

Eötvös Loránd Tudományegyetem
Meteorológiai Tanszék

**Hosszantartó rendkívül hideg időszakok
szinoptikus klimatológiai vizsgálata
a Kárpát-medencében**



Készítette:

Fodor Zoltán

Témavezető:

dr. Bonta Imre

Országos Meteorológiai Szolgálat

Konzulens:

dr. Gyuró György

ELTE Meteorológiai Tanszék

Budapest, 2006.

Köszönetnyilvánítás

Megköszönöm témavezetőmnek dr. Bonta Imrének és konzulensemnek dr. Gyuró Györgynek a diplomamunkám elkészítésében nyújtott segítségüket.

Köszönettel tartozom az NCEP Reanalízis adatokért a NOAA-CIRES Climate Diagnostics Center-nek (Boulder, Colorado, USA). Továbbá köszönet illeti Luterbacher et al.-t a rekonstruált légnyomási mezőkért.

Köszönöm Hunyady Adriennek és Tarczay Klárának, hogy segítségükkel hozzájárultak a diplomamunka elkészítéséhez.

Köszönöm Seres András Tamásnak a technikai segítségét és hasznos tanácsait.

Köszönöm Verunak mind a technikai segítséget, lehetővé téve a diplomamunkám elkészülését, mind a biztatását és a támogatását.

Köszönöm Szinyei Dalmának az értékes észrevételeit.

Köszönöm Családomnak a támogatásukat.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	5
2. Irodalmi áttekintés	7
3. Hosszantartó rendkívül hideg időszakok a Kárpát-medencében	11
3.1. Rendkívül hideg időszak és hosszantartó rendkívül hideg időszak fogalma és jellemzői	11
3.1.1. Rendkívül hideg időszak fogalma	11
3.1.2. Hosszantartó rendkívül hideg időszak fogalma.....	12
3.1.3. Rendkívül hideg időszak és hosszantartó rendkívül hideg időszak relatív gyakorisága.....	13
3.1.4. Rendkívül hideg időszak és hosszantartó rendkívül hideg időszak átlagos napi középhőmérséklete	14
3.1.5. Rendkívül hideg időszak és hosszantartó rendkívül hideg időszak tartama ..	17
3.2. Hosszantartó rendkívül hideg időszak és a hótakaró kapcsolata.....	19
3.3. Hosszantartó rendkívül hideg időszak és a markáns inverzió kapcsolata	22
3.4. Hosszantartó rendkívül hideg időszak és a 850 hPa-os szint hőmérsékletének kapcsolata	28
3.5. Hosszantartó rendkívül hideg időszakokra jellemző makroszinoptikus helyzetek ..	31
3.6. Hosszantartó rendkívül hideg időszakok makroszinoptikus helyzeteinek jellemző karakterisztikái	40
3.7. Hosszantartó rendkívül hideg időszakok megelőző időszakára jellemző makroszinoptikus helyzetek	46
3.8. A hosszantartó rendkívül hideg időszakok kapcsolata a január havi középhőmérsékleti és légnyomás anomáliákkal.....	59
3.8.1. A hosszantartó rendkívül hideg időszakok eloszlása a téli hónapokban a teljes tartamuk szerint.....	59
3.8.2. A januárban előforduló hosszantartó rendkívül hideg időszakok és a hónap negatív középhőmérsékleti anomáliái közötti kapcsolat	60
3.8.3. A januári HRHI-s aktív és inaktív időszakok makroszinoptikus elemzése....	61
3.8.4. Az Észak-atlanti térség légnyomásának télközepi ciklikussága.....	63
4. Esettanulmány	68
5. Összefoglalás	71

Irodalomjegyzék	73
Függelék.....	76

1. Bevezetés

*S eljövén a hideg,
Mindent megfagyaszt.
Majd elmúlván az,
Mintha nem is vala.*

2006. januárjában rendkívüli hideg időszak köszöntött be a Kelet-európai-síkságon, mely során több százan meghaltak, illetve szenvedtek súlyos fagyási sérülést. A hirtelen bekövetkezett erős lehülés nem csak az emberek szervezetét, hanem a gazdaság különböző ágazatait is megviselte. Több oroszországi településről számoltak be a villany- és a gázellátás akadozásáról vagy hiányáról. Magyarországon az extrém alacsony téli hőmérsékletek kialakulásakor ugrásszerűen megnő a villany- és gázfogyasztás mértéke. A napi átlagos középhőmérséklet egy fokos csökkenése 2 millió km³ többlet gázfelhasználással jár (Gammer et al., 2002), amely tetemes költséget jelent hazánk számára.

A Kárpát-medencében kialakuló hosszabb-rövidebb ideig tartó hideg időszakok kialakulásában több meteorológiai tényező is fontos szerepet tölt be. A medence természeti adottságaiból eredően az alacsonyabb légrétegekben, elsősorban a téli félévben, gyakran megreked a hideg levegő. Ez kedvez az inverzió kialakulásának, mely bizonyos makroszinoptikus rendszerek megjelenése esetén megerősödhet, és létrehozhatja a hideg légpárna jelenségét. A tartósan megmaradó felszíni hótakaró is fontos szerepet tölt be egy hosszabb ideig fennmaradó hideg időszak kialakulásában. A kialakult hideg helyzetek fennmaradásához többnyire anticiklonális szinoptikus helyzetre van szükség. Az anticiklon elhelyezkedése nagymértékben meghatározza a hosszantartó hideg időszak mértékét és tartamát. Mindezekon kívül az is fontos lehet, hogy milyen nyomási mező figyelhető meg a kialakulás ideje alatt, illetve azt megelőzően. Felvetődik még az a kérdés is, hogy milyen nyomásrendszerek kedvezhetnek a rendkívül hideg időszakok kialakulásának. A makroszinoptikus skálán az áramlási kép változása, regionális skálán is jelentős hatással lehet, kiváltképp a téli időszakban. A diplomamunka célja, hogy meghatározzam az egyes meteorológiai tényezők hogyan jellemzik a hosszantartó rendkívül hideg időszakokat. Elemzem a kialakulásának kedvező nyomási mezőket, illetve ezen időszakok tartós fennmaradásának kedvező makroszinoptikus helyzeteket.

A diplomamunka első részében bemutatásra kerül a témával kapcsolatos külföldi és hazai szakirodalom. Ezt követően bevezetem a rendkívül hideg időszak és hosszantartó rendkívül hideg időszak fogalmát és jellemzőit. Megvizsgálom a hótakaró, az inverzió, és a hőmérséklet ezekben az időszakokban jellemző értékeit. Ezek után meghatározom, majd megvizsgálom az időszakok kialakulásában és a fennmaradásában szerepet játszó makroszinoptikus helyzeteket. Bemutatom az utóbbi 58 év észak-atlanti és európai áramlási képének változásait, szakaszait, valamint kapcsolatukat a hosszantartó hideg időszakokkal.

2. Irodalmi áttekintés

Az inverzió esetén a magassággal felfele haladva a hőmérséklet emelkedik. Ez a téli időszakokban jelentkező hideg időjárásra gyakran jellemző. Inverziók az év bármilyen szakaszában előfordulhatnak. Vastagsága néhány száz métertől akár egy ezer méterig, vagy tovább is növekedhet (Tóth, 1966). Megkülönböztethetünk talajmenti (a felszín közelében általában kisugárzás útján keletkező), illetve szabadlégköri (frontális, vagy zsugorodási) inverziót (Ventúra, 1961). A zsugorodási inverziók anticiklonális helyzetben alakulnak ki leggyakrabban. Az anticiklon alsóbb rétegeiben leszálló légmozgások uralkodnak, amelyek a felszínnél szétáramolnak, és a hideg földfelszín hatására lehűlnek, így sűrűségük növekszik. A leszálló levegő az adiabata mentén mozog, azon lefele haladva melegszik. Az inverziós réteg alatt nagy mennyiségű nedvesség, por és füst gyűlhet össze, így gyakran köd is képződik (Makainé, 1962). Az inverziók előfordulási szint szerinti relatív gyakoriságának elemzése során kiderült, hogy télen a magasabb rétegekben, 500 és 1000 méteres rétegben fordulnak elő a leggyakrabban (Ventúra, 1966). A téli hidegpárnás helyzet anticiklonális időjárási helyzetben, kisugárzás útján alakul ki, derült éjszakákon. Stabilis légrétegződés jellemzi, amely kedvez a borult, ködös időjárás kialakulásának. (Makainé és Tóth, 1978). Hidegpárnás esetekben az összfelhőzet legnagyobb valószínűséggel 8, 7, illetve 0 okta. Azaz a derült időszak kedvez az inverziók kialakulásának és ugyanakkor a már kialakult inverzió a borult időjárásnak. A hidegpárnás esetekben a jellemző szélirány keleties, és ezek felszakadásakor a keleties és északnyugatias. A szél északnyugatira fordulása során gyakran felszakadhat az inverzió. Ezekben a helyzetekben a modellek előrejelzései a minimumot általában alá-, a maximumot általában fölébecsülik (Polgár, 2003).

A tél folyamán a hó jelentős szerepet játszhat a hőmérséklet kialakításában. Donald *et al.* (1992) a Minnesota állambeli St. Paul 23 éves adatsorában vizsgálta a hó nélküli és hóval borított felszín feletti hőmérséklet eltéréseket (hőmérsékleti depressziót). A kapott eredmények alapján egyértelműen kijelenthető, hogy a kialakult hóréteg jelentősen csökkenti a felszín közeli hőmérsékletet. Ez elsősorban a hó magas albedó értékével és rossz hővezető képességével magyarázható. Az eurázsiai és észak-amerikai kontinens őszi hótakarójának a téli középhőmérséklettel való kapcsolatát vizsgálta James *et al.* (1983). A téli középhőmérséklet egyre alacsonyabb értékeket ér el, ha növekszik a hótakaróval borított területek nagysága. Reisz (2005) úgy találta, hogy az anticiklon pereméhez, vagy

közvetlenül anticiklonhoz kapcsolódnak - az általa definiált - extrém és rendkívül extrém hideg napok. Megállapította, hogy gyenge szél mellett, 2 m/s alatt a leggyakoribb ezeknek a napoknak gyakorisága, továbbá, hogy az extrém és rendkívül alacsony napi középhőmérséklet az 5 oktánál nagyobb átlagos felhőzet mellett a legvalószínűbb. A hótakaró leginkább a napi minimumokkal volt kapcsolatban. Ewa (2004) a hótakaró és hőmérséklet, valamint a cirkuláció között vizsgálta a kapcsolatot Kelet-Európa területére vonatkozóan. Az évi hótakarós napok (1 cm-t elér a hótakaró vastagsága) száma és a negatív középhőmérsékletű évi napok száma között pozitív korrelációs együtthatót kapott. Vizsgálatai szerint legmagasabb értékek ($>0,7$) a Baltikum, Lengyelország, illetve a Kelet-európai-síkság északi részét jellemezték. Ugyanezt a vizsgálatot elvégezte a havi középhőmérsékletek és a havi hótakarós napok száma között. A legnagyobb negatív korrelációs értékeket ($<-0,7$) Lengyelország térségében kapta januárban. Vizsgálta még a NAO index és a havi hótakarós napok számának korrelációs kapcsolatát is, amely alapján januárban szintén Lengyelország esetében a $-0,7$ -nél alacsonyabb korrelációs értékek adódtak.

