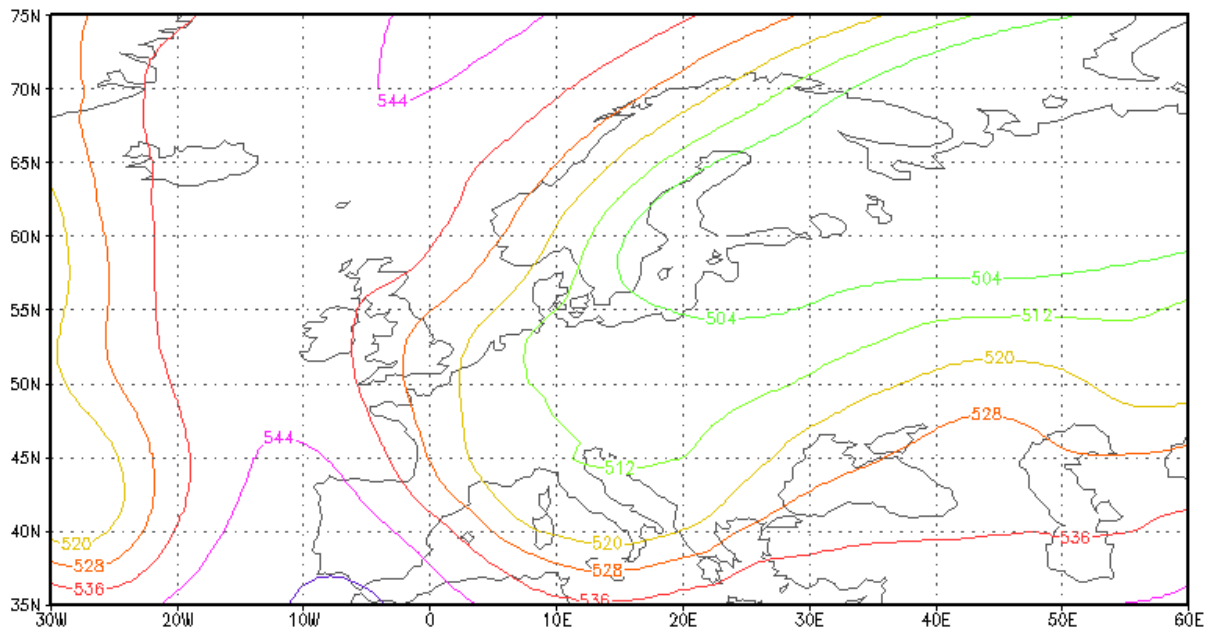
1984.12.31. 00 UTC



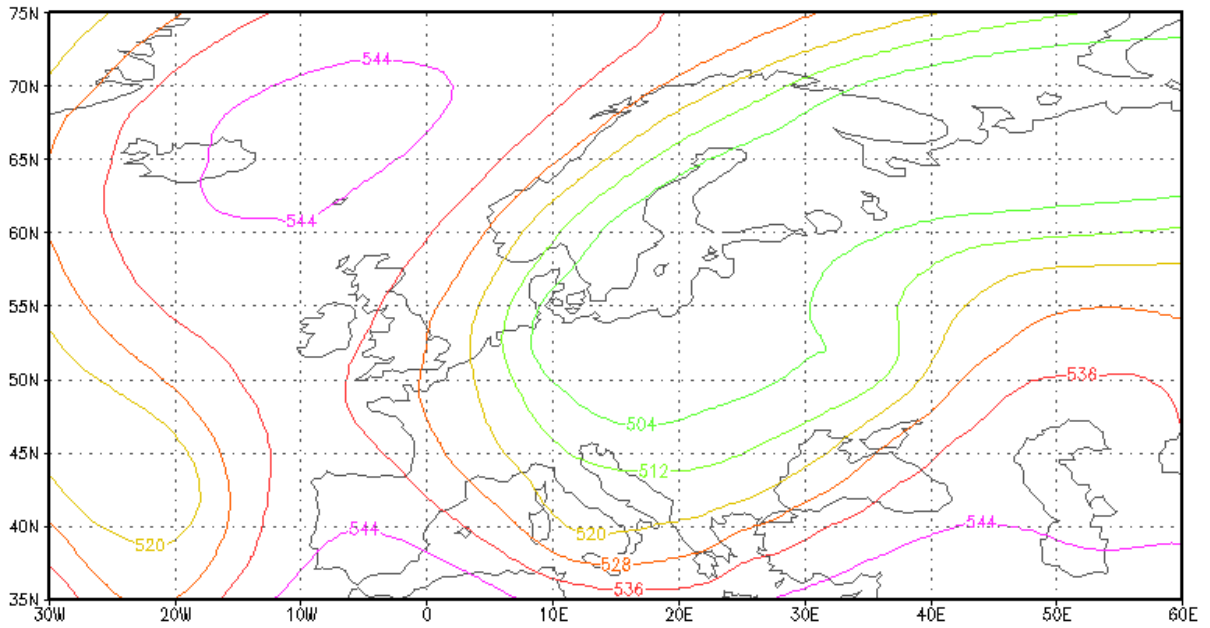
1985.01.01. 00 UTC



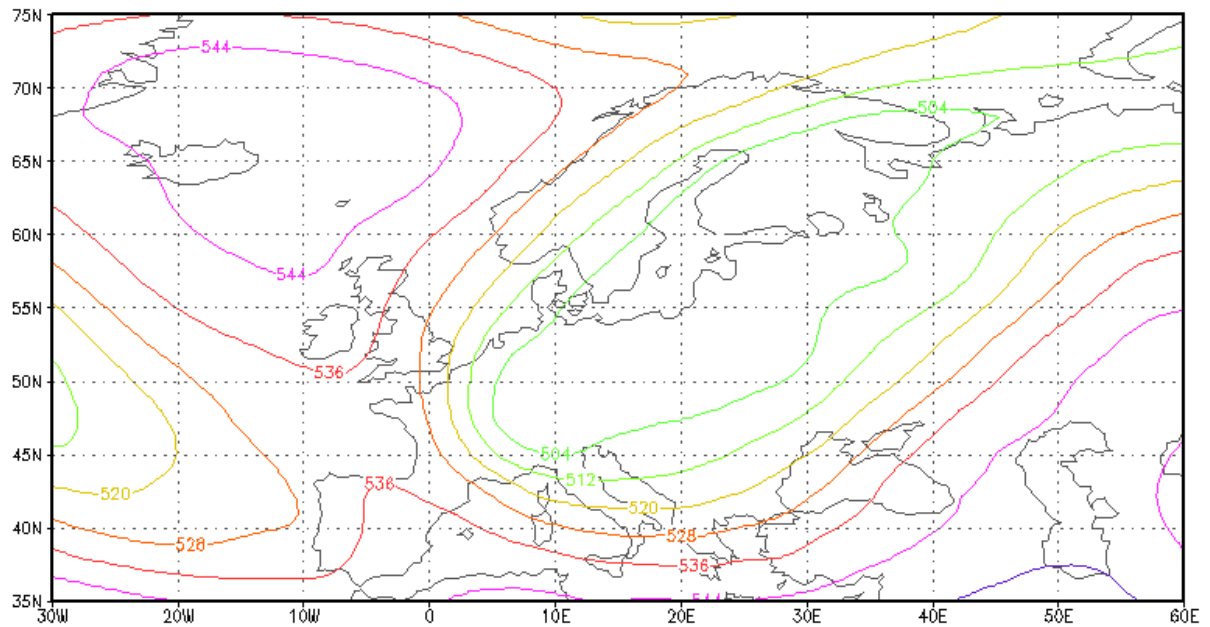
1985.01.02. 00 UTC