A téli hőmérséklet kialakításában meghatározó szerepe van még a különböző légnyomás rendszerek – elsősorban az anticiklonok – elhelyezkedésének is. Az északkeleti hidegbetörések esetén a Kárpátok védő hatása jelentős szerepet játszik (Péczely, 1960). A szerző az ászakkeleti hidegbetörés alatt az Északkelet-Európa felől Közép-Európa felé előrenyomuló poláris légtömegeket érti. A téli hónapok (november-március) azon eseteit vizsgálta, amikor a medence lényegesen (maximum hőmérsékleteket tekintve legalább 6 °C-kal) melegebb, mint a medencén kívüli terület. Ezen esetek 60%-a a Kárpátok hidegbetöréssel szembeni védő hatásának köszönhető. A hideg légtömeg vertikális kiterjedése az esetek legnagyobb részében nem magasabb 1,5 km-nél, és megtorpan a Kárpátok hegyvonulatán, és vastagságától függően vagy nem, vagy csak később – kerülő útján – jut be a Kárpát-medencébe. Pápainé (1960) az 1951 és 1955 közötti időszakban a 03 GMT-kor felbocsátott rádiószondák hőmérsékleti adatai alapján elemezte az alsó 5 km-es légréteg évszakonkénti szerkezetét, különböző makroszinoptikus helyzetekben. Vizsgálatai szerint a Magyarországtól északra elhelyezkedő és a Fennoskandinávia fölött található anticiklon esetén az alsó 5 km-es réteg minden szintjén az átlagosnál több fokkal hidegebb volt a levegő hőmérséklete. Péczely (1981) 1958-1978 közötti havi légnyomási térképeket használta fel a szubtrópusi anticiklonok éven belüli változásainak, földrajzi elhelyezkedésének vizsgálatára. Ezeknek a szubtrópusi anticiklonoknak éven belüli elhelyezkedését, elmozdulását kapcsolatba hozta a poláris és ekvatoriális területek

troposzférikus hőmérsékleti kontrasztjával. Úgy találta, hogy ezek nyáron a pólus fele, télen az egyenlítő fele mozdulnak el. Továbbá kitért az eurázsiai termikus anticiklonok szerepére is. Megvizsgálta, hogy Irkutzk átlagos havi légnyomása a Föld más pontjain tapasztalt átlagos havi légnyomással milyen kapcsolatban áll. Ez alapján az eurázsiai kontinens és az észak-amerikai kontinens felett pozitív korrelációs értékek, az Atlanti-óceán felett negatív korrelációs értékeket kapott. Elemezte az évközi nyomás változását a két poláris területen. Ez alapján a legmagasabb nyomás értékek tél végén, tavasz elején alakultak ki az északi poláris területeken. Az 1949 és 1959 közötti 11 év cirkumpoláris térképsorozatai alapján a téli félév erősen fejlett anticiklonmagjainak elterjedését vizsgálta *Koppány* (1960) az Északi-félgömbre vonatkozóan. Erősen fejlett anticiklonmagok, az 1045 hPa-nál magasabb légnyomás értékeket jelentette (Belső-Ázsia területei felett 1050 hPa-t). Ezek általában a magasabb, tehát a 40. északi szélességtől északra jelentek meg. A legtöbbször Ázsia belsejében, illetve Alaszka felett léptek fel, legritkábban az óceánok felett. Ezek gyakoriságának havi eloszlását vizsgálva kiderült, hogy januárban lépett fel a legtöbb erős anticiklon. Ősszel inkább a kontinensek nyugati partjainál, majd későbbi hónapokban egyre inkább a kontinens belseje felé alakultak ki fejlett anticiklonok. 11 év adatai alapján megfigyelte az erős anticiklonmagok szélességi körök szerinti, illetve téli féleven belüli változásait, a naptevékenységgel kapcsolatban. Úgy találta, hogy nagy naptevékenység esetén Euráziában az anticiklonok a tél első hónapjaiban csak ritkán jelennek meg, viszont januártól gyakoriságuk megnő. A csekély naptevékenység éveiben éppen fordítva történt. *Berkes* (1961) 100 év atlanti-európai térségre vonatkozó légnyomás évi anomália térképeit elemezte a naptevékenység hatását vizsgálva a légnyomás eloszlására. Az évi pozitív nyomásanomália-gócok északabbra (északnyugatabbra) tolódását tapasztalta erősebb naptevékenység esetén. A naptevékenységnek esetleg időjárásra gyakorolt hatását *Lamb* (1972) is tárgyalja könyvében. A könyv 4. Függelékében *B. N. Parker* nem publikált térképeit is bemutatja. Parker 1750 és 1958 közötti január havi légnyomás mezőket elemzett, 19 napfolt ciklust lefedve ezzel. A térképeken januári légnyomás anomáliákat tüntetett fel, különböző napciklusi időszakok szerint. Ezek szerint pozitív (1-2 hPa) légnyomás anomália figyelhető meg a Kelet-európai-síkság felett napfolt maximum időszakában. Pozitív (1-2 hPa) légnyomás anomália található Izland, illetve a Brit-szigetek térsége felett napfolt minimum esetén, illetve a napfolt ciklus emelkedő szakaszában. A szerző *Sazanov* (1964) eredményeit is közli. *Sazanov* 500 hPa-os szint 5 napi átlagos magasságának megváltozását elemezte 10 nappal a geomágneses vihar után (1949-1956 10 téli időszakára vonatkozóan). Ez alapján Nyugat-Európa és a

Fennoskandináv térség felett a szint emelkedését figyelte meg. *Pongrácz et al.* (2006) az atlanti-európai térség szinoptikus klimatológia elemzését végezték el az ECMWF 2,5-os horizontális felbontású reanalízis adatai alapján (1957-2002). Izland és Grönland térségben az 500 hPa-os, 700 hPa-os és 850 hPa-os szintek geopotenciál értékeiben csökkenő trendet, Délnyugat-Európa felett emelkedő trendet tapasztaltak. Egy Grönland keleti részénél elhelyezkedő rácspont (65°É, 35°NY) előbb említett szinteknek megfelelő éves geopotenciál értékeinek 45 éves menetét vizsgálva jól látható, hogy nem folytonosan csökkentek az értékek. Az 1970-es évek elejétől indult meg a csökkenés, kisebb nagyobb megszakításokkal és az 1990-es évek közepéig tartott. A XXI. század elejére ismét az 1960-as évek elejének megfelelő értékek jelentkeztek. Ezeket a változásokat az évszakos ciklongyakoriság – valamint ciklon aktivitási index - évtizedes változásainak elemzése is igazolta az atlanti-európai térségre (télre és nyárra tekintve).

3. Hosszantartó rendkívül hideg időszakok a Kárpát-medencében

3.1. Rendkívül hideg időszak és hosszantartó rendkívül hideg időszak fogalma és jellemzői

3.1.1. Rendkívül hideg időszak fogalma

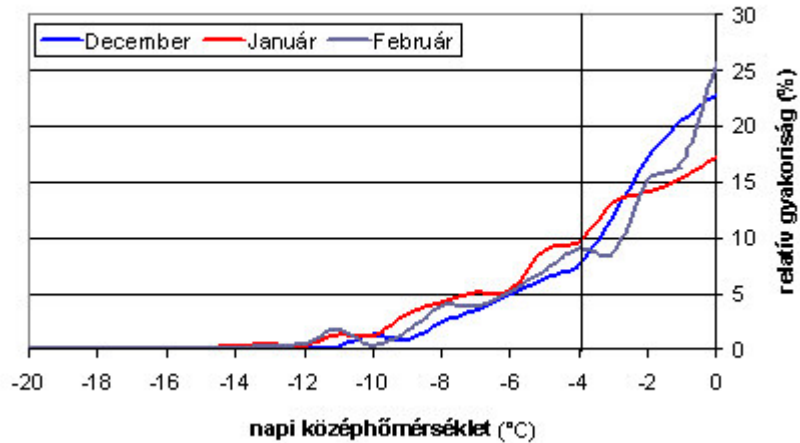
A vizsgálat során 58 év téli hónapjait elemeztem 1948-tól 2005-ig. A 2 méteres szintre vonatkozó napi és havi középhőmérsékleti értékek elemzéséhez az OMSZ budapesti napi középhőmérsékleti adatait használtam fel, illetve a belőlük képzett havi átlagokat. A hótakaróval kapcsolatos vizsgálatokhoz a fent említett időszakra vonatkozó, Budapesten mért hóvastagsági adatokat vettem alapul. A magasabb szintek, így a 925 hPa és 850 hPa szintek középhőmérsékleti adatainak, illetve mezejének, valamint a tengerszinti légnyomási mezők elemzéséhez az NCEP/NCAR 2,5°-os horizontális rácsfelbontású reanalízis adatait használtam. Ezek az adatok Interneten a NOAA éghajlat-diagnosztikai honlapjáról (*NOAA CDC*, 2006) elérhetők, és 1948. január 1.-től állnak rendelkezésre napjainkig (*Kalney et al.*, 1996).

A diplomamunkám célja az volt, hogy tanulmányozzam a hosszantartó, rendkívül hideg időszakokat, azok kialakulásának, fennmaradásának okait, tulajdonságait. Felmerül a kérdés, mit is nevezek rendkívül hidegnek? A **3.1 ábrán** az elmúlt 58 év téli hónapjaiban, Budapesten mért 0 °C alatti napi középhőmérsékleti értékek eloszlása látható. December és február hónapokban 15 % felett alakul a relatív gyakorisága a 0 és –2 °C közötti napi középhőmérsékleteknek, január hónapban ellenben már csak 15 % körül marad. –3 °C alatti napi középhőmérsékletek legnagyobb előfordulása a három téli hónap közül januárban tapasztalható. A –4 °C alatti napi középhőmérsékletek relatív gyakorisága egyik téli hónapban sem éri el a 10 %-ot.

*A fentiek alapján **rendkívül hideg napnak (RHN)** olyan napot tekintek, amikor a napi középhőmérséklet –4 °C alatt marad. A rendkívül hideg napokból álló időszakokat **rendkívül hideg időszaknak (RHI)** nevezem.*

A december hónapban előfordult 0 °C alatti napi középhőmérsékletek 27,4 %-a a –4 °C alatti volt, azaz rendkívül hidegnek számított. Ugyanez az összegzett relatív gyakorisága a

-4 °C alatti napi középhőmérsékleteknek januárban már eléri a 39,7 %-ot, februárban pedig a 33,7 %-ot.



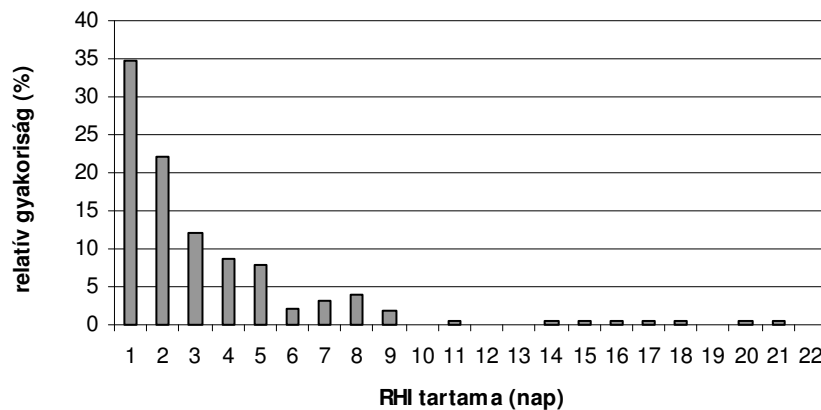
3.1 ábra: A Budapesten mért 0 °C alatti napi középhőmérsékleti értékek relatív gyakoriságainak eloszlása a három téli hónapban 1948-2005 közötti időszakot vizsgálva

3.1.2. Hosszantartó rendkívül hideg időszak fogalma

Megvizsgáltam a tartam szerinti relatív gyakorisági eloszlását az RHI-nak (3.2 ábra). Azt az eredményt kaptam, hogy az estek 85,7 %-ban 5, vagy annál rövidebb ideig követik egymást a rendkívül hideg napok. Az 5 napnál hosszabb, különböző tartamú RHI-k relatív gyakoriságai nem haladják meg az 5 %-ot.

Az 5 napnál hosszabb ideig tartó RHI-t, hosszantartó rendkívül hideg időszaknak (HRHI) nevezem.

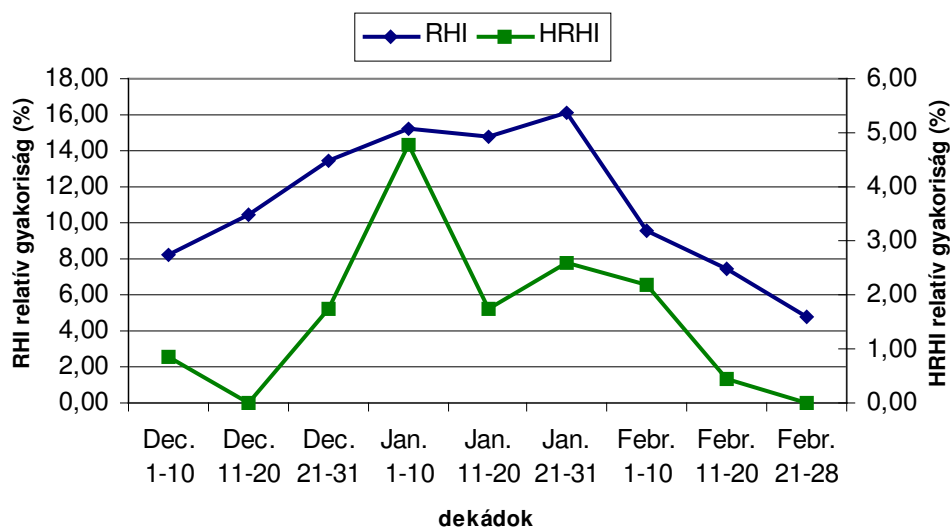
A vizsgált rendkívül hideg időszakok közel 15 %-át (32 esetet) teszi ki a HRHI. A leghosszabb ideig fennmaradó HRHI 21 napig tartott, azaz három hétig. Mindösszesen a vizsgálat tárgyát képező 32 esetből 8 alkalommal tartott 10 napnál hosszabb ideig a HRHI.



3.2 ábra: Rendkívül hideg időszakok (RHI) tartamainak relatív gyakorisági eloszlása

3.1.3. Rendkívül hideg időszak és hosszantartó rendkívül hideg időszak relatív gyakorisága

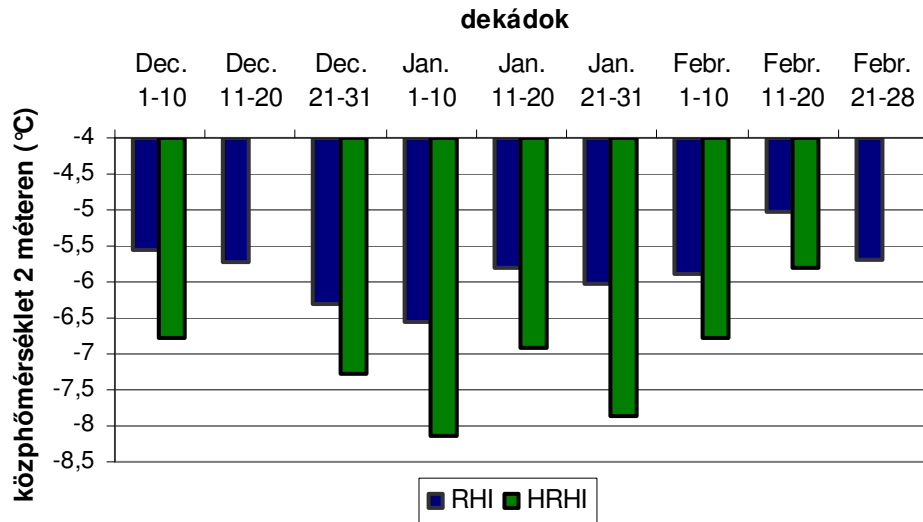
Megállapítottam az RHI-k, így ezzel együtt a HRHI-k relatív gyakoriságát a téli időszak egyes dekádjában, aszerint vizsgálva az eloszlást, hogy a kezdeti napja az RHI-nak (HRHI-nak), melyik téli dekádba esik (3.3 ábra). A tél közepe fele haladva fokozatosan emelkedik az RHI valószínűsége. Legmagasabb értéket január 21. és 31. között éri el, 16,1 %. Január hónapban a legmagasabb, 14 % feletti a relatív gyakorisága. Február hónapban jelentősen csökken az RHI relatív gyakorisága, és február középső dekádjától kezdve a decemberi értékeknél is ritkábban fordul elő. A HRHI-k kezdeti idejük szerinti eloszlását tekintve a téli időszakban azt tapasztaltam, hogy az utóbbi 57 tél (1949/1950 - 2004/2005) egyikén sem fordult elő, hogy december 11. és 20. között HRHI alakult volna ki. HRHI kialakulása ellenben már december első 10 napjában előfordult. A HRHI kialakulásának relatív gyakorisága december utolsó dekádjában már emelkedik, és január első 10 napjában eléri a maximális előfordulási valószínűséget 4,8 %-ot. Ezt követően január közepére visszaesik, majd január utolsó 10 napjában, február első 10 napjára ismét megemelkedik a relatív gyakorisága. A február hátralevő részeiben 0,5 % alá csökken a relatív gyakoriság. Összességében megállapítható, hogy januárban alakul ki legnagyobb valószínűséggel RHI, HRHI azonban január 1-10. és január 20.-február 10. időszakokban alakul ki legnagyobb, 2 %-ot meghaladó relatív gyakorisággal.



3.3 ábra: Rendkívül hideg időszakok (RHI, kék színű görbe) és hosszantartó rendkívül hideg időszakok (HRHI, zöld színű görbe) kezdeti idejük szerinti eloszlása a téli időszakban

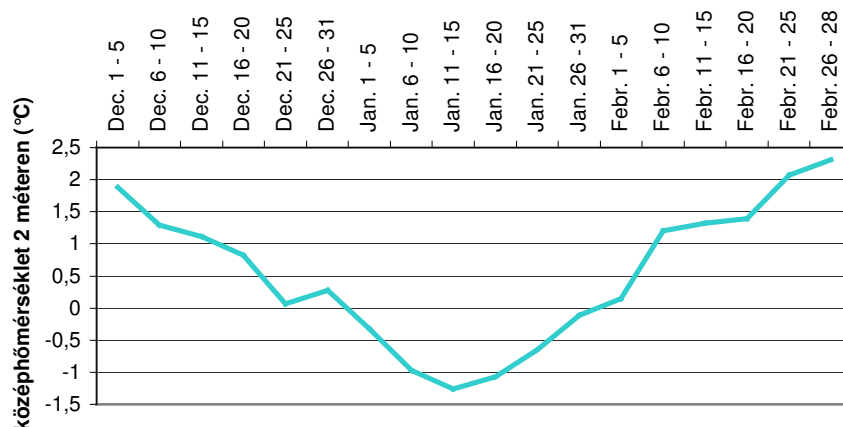
3.1.4. Rendkívül hideg időszak és hosszantartó rendkívül hideg időszak átlagos napi középhőmérséklete

Kiszámítottam a RHI, illetve HRHI napi középhőmérsékletei alapján az RHI (HRHI) átlagos napi középhőmérsékletét 2 méterre és 850 hPa-ra. A továbbiakban az RHI (HRHI) középhőmérsékletén az RHI (HRHI) átlagos napi középhőmérsékletét értem. Ezek téli időszaki eloszlását (az RHI, HRHI kezdeti ideje szerint) mutatja a **3.4 ábra**. December 1.-től január 10.-ig fokozatosan hidegebb az RHI, HRHI átlagos középhőmérséklete. Január hónapban és február középső tíz napját (február 11. - 20.) kivéve hasonlóak az RHI-k átlagos középhőmérsékletei 2 méteren. A HRHI-k 2 méteren mért átlagos középhőmérséklete január közepén megemelkedik, és a január utolsó dekádjában megfigyelhető csökkenés után folyamatosan emelkedik február vége fele haladva. A december első 10 napjában kialakuló HRHI átlagos középhőmérséklete $-6,5$ °C alatti. A leghidegebb RHI [HRHI] (-6 °C alatti RHI átlagos középhőmérséklet 2 méteren [-7 °C alatti HRHI átlagos középhőmérséklet 2 méteren]) december 21. és február 10. (ezen belül is elsősorban január 1. és 10. között, amikor -8 °C átlagos középhőmérsékletet is elér a HRHI), valamint január 21. és január 31. között jelenik meg. Az RHI-k legalacsonyabb átlagos középhőmérsékletei 2 méteren az egyes dekádok szerint HRHI-k során alakult ki december 21. és február 10. között.