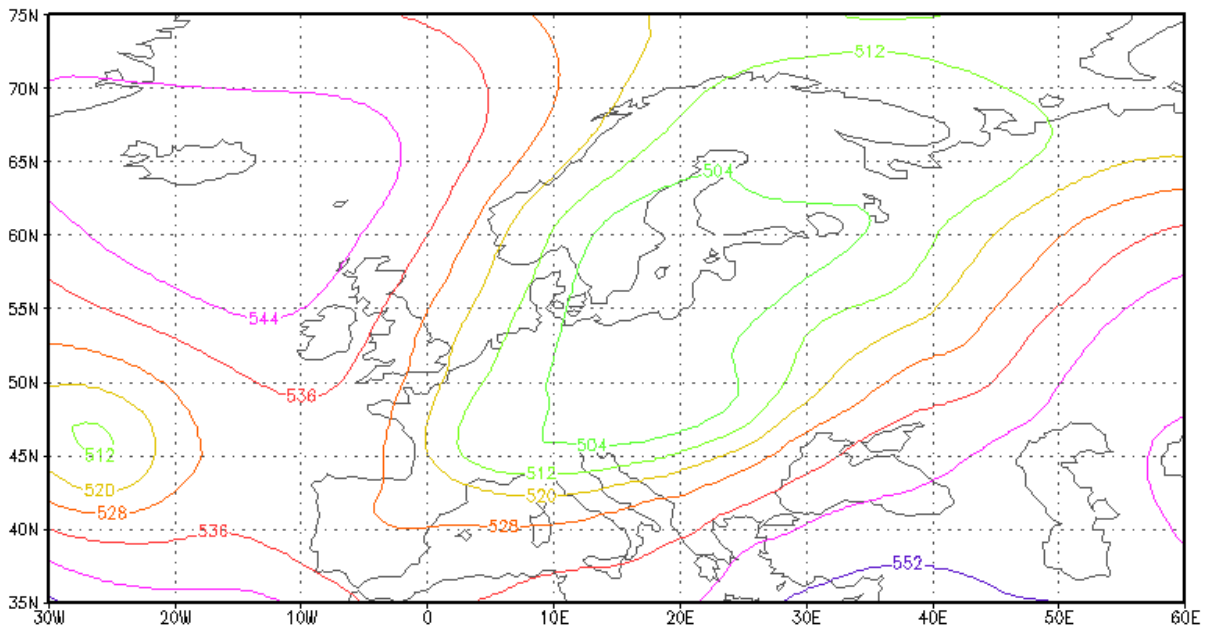
1985.01.03. 00 UTC



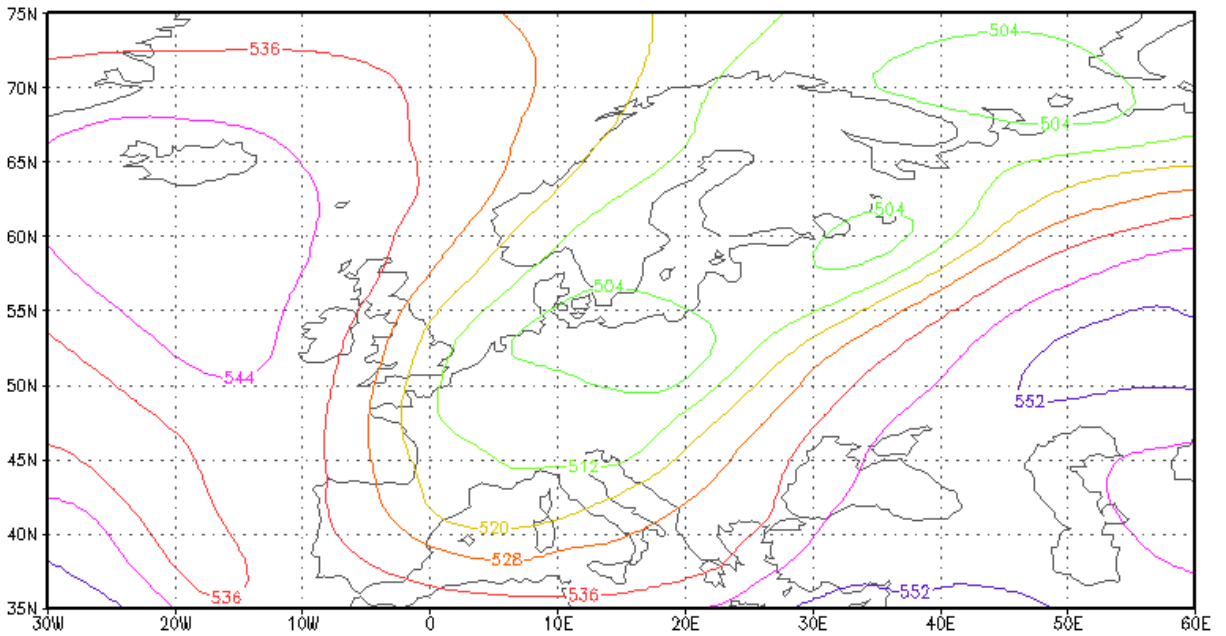
1985.01.04. 00 UTC



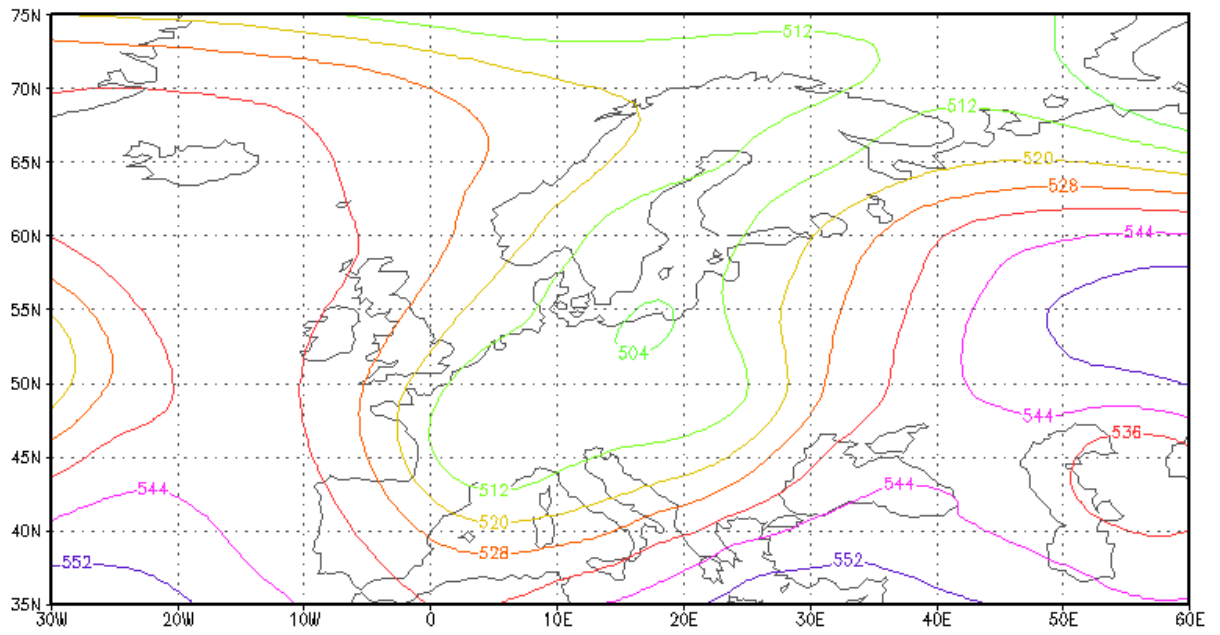
1985.01.05. 00 UTC