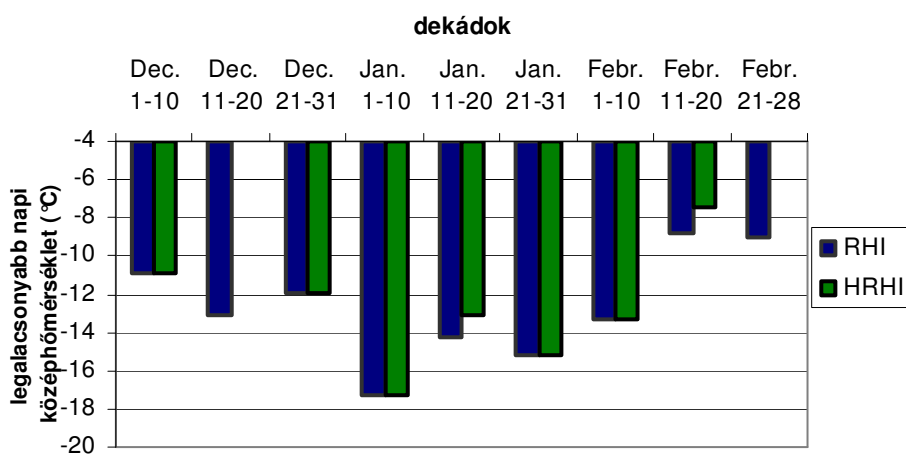
3.4 ábra: A rendkívül hideg időszakok (RHI, kék színű oszlopok) és hosszantartó rendkívül hideg időszakok (HRHI, zöld színű oszlopok) átlagos középhőmérsékleteinek (2 méteren) eloszlása az időszakok kezdeti ideje szerint

Az RHI-k rendkívül hideg jellegének hangsúlyozása érdekében meghatároztam az 58 év (1948-2005) téli hónapjainak, a budapesti, 2 méteren mért napi középhőmérsékletei alapján a téli időszak pentádonkénti középhőmérsékletének téli menetét (**3.5 ábra**). A leghidegebb 5 napos átlagos középhőmérséklet január 11. és 15. közötti időszakban $-1,3\text{ }^{\circ}\text{C}$. A pentádonkénti napi középhőmérséklet fokozatosan csökken december elejétől január közepéig. Ebben a csökkenésben kisebb törés jelentkezik karácsony és szilveszter közötti időszakban, amikor is néhány tizedfokot emelkedik. Január 20. után február 6-ig egy markáns emelkedés mutatkozik a pentádonkénti átlagos napi középhőmérséklet téli menetében. Február 6. és 20. között egy viszonylagos, napi középhőmérsékleti állandóság figyelhető meg, amelyet egy ismételt emelkedés követ.



3.5 ábra: Napi középhőmérséklet pentádonkénti átlagainak téli menete Budapesten 58 év (1948-2005) téli hónapjainak napi középhőmérsékletei alapján

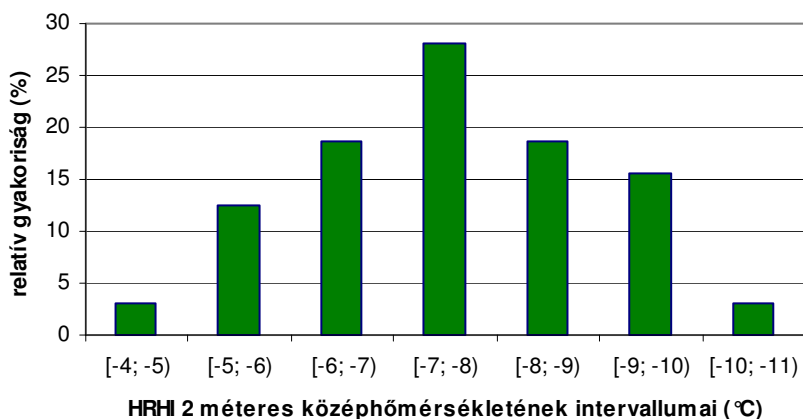
A **3.6 ábrán** feltüntettem az egyes téli dekádokban kialakult RHI-k (HRHI-k) alatt mért legalacsonyabb napi középhőmérsékleteket. A legalacsonyabb napi középhőmérsékletek a december 1. és február 10. között kialakult RHI-k (HRHI-k) során a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot, január 1. és február 10. között a $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot is elérte.



3.6 ábra: Rendkívül hideg időszakok (RHI, kék színű oszlopok) és hosszantartó rendkívül hideg időszakok (HRHI, zöld színű oszlopok) alatt előfordult legkisebb napi középhőmérsékletek eloszlása 2 méteren, az RHI-k (HRHI-k) kialakulási ideje szerinti

Ha megvizsgáljuk a HRHI-k 2 méteren mért középhőmérsékletének eloszlását azt tapasztaljuk, hogy a legmagasabb relatív gyakoriság a -7 és $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ között jelentkezik, 28,1 % (**3.7 ábra**). A -6 és $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ közötti középhőmérsékletű HRHI ugyanolyan relatív gyakorisággal, 18,8 %-kal fordult elő, mint a -8 és $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$ közötti középhőmérsékletű

HRHI. Megállapítható még, hogy a -9 és -10 °C közötti relatív gyakoriság (15,6 %) magasabb a -5 és -6 °C közötti 12,5 % relatív gyakorisághoz képest.

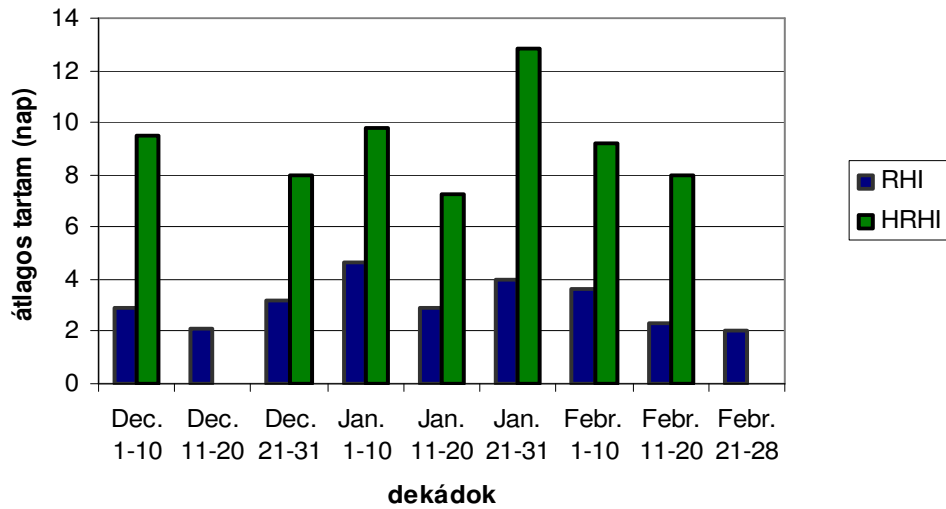


3.7 ábra: HRHI 2 méteres középhőmérsékletének relatív gyakorisága ez egyes hőmérsékleti intervallumokban

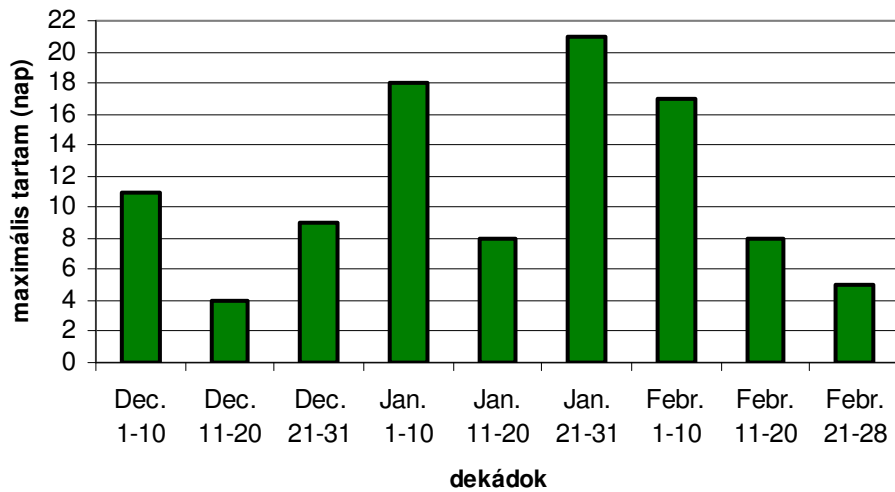
3.1.5 Rendkívül hideg időszak és hosszantartó rendkívül hideg időszak tartama

Az RHI-k (HRHI-k) hosszúsága alapján meghatároztam az egyes téli dekádokra jellemző átlagos tartamokat, és megvizsgáltam hogyan függ az RHI (HRHI) tartama téli időszakon belüli kialakulásának idejétől (**3.8 ábra**). Az RHI átlagos időtartama az egész téli időszak alatt eléri a 2 napot. A december első dekádjában az átlagos élettartam kerekén 2 nap, hasonlóan február végéhez. Január első 10 napjában kialakuló RHI átlagos tartama eléri a 4,7 napot. A második legmagasabb átlagos élettartam január utolsó dekádjában jelenik meg, 4 napot ér el. A HRHI-k átlagos tartamának téli menete már nem mutat az előbb leírtakhoz hasonlóakat. December 11. és 20., valamint február 21. után nem alakult ki HRHI, ennek megfelelően 0 az átlagos tartam ezekben az időszakokban. Az átlagosan legkevésbé tartós HRHI (átlagos élettartamot figyelembe véve) január 11. és 20. között alakul ki. Az átlagosan leghosszabb tartamú HRHI megjelenésére január utolsó dekádjában lehet számítani, amely 12,8 napnak adódik. Ezt követi a január első dekádjában kialakuló HRHI-k, átlagos élettartamuk 9,8 nap. Az egyes téli dekádokban kialakult RHI-k maximális élettartamát a **3.9 ábra** mutatja. December középső és február utolsó pentádját leszámítva az RHI maximális tartama meghaladta az egy hetet (tehát HRHI-k voltak). A legtartósabb HRHI január 21. és 31. között alakult ki és 21 napig tartott. Két hetet

meghaladó maximális élettartamú HRHI január 1. és 10., valamint február 1. és 10. között alakult ki.



3.8 ábra: A téli dekádokban kialakuló rendkívül hideg időszakok (RHI, kék színű oszlopok) és hosszantartó rendkívül hideg időszakok (HRHI, zöld színű oszlopok) átlagos tartama

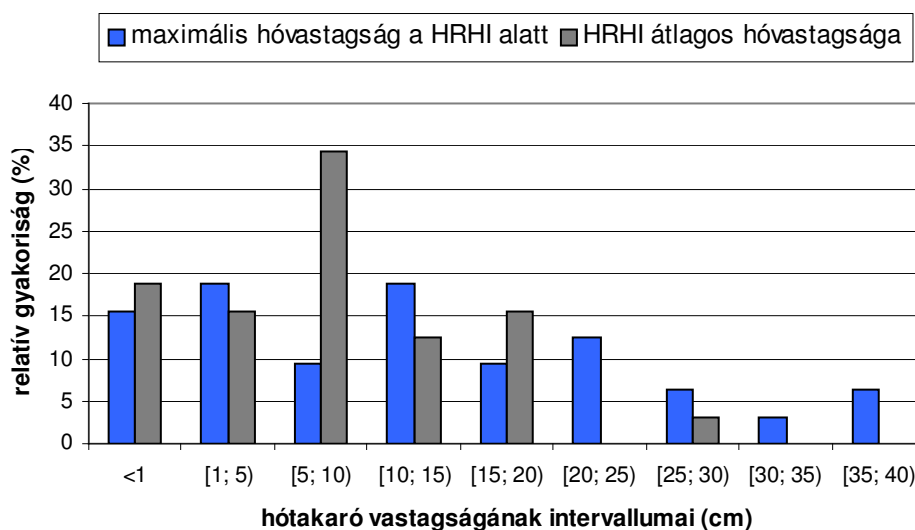


3.9 ábra: A téli dekádokban kialakuló rendkívül hideg időszakok (RHI-k) maximális tartama

3.2. Hosszantartó rendkívül hideg időszak és a hótakaró kapcsolata

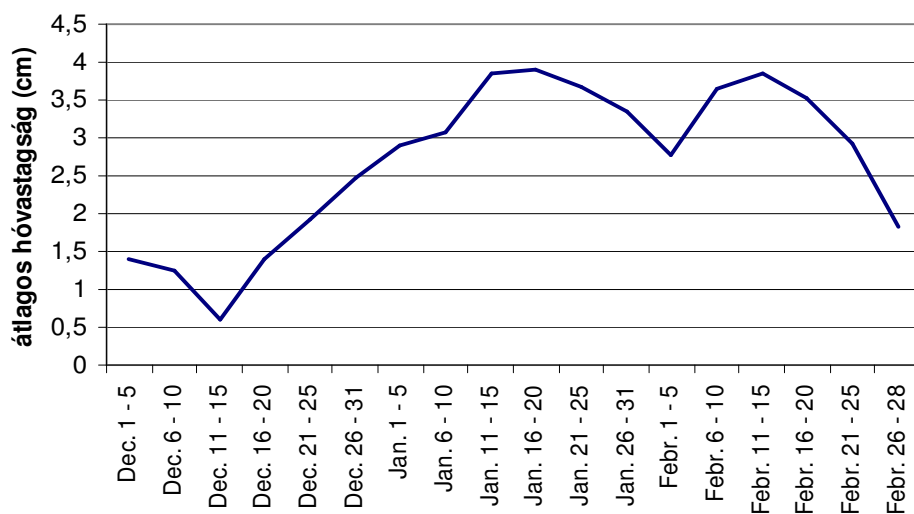
A hótakaró jelentősen csökkentheti a felszín közeli légrétegek hőmérsékletét (Donald, 1992). A hótakaró hatása a hőmérsékletre az időjárási viszonyoktól, és a napszaktól is függ (Reisz, 2005). A vizsgálataim során 32 db HRHI-t találtam. A HRHI-k alatt Budapesten mért napi hóvastagságok átlagát kiszámítottam (továbbiakban HRHI átlagos hóvastagsága), valamint megállapítottam a HRHI-k alatt előfordult maximális hóvastagságot is. Annak érdekében, hogy a hótakaró milyen mértékben játszik szerepet a HRHI kialakulásában, megvizsgáltam a HRHI kezdeti napján, illetve kezdeti időszakában (kezdeti nap és a megelőző két nap) az átlagos hóvastagságot.

A HRHI-k átlagos és maximális hóvastagságának különböző hóvastagsági intervallumok szerinti eloszlását a 3.10 ábra mutatja. A legmagasabb relatív gyakoriság (34,4 %) a legalább 5 cm-t elérő, de 10 cm alatti átlagos hóvastagság mellett fordul elő. A második legmagasabb relatív gyakoriság (18,8 %) az 1 cm-nél kisebb átlagos hóvastagságnál jelentkezik. Ezt követi 15,6 %-kal az [1; 5) és [15; 20) cm-es átlagos hótakaró vastagság intervallumok. A HRHI átlagos hóvastagsága egyetlen vizsgált esetben sem haladta meg a 30 cm-t. A legmagasabb hóvastagság HRHI alatt 38 cm volt. Az esetek 96,9 %-ban az átlagos hóvastagság a HRHI alatt 20 cm-nél kisebb, és a maximális hóvastagság is 20 cm-nél nem nagyobb az esetek 71,9 %-ban.



3.10 ábra: Hosszantartó rendkívül hideg időszakok (HRHI-k) átlagos és maximális hóvastagságának relatív gyakorisága különböző hóvastagsági intervallumokban

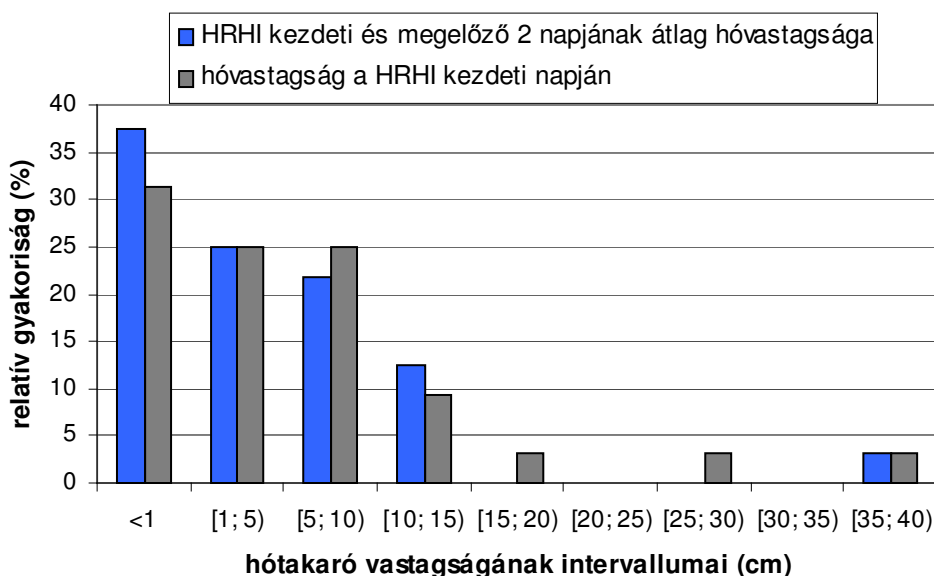
Meghatároztam az 58 év (1948-2005) téli hónapjaiban Budapesten mért napi hóvastagságok alapján a hóvastagság téli menetét, pentádonkénti bontásban (3.11 ábra). Megfigyelve a téli időszak pentádjáiban az átlagos hóvastagság alakulását azt tapasztaljuk, hogy december közepéig csökkent, majd egészen január 20-ig fokozatosan növekszik. December középső 10 napjában nem jelentkezett HRHI (3.3 ábra), és ugyanebben az időszakban, december többi időszakához képest kisebb az átlagos hóvastagság. Kisebb visszaesés jelentkezik az átlagos hóvastagságban január 20 és február 10 között is. Ez azért érdekes, mert pont ugyanebben az időszakban ismételen növekszik a HRHI-k relatív gyakorisága (3.3 ábra). A HRHI-k fennmaradása során leginkább anticiklonális helyzet figyelhető meg (3.5 fejezet), ilyenkor a csapadékot adó ciklonok távolabb vonulnak a Kárpát-medencétől. Január középső 10 napjában éri el a maximumát az átlagos hóvastagság téli menete. Ugyanebben az időszakban átmenetileg csökken a HRHI-k kialakulásának esélye. Feltehetően ebben az időszakban megszaporodó ciklonok hatására több csapadék hullik, és ciklonális helyzetben ritkábban alakul ki HRHI (3.5 fejezet).



3.11 ábra: Napi hóvastagság pentádonkénti átlagainak téli menete Budapesten 58 év (1948-2005) téli hónapjainak napi hóvastagságai alapján

Ha a HRHI kezdeti napján meglévő hótakaró, vagy a kezdeti időszakában meglévő hótakaró vastagságának különböző hóvastagsági intervallumok szerinti eloszlását tekintjük, a 3.12 ábrán megfigyelhetjük, hogy az esetek 31,3 %-ban 1 cm alatti a hóvastagság a HRHI kezdeti napján. Az esetek 37,5 %-ban pedig a kezdeti időszakban az átlagos hóvastagság nem éri el az 1 cm-t. 50 %-os relatív gyakorisággal fordul elő legalább 1 cm, de 10 cm-nél kisebb hótakaró a HRHI kezdeti napján. Hasonló eredményeket kapunk, ha a kezdeti

időszak átlagos hóvastagságát tekintjük (25 % az [1; 5), 21.9 % az [5; 10) cm-es hóvastagsági intervallumokban).