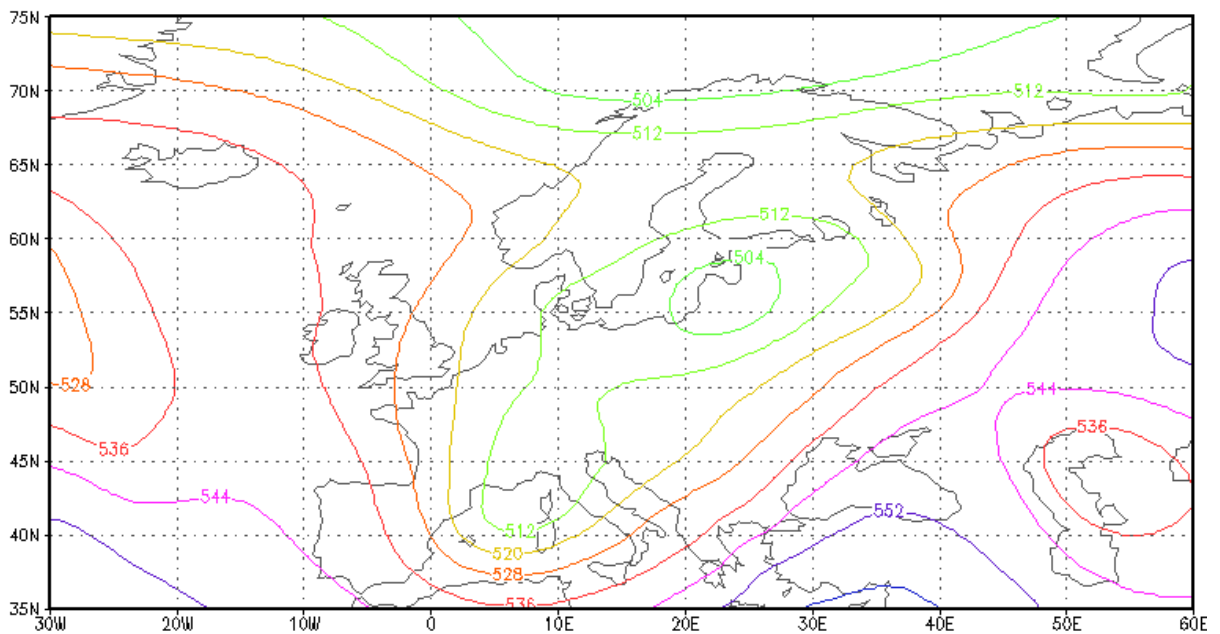
1985.01.06. 00 UTC



1985.01.07. 00 UTC

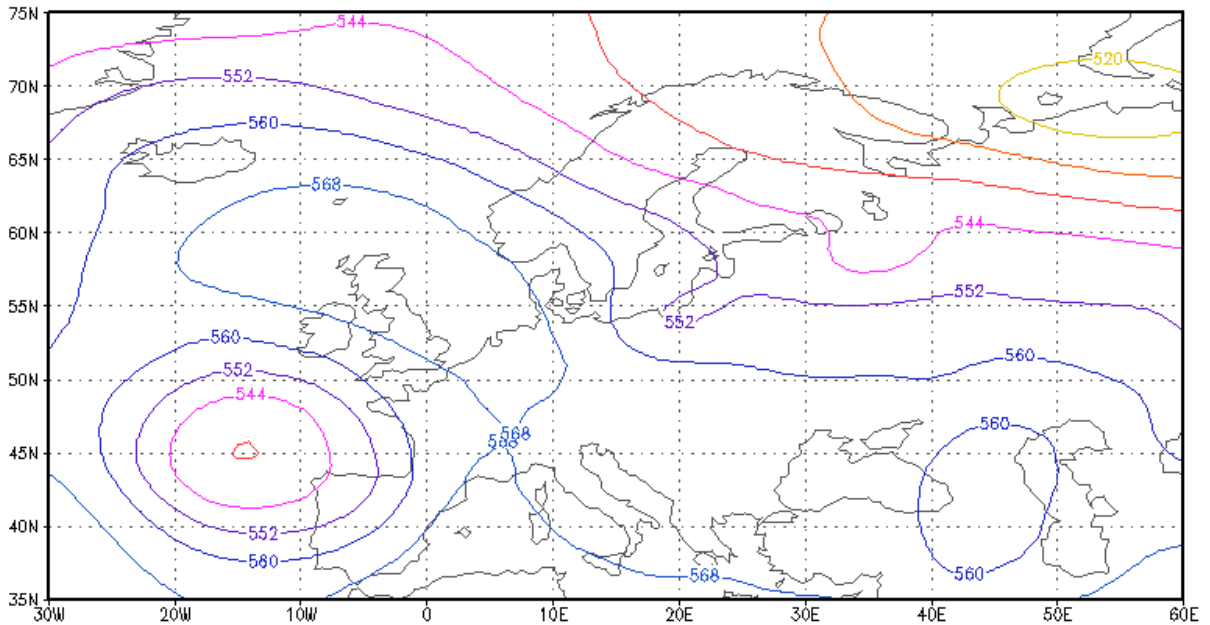


1985.01.08. 00 UTC

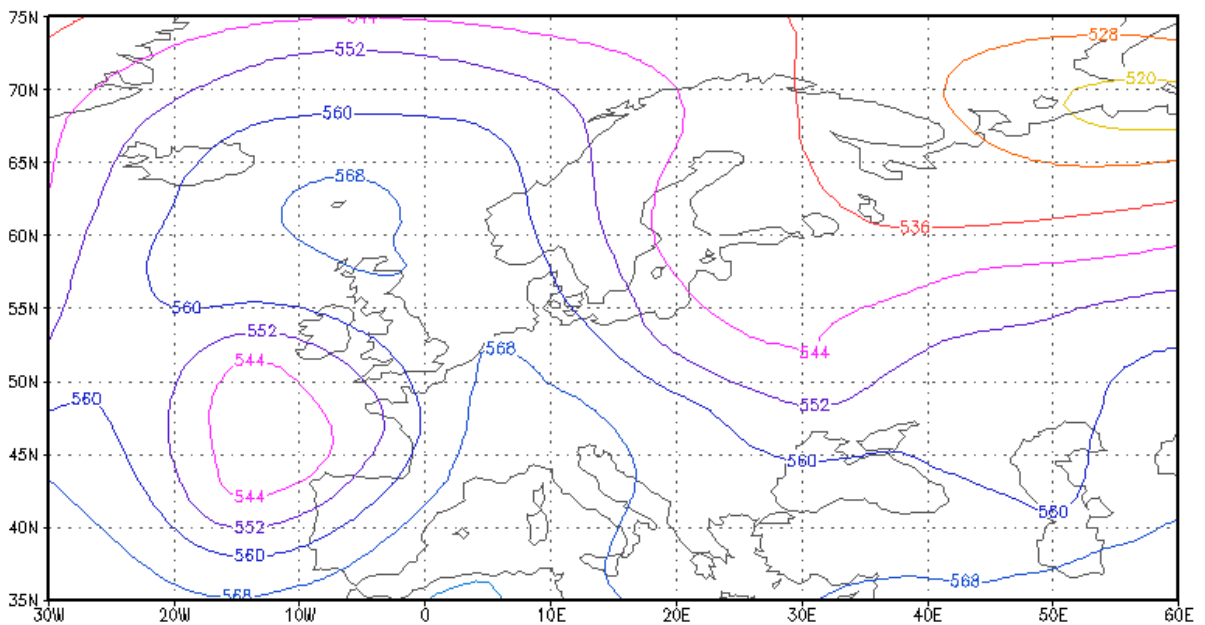