3.12 ábra: Hosszantartó rendkívül hideg időszakok kezdeti napján és kezdeti időszakában (kezdeti nap, illetve az azt megelőző két nap átlagos) megfigyelt hótakaró vastagságának eloszlása különböző hóvastagsági intervallumok szerint

Érdeemes összevetni a 3.12 és 3.10 ábrákat. A HRHI kialakulásakor az esetek 81,3 %-ában a hótakaró vastagsága kisebb, mint 10 cm, azonban a HRHI alatt az átlagos hóvastagság ugyanilyen mértékű esete már [1; 30) cm-es hóvastagsági intervallumban helyezkedik el. Ez talán nem meglepő, hiszen a 0 °C alatti hőmérséklet kedvez a már meglévő és frissen hulló hó megmaradásának is.

Előbb elmondottakat figyelembe véve, a leggyakoribb (31,3 %-os relatív gyakoriság) az, hogy a HRHI kezdeti napján 1 cm-t nem éri el a hótakaró vastagsága. A HRHI kezdeti napjának hóvastagsága az esetek 81,3 %-ban azonban 10 cm alatt marad. A HRHI teljes tartama alatt a hótakaró vastagságának átlaga már csak 68,8 %-ban nem éri el a 10 cm-t. 18,8 %-ban fordul elő, hogy a HRHI átlagos hótakaró vastagsága nem éri el az 1 cm-t.

3.3. Hosszantartó rendkívül hideg időszak és a markáns inverzió kapcsolata

Az inverziók során a hőmérséklet a magassággal növekszik. Ez a réteg éppen ezért a felhajtó erő ellenében hat, és kvázi diszkontinuitási felületként is felfogható. A réteg alatt nagy mennyiségben gyűlhet össze por, füst és nedvesség, könnyen képződhet köd, illetve jelenhet meg réteges felhőzet (*Makainé, 1962, Polgár, 2003*). Lassú melegedés a magasban elősegíti a fennmaradását. Az inverziót csak egy dinamikus légköri változás, általában hidegfront érkezése képes megszüntetni. A medencében megüledő hideglevegő után kialakult inverzió gyakran jár együtt tehát köddel, rétegfelhőzettel, amelyek meggátolják a téli napsugárzás melegítő hatásának érvényesülését. Egy magasban bekövetkező melegedés gyakran nem jelenik meg a felszíni légrétegek hőmérsékletében ilyen esetekben. Tehát tovább képes fenntartani a hideg levegőt a Kárpát-medencében. A diplomamunkámban a HRHI-k inverziókkal való kapcsolatát is figyelembe kellett venni tehát, mint lehetséges kiváltó, vagy fenntartó okot. Az inverziók leggyakrabban télen az 500 és 1000 méteres rétegben fordulnak elő (*Ventúra, 1966*). Ebből kifolyólag érdemes a 2 méteres, 925 hPa-os szint és még a 850 hPa-os szint közéghőmérsékleteit felhasználni az inverzióval kapcsolatos vizsgálatokhoz.

A vizsgálataim során bevezetésre került a **markáns inverzió** definíció.

Markáns inverzió alatt a következőt értem:

- *legalább 1°C-kal magasabb a 925 hPa napi közéghőmérséklete a 2 méteres napi közéghőmérséklethez képest vagy,*
- *legalább 1°C-kal magasabb a 850 hPa napi közéghőmérséklete a 2 méteres napi közéghőmérséklethez képest vagy,*
- *legalább 1°C-kal magasabb a 850 hPa napi közéghőmérséklete a 925 hPa napi közéghőmérsékletéhez képest*

A 925 és 850 hPa szintek hőmérsékletének vizsgálatához az NCEP/NCAR 2,5°-os horizontális rácsfelbontású reanalíziseit használtam. Magyarországra kettő darab rácspont esik, ezek az északi szélesség 47,5°, és a keleti hosszúság 17,5° és 20° fokánál helyezkednek el. A 925 és 850 hPa napi közéghőmérséklet értékeit az NCEP/NCAR reanalízis mező Budapesthez legközelebb eső (északi szélesség 47,5°, keleti hosszúság 20°) rácsponti adataiból nyertem.

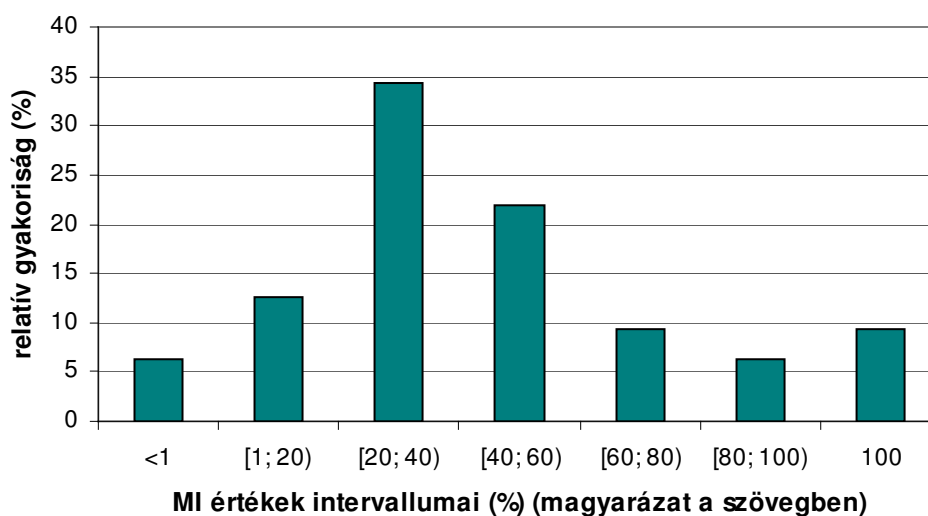
Azokat a napokat, amikor markáns inverzió fellép, **markáns inverziós napnak** tekintem. Minden HRHI időszakra megállapítottam, hogy a HRHI napjaiból hány alkalommal volt *markáns inverzió* (NapMI). Mivel a HRHI tartama (THRHI) változó, ezért a következő index számot definiáltam annak érdekében, hogy a különböző hosszúságú HRHI-k *markáns inverziós* tartamait egyértelműen össze lehessen hasonlítani:

$$MI = \frac{NapMI}{THRHI} * 100,$$

ahol *NapMI* a *markáns inverziós napok* számát jelenti a HRHI alatt, és *THRHI* a HRHI teljes tartamát jelöli.

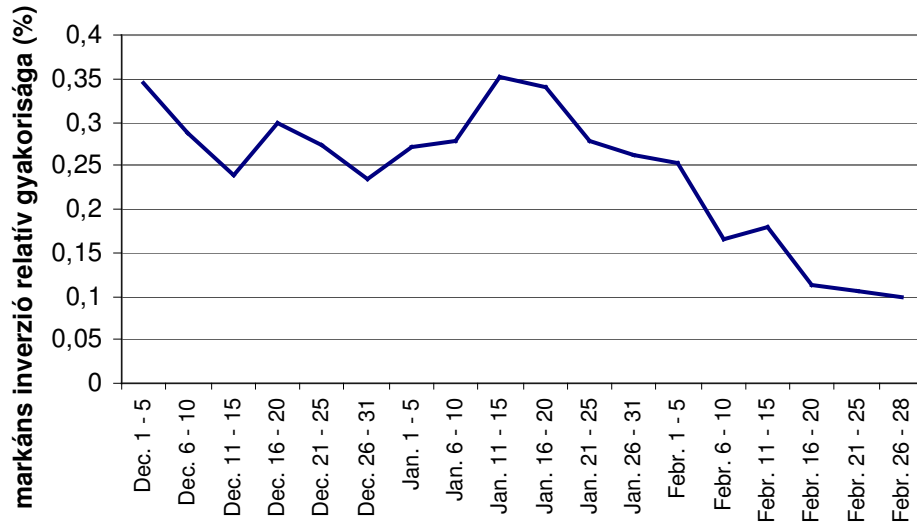
Az MI értéke 0 és 100 % között változik. Az MI érték kifejezi, hogy a HRHI tartamának mekkora hányadában volt jelen *markáns inverzió*. Ha az MI=100%, akkor a HRHI teljes tartama alatt jelen volt. Minél kisebb az MI értéke, annál kevésbé volt hatással a *markáns inverzió* a HRHI fennmaradására.

Az MI értékek különböző intervallumokbani gyakoriságát tekintve azt tapasztaltam, hogy a legnagyobb relatív gyakoriság a [20; 40) %-os MI intervallumban fordult elő, 34,4 %. A második legnagyobb relatív gyakoriság a [40; 60) %-os MI intervallumban jelentkezik, 21,9 % (**3.13 ábra**). Ezek együttesen 56,3 %-ot tesznek ki, azaz az esetek közel felében a HRHI tartamának felében megfigyelhető *markáns inverzió*. Mindösszesen a vizsgált HRHI esetek 6,3 %-ban nem volt jelen a teljes HRHI tartama alatt, 9,4 %-ban az egész HRHI tartama alatt megfigyelhető volt.



3.13 ábra: Hosszantartó rendkívül hideg időszakok MI értékeinek (magyarázat a szövegben) relatív gyakoriságai különböző százalékos intervallumok szerint

Az 58 év minden egyes téli napjára megállapítottam, hogy *markáns inverzió* megfigyelhető volt-e vagy sem. Ezek alapján a téli hónapok pentádjaira kiszámoltam a *markáns inverzió* relatív gyakoriságát (3.14 ábra). December első 5 napjában magas (35 %) a relatív gyakorisága a *markáns inverzió*nak, hasonlóan magas relatív gyakoriság január 11. és 20. között jelentkezik. December 11. és január 10. közötti időszakban 25 % körül mozog a relatív gyakorisága, hasonlóan január 21. és február 5. közötti időszakhoz. Februárban fokozatosan csökken a relatív gyakoriság, február végére már csak a 10 %-ot éri el. Ez elsősorban azzal magyarázható, hogy februárban a napsugárzás kellő mértékű, hogy a felszínközeli légrétegeket felmelegítse, ugyanakkor a magasabb szinteken (például 850 hPa) még mindig hideg a levegő. Ha a 3.3 ábrán mutatott HRHI relatív gyakoriságok téli időszakon belüli eloszlását összevetjük a 3.14 ábrával, feltűnik a január hónapban tapasztalható HRHI relatív gyakoriság és a *markáns inverzió* ellentétes változása.



3.14 ábra: Markáns inverzió pentádonkénti átlagainak téli menete Budapesten 58 év (1948-2005) téli hónapjainak markáns inverziós napjai alapján

A három szint (2 m, 925 hPa, 850 hPa) középfőmérséklet különbségeinek vizsgálati érdekében a következő mennyiségeket definiáltam:

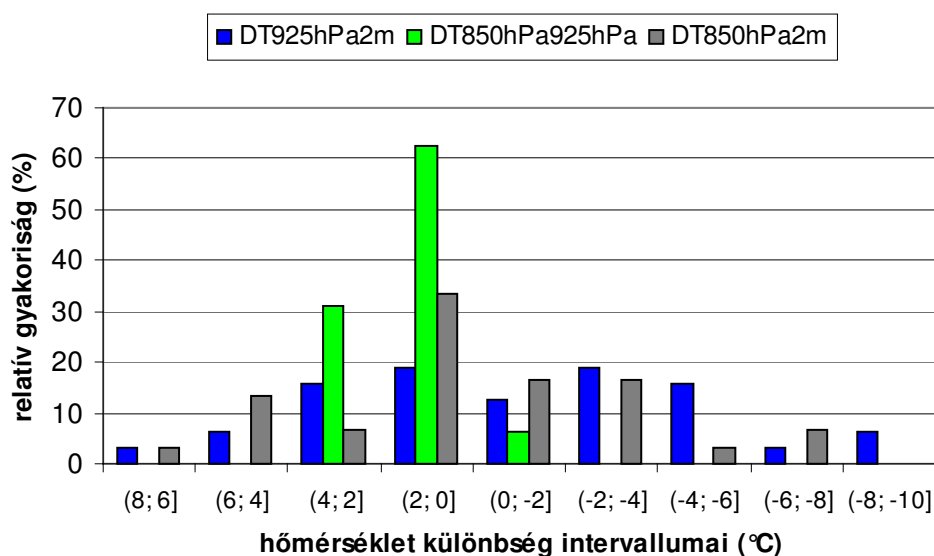
DT925hPa2m, a HRHI markáns inverziós időszakának 925 hPa-os átlagos napi középfőmérséklet és a HRHI markáns inverziós időszakának 2 méteres átlagos napi középfőmérséklet különbségét (DT) jelenti.

DT850hPa925hPa, a HRHI markáns inverziós időszakának 850 hPa-os átlagos napi középfőmérséklet és a HRHI markáns inverziós időszakának 925 hPa-os átlagos napi középfőmérséklet különbségét jelenti.

DT850hPa2m, a HRHI markáns inverziós időszakának 850 hPa-os átlagos napi középfőmérséklet és a HRHI markáns inverziós időszakának 2 méteres átlagos napi középfőmérséklet különbségét jelenti.

A fent definiált három hőmérséklet különbség relatív gyakoriságát a **3.15. ábra** mutatja. A pozitív hőmérséklet különbség esetén a két vizsgált szint közül a magasabban elhelyezkedő a melegebb. A hőmérséklet különbségek 8 és -10 °C között szóródnak. A 925 hPa és 2 méter HRHI markáns inverziós időszakának átlagos napi középfőmérséklet különbsége az esetek 43,8 %-ban pozitív vagy 0 °C. Azonban, ha a 850 hPa és 925 hPa szintek között tekintjük a hőmérséklet különbséget, 93,8 %-ban pozitív vagy 0 °C ez az érték. Végül pedig az esetek 56,7 %-ban a HRHI markáns inverziós időszaka alatti átlagos napi

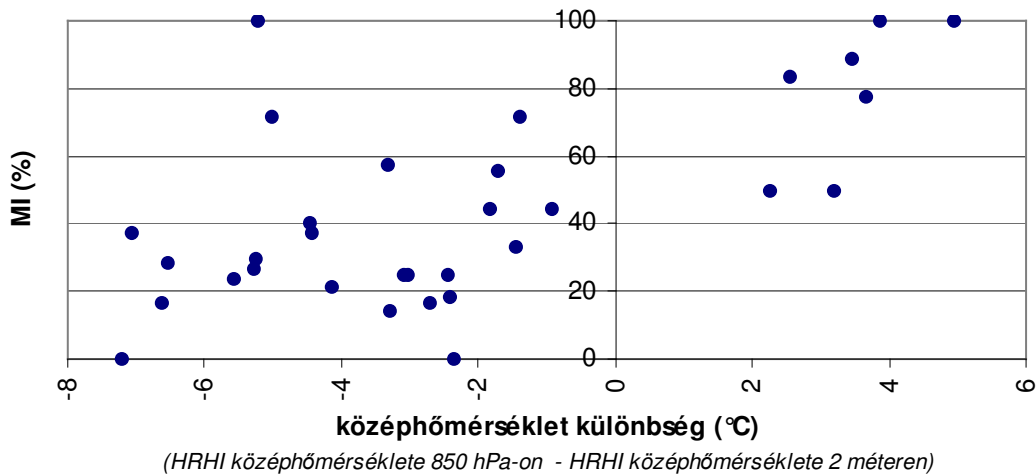
középhőmérséklete 850 hPa-on vagy megegyezik, vagy magasabb az ugyanezen időszak 2 méteres átlagos napi középhőmérsékletéhez képest.



3.15 ábra: DT925hPa2m, DT850hPa925hPa, DT850hPa2m hőmérséklet különbségek (magyarázat a szövegben) relatív gyakoriságai különböző hőmérsékleti intervallumok szerint

Érdeemesnek találtam azt is vizsgálni, hogy a HRHI 850 hPa-os középhőmérsékletének és 2 méteres középhőmérsékletének különbsége milyen kapcsolatban van az MI értékével (**3.16 ábra**). Pozitív hőmérséklet különbség esetén a HRHI 850 hPa-os középhőmérséklete magasabb, mint a 2 méteres középhőmérséklete. Ezekben az esetekben 50 % feletti az MI értéke (összesen 7 db ilyen HRHI volt) így az átlagos MI érték pozitív hőmérséklet különbség esetén 78,6 %. Negatív hőmérséklet különbségek esetében (25 db HRHI) az átlagos MI érték 34,5 %. Minél hidegebbé válik a HRHI 850 hPa-os középhőmérséklete a HRHI 2 méteres középhőmérsékletéhez képest, annál kevésbé jelentkezik markáns inverzió a HRHI tartama alatt. Ugyanis a HRHI időszakból minél több a markáns inverziós nap, annál közelebb kerül az időszak középhőmérséklete a két szinten

egymáshoz.



3.16 ábra: Az MI, és a HRHI 850 hPa-os és 2 méteres szint középhőmérsékletének különbsége közötti összefüggés

A vizsgált 32 esetből 20 esetben (62,5 %) nem volt *markáns inverzió* sem a kialakulás napján, sem az azt megelőző napon. 3 esetben a kialakulás napján, és 8 esetben az azt megelőző napon előfordult. Egy esetben mind a kialakulás, mind az azt megelőző napon is megfigyelhető volt *markáns inverzió*.

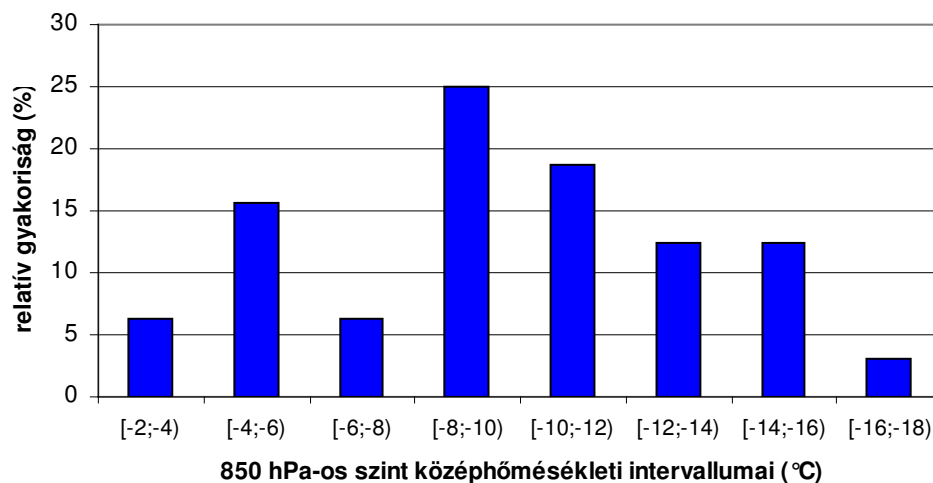
Mindezek alapján megállapítható, hogy a HRHI esetek 62,5 %-ban nem játszott szerepet a HRHI kialakulásában a *markáns inverzió*. Az esetek közel felében megfigyelhető a HRHI tartamának fele időszakában, ezáltal kedvezve a HRHI fennmaradásának. Azt tapasztaltam, hogy minél több nap volt *markáns inverziós* a HRHI időszak napjai közül, inkább megközelítette, vagy meghaladta a HRHI 850 hPa-os középhőmérséklete a HRHI 2 méteres középhőmérséklete.

3.4. Hosszantartó rendkívül hideg időszak és a 850 hPa-os szint hőmérsékletének kapcsolata

A 850 hPa-os szint átlagosan 1,5 km magasan helyezkedik el. Ebben a magasságban a felszíni hatások már kevésbé érződnek, így például a hótakaróval való borítottság. Ugyanakkor a szint hőmérsékleti viszonyai hatással vannak az alsóbb rétegekre.

A 32 db HRHI 850 hPa-os középhőmérsékletének eloszlását mutatja a **3.17 ábra**. A legmagasabb előfordulás (25 %) a $[-8; -10)$ °C-os középhőmérsékleti intervallumban fordult elő, ezt követi 18,8 %-kal $[-10; -12)$ °C-os intervallum. A megvizsgált HRHI esetek 71,9 %-ban a HRHI középhőmérséklete 850 hPa-on legalább -8 °C volt.

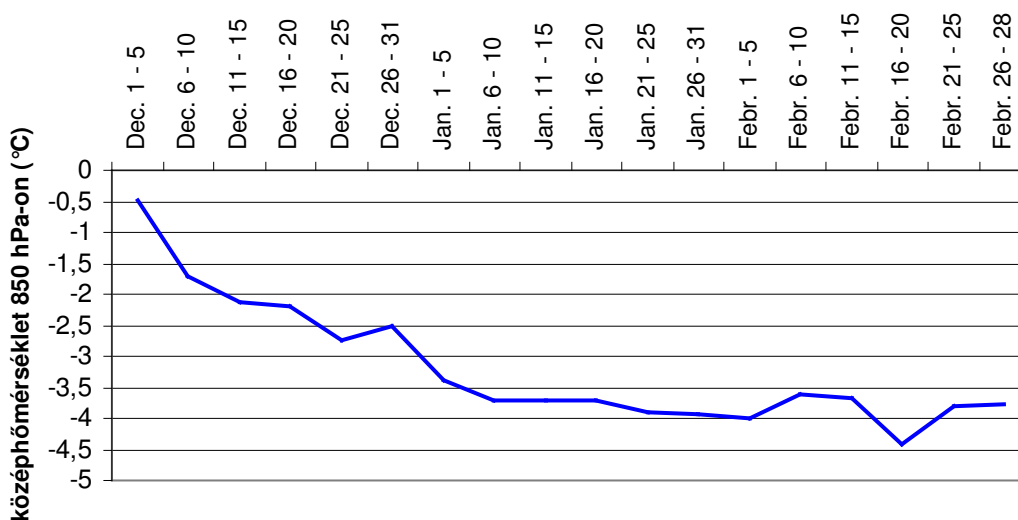
A 850 hPa-on tartósan fennmaradó hideg levegő (legalább 6 napos időszakot figyelembe véve az átlagos napi középhőmérséklet -8 °C) kiváltó és fenntartó oka lehet a HRHI-nak.