1985.01.09. 00 UTC

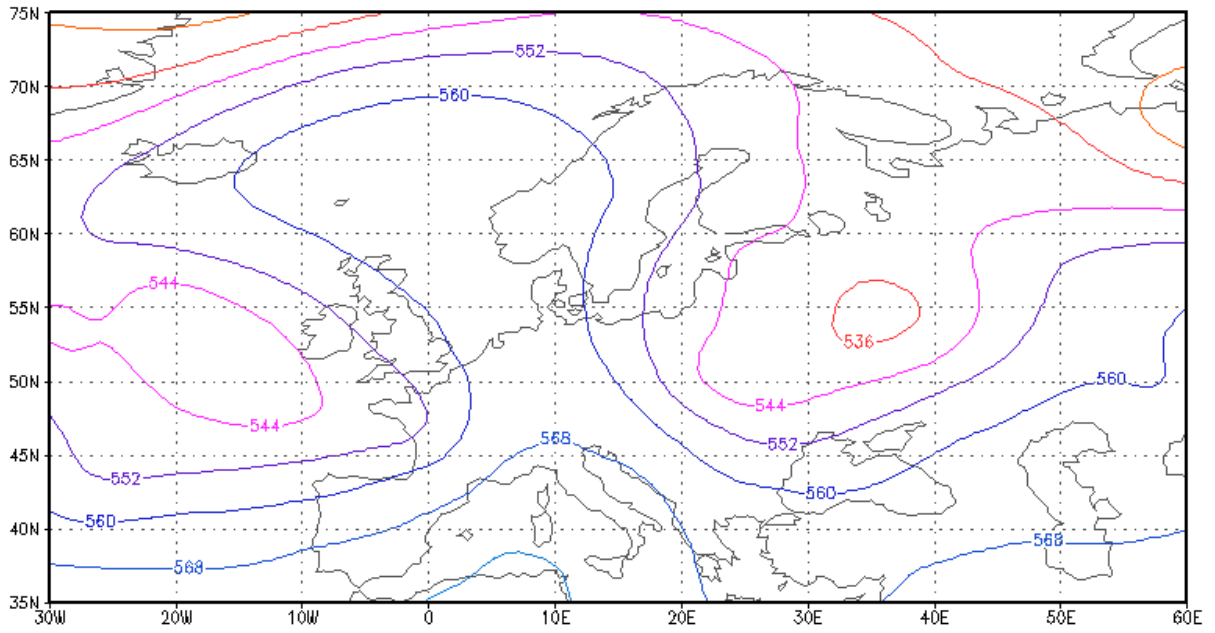
***Az 500 hPa-os főzobárszint geopotenciáljának változása
a II. esettanulmány ideje alatt
(1986. június 21. 12 UTC – július 2. 12 UTC)***