3.17 ábra: Hosszantartó rendkívül hideg időszakok 850 hPa-os középhőmérsékletének eloszlása

A 850 hPa-os szint téli középhőmérsékleti menetének kiszámításához az NCEP/NCAR 850 hPa-os reanalízis mezejének Budapesthez legközelebb eső, északi szélesség $47,5^\circ$, keleti hosszúság 20° rácspontjára vonatkozó adatokkal számoltam. 58 év (1948-2005) téli hónapjait használtam fel az átlag kiszámításához. A téli időszak pentádjaira megállapított 850 hPa-os szint középhőmérsékletét a **3.18. ábra** mutatja. December elején egy gyors csökkenés tapasztalható, amelyet január és február hónap közel stagnáló középhőmérséklete jellemez. Mind a január, mind a február hónap hasonlóan hideg a 850 hPa-on. Ellenben a 2 méteren február hónapban már gyors (több mint 2 °C-os)

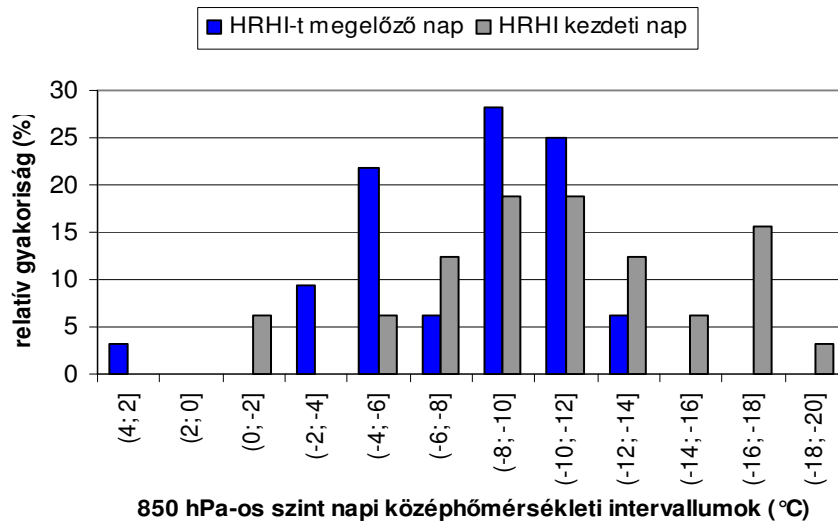
középhőmérséklet növekedés volt tapasztalható (3.5 ábra). Tehát az erősödő besugárzásnak köszönhetően már nem érződik a 850 hPa-os szinten érkező hideg levegő hatása, továbbá február vége fele haladva csökken az átlagos hóvastagság (3.11 ábra) és a markáns inverzió esélye is (3.14 ábra).



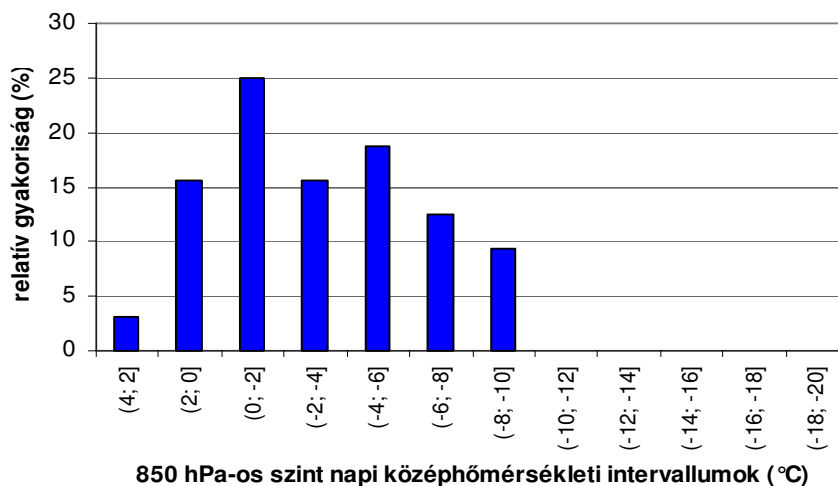
3.18 ábra: Napi középhőmérséklet pentádonkénti átlagainak téli menete 850 hPa-on 58 év (1948-2005) téli hónapjainak 850 hPa-os napi középhőmérsékletei alapján (NCEP/NCAR 850 hPa-os reanalízis mezejének É. sz.: 47,5°, K. h.: 20° rácspontjára vonatkozóan)

A HRHI kezdeti és megelőző napjának 850 hPa-os napi középhőmérsékletét vizsgálva megállapítható volt, hogy nem fordult elő -14 °C -nál hidegebb napi középhőmérséklet a HRHI-t megelőző napon (3.19 ábra). Az esetek 53,1 %-ban -8 °C -nál hidegebb, de -12 °C -nál nem alacsonyabb az érték ezen a szinten. Második legnagyobb relatív gyakoriság, 21,9 % a $(-4; -6]\text{ °C}$ -os középhőmérsékleti intervallumban fordult elő. Ha a HRHI kezdeti napján tekintjük a napi középhőmérsékletek eloszlását azt tapasztaljuk, hogy a vizsgált HRHI-k 75 %-ban -8 °C -nál hidegebb értékek fordulnak elő a 850 hPa-os szinten. A $(-8; -10]$, $(-10; -12]$ °C-os középhőmérsékleti intervallumokban 18,8-18,8 %-os relatív gyakoriság figyelhető meg, ezt követi 15,6 %-os relatív gyakorisággal a $(-16; -18]$ °C-os intervallum.

A HRHI-t követő nap 850 hPa-os napi középhőmérsékletének eloszlását mutatja a 3.20 ábra. A HRHI-t követő napon -10 °C -nál hidegebb érték nem fordult elő. Az esetek 75 %-ban 2 °C -nál hidegebb, de ugyanakkor -6 °C -nál nem alacsonyabb a napi középhőmérséklet a 850 hPa-on.



3.19 ábra: Hosszantartó rendkívül hideg időszak (HRHI) kezdeti és megelőző napjának 850 hPa-os szint napi középhőmérsékletének eloszlása a különböző hőmérsékleti intervallumok szerint



3.20 ábra: Hosszantartó rendkívül hideg időszakot (HRHI) követő nap 850 hPa-os szint napi középhőmérsékletének eloszlása a különböző hőmérsékleti intervallumok szerint

–14 °C-nál hidegebb napi középhőmérséklet a HRHI-t megelőző napon nem fordult elő 850 hPa-on. A megvizsgált HRHI-k 75 %-ában –8 °C-nál hidegebb ezen szint napi középhőmérséklete a HRHI kezdeti napján. A HRHI esetek 71,9 %-ában a HRHI középhőmérséklete legalább –8 °C volt. A 850 hPa-on tartósan fennmaradó hideg levegő (legalább 6 napos időszakot figyelembe véve az átlagos középhőmérséklet –8 °C) kiváltó és fenntartó oka lehet a HRHI-nak.

3.5. Hosszantartó rendkívül hideg időszakokra jellemző makroszinoptikus helyzetek

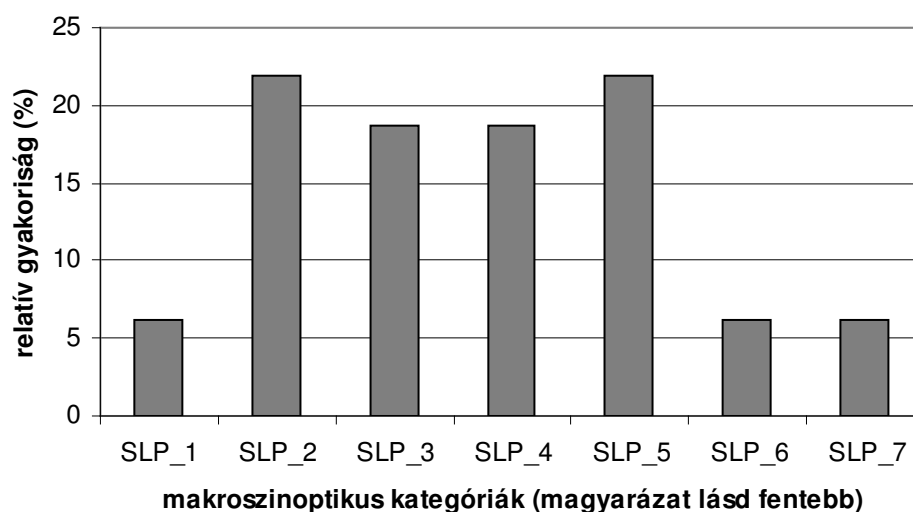
A hazánk fölé érkező különböző légtömegek különböző áramlási helyzetekhez tartoznak. Ezeket az áramlási helyzeteket a nyomási mezők alakítják ki hazánkhoz viszonyított relatív elhelyezkedésüktől függően.

A makroszinoptikus elemzéshez a HRHI-k tengerszinti átlagos légnyomás mezői és ezek anomáliái (1968-1996 képezi a referencia időszakot) kerültek megállapításra az észak-atlanti, európai térségre. Az elemzésekhez az NCEP/NCAR tengerszinti légnyomás reanalízis mezőit használtam fel. A vizsgált terület az északi szélesség 30. és 90. foka, valamint a nyugati hosszúság 70. és keleti hosszúság 70. foka között helyezkedik el. A vizsgálatom tárgyát képező 32 eset mindegyikének elkészítettem az átlagos légnyomás mezőjét és anomáliáját a HRHI alatti tartamra. Majd ezeket az anticiklonok és pozitív nyomás anomáliák elhelyezkedését figyelembe véve következő 7 csoport szerint osztályoztam (a csoportok