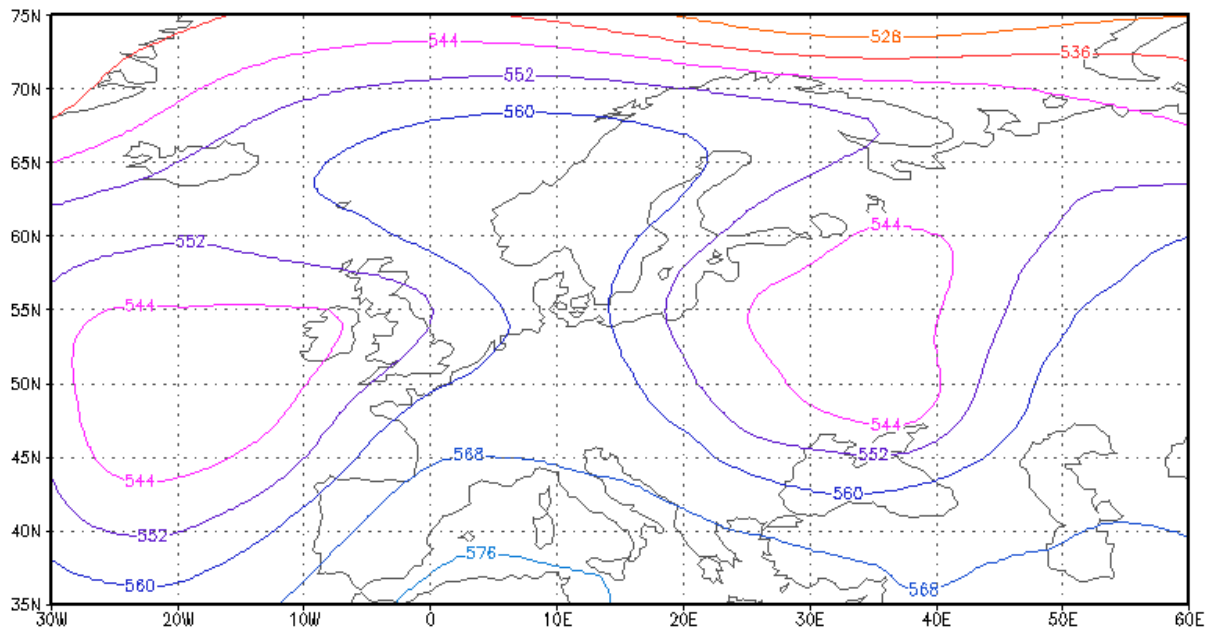
1986.06.21. 1200 UTC



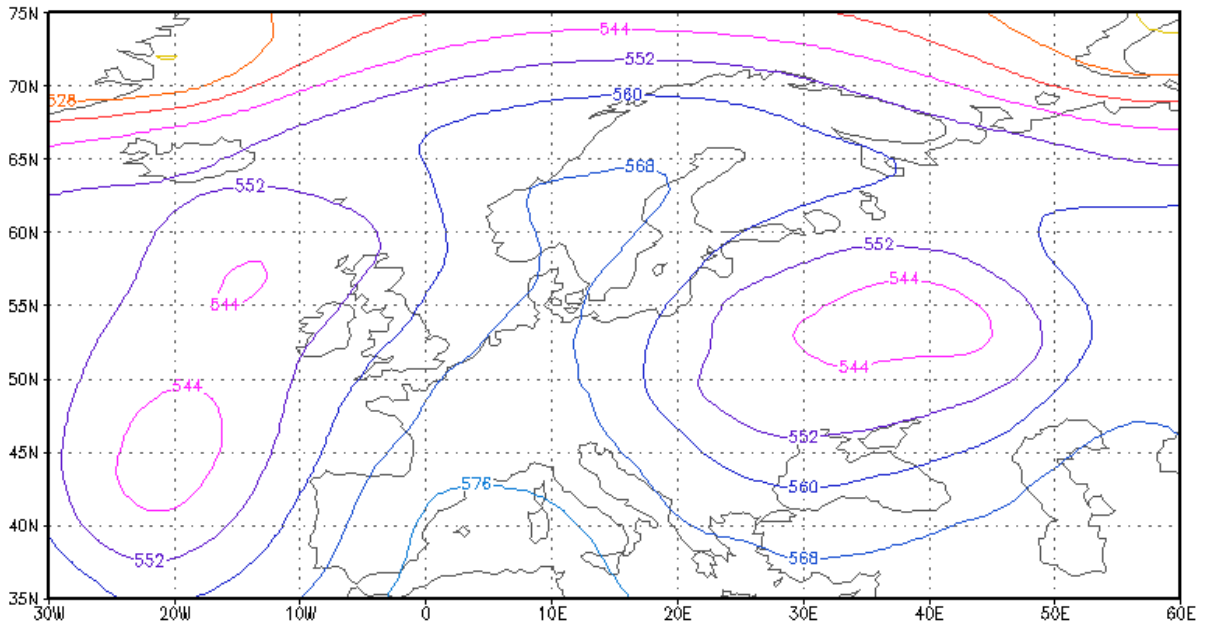
1986.06.22. 1200 UTC



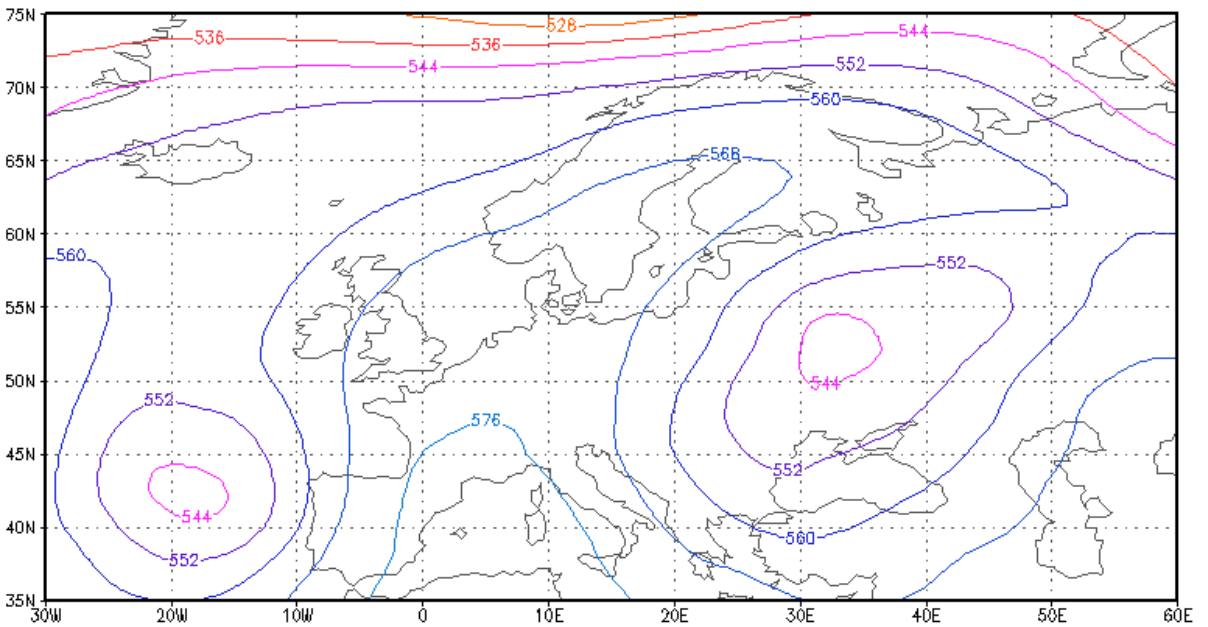
1986.06.23. 1200 UTC



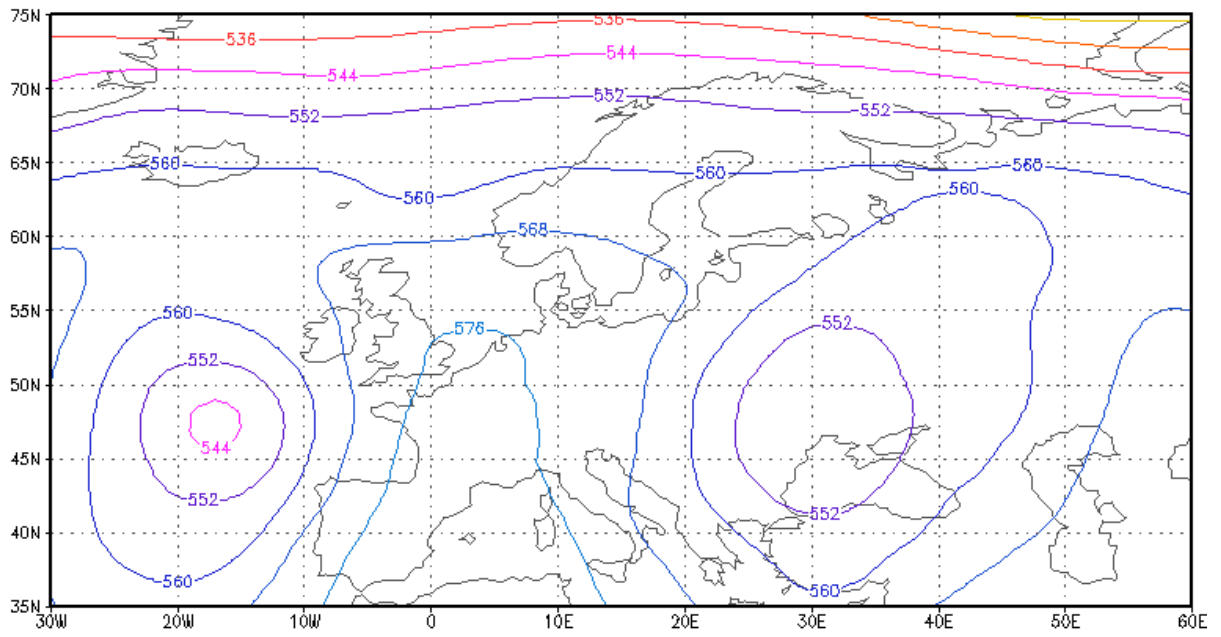
1986.06.24. 1200 UTC



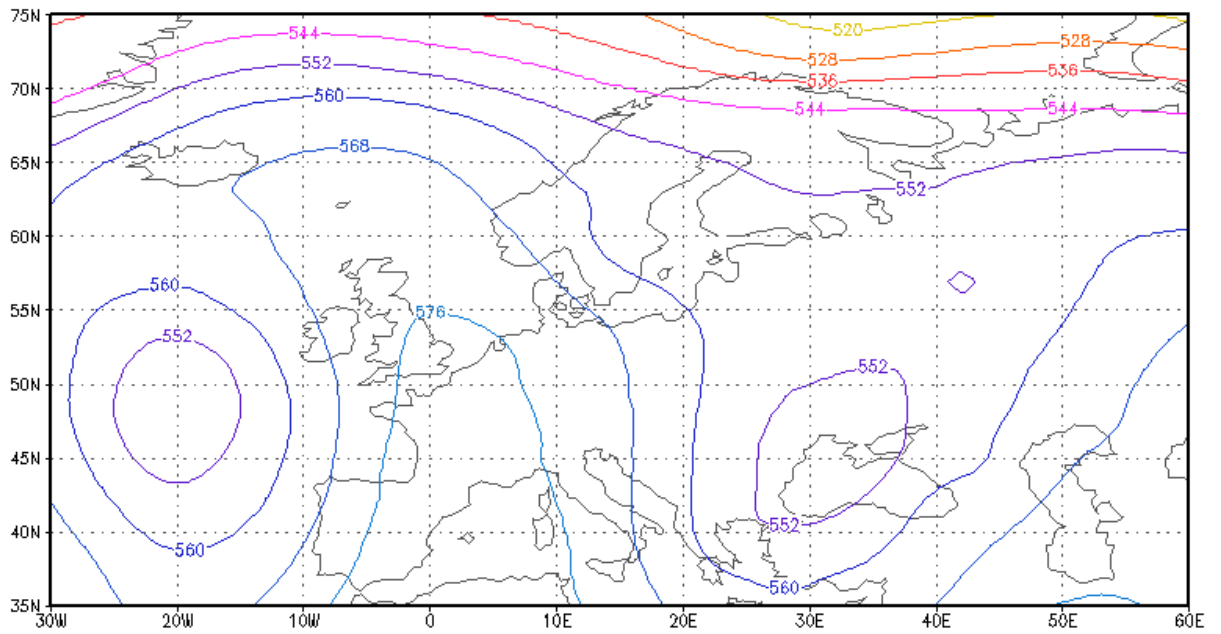
1986.06.25. 1200 UTC



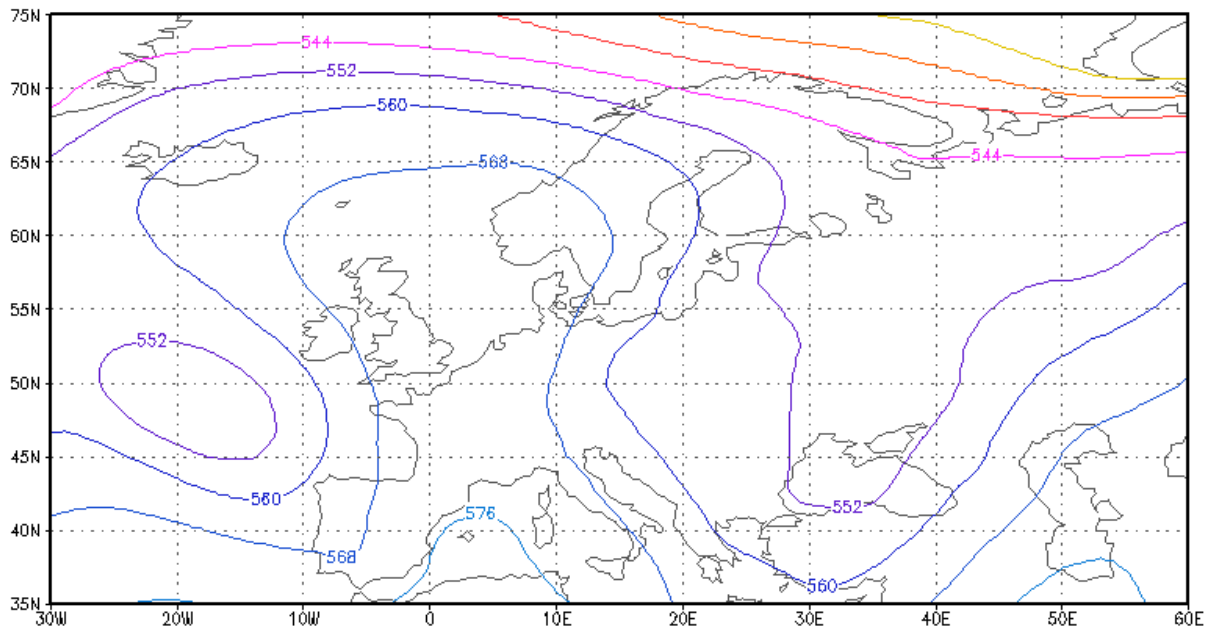
1986.06.26. 1200 UTC



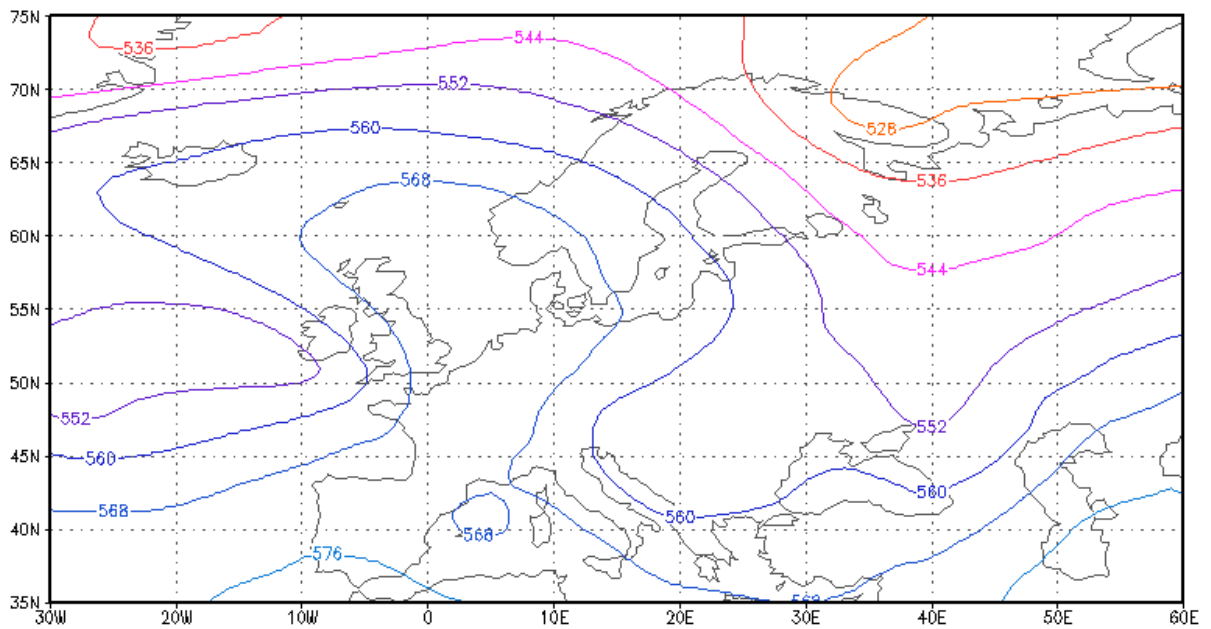
1986.06.27. 1200 UTC



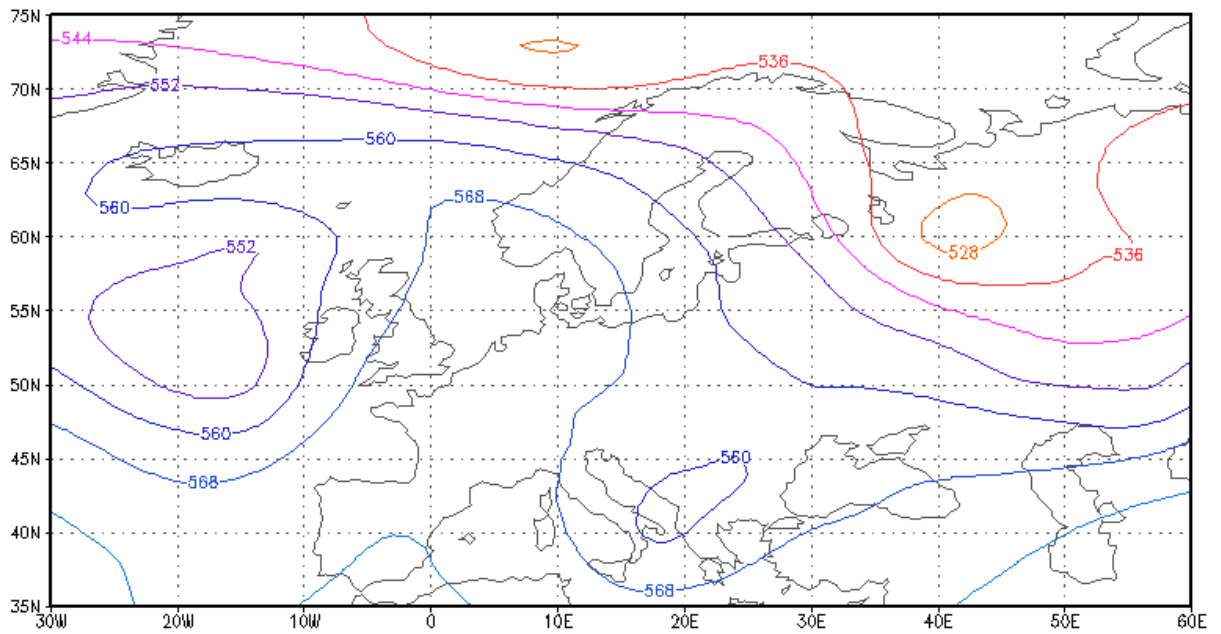
1986.06.28. 1200 UTC



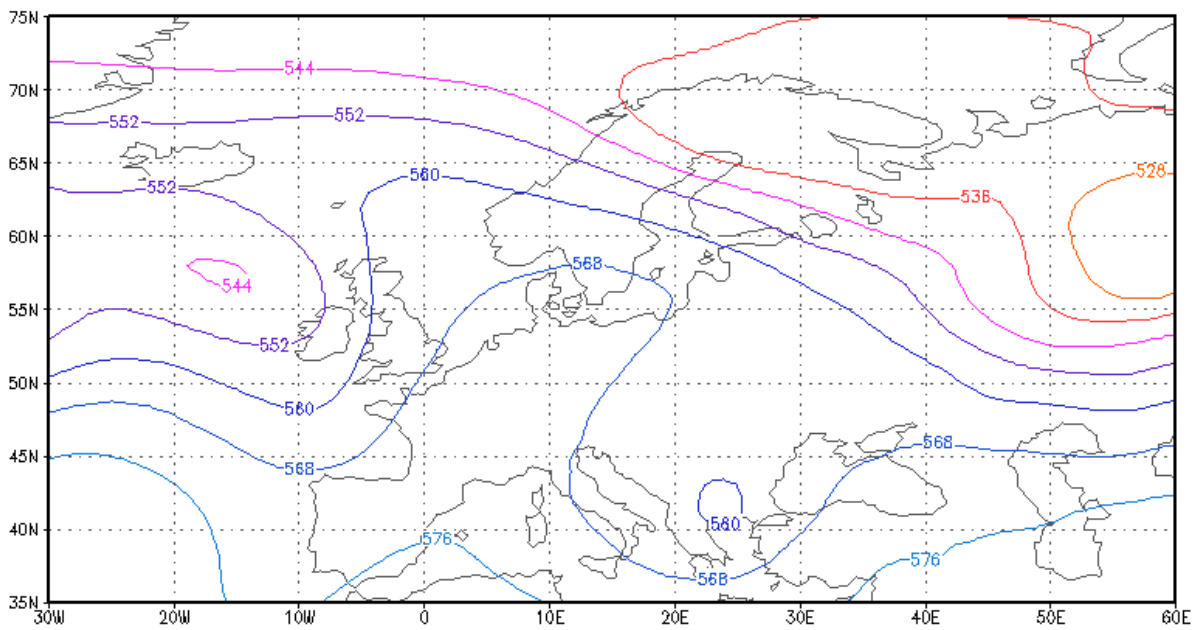
1986.06.29. 1200 UTC



1986.06.30. 1200 UTC



1986.07.01. 1200 UTC



1986.07.02. 1200 UTC

Köszönetnyilvánítás

Ezúton is szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek, Dr. Gyuró Györgynek munkám folyamatos figyelemmel kíséréseért, szakmai tanácsaiért, szerkesztésben nyújtott segítségéért.

Továbbá köszönettel tartozom Ihász Istvánnak, az Országos Meteorológiai Szolgálat munkatársának, hogy szakmai segítséget nyújtott és rendelkezésemre bocsátotta a szükséges meteorológiai adatokat.

Köszönöm dr. Barcza Zoltánnak a technikai feltételek megteremtésében nyújtott segítségét.

Valamint köszönetemet szeretném kifejezni mindazoknak, akik valamilyen formában hozzájárultak dolgozatom elkészítéséhez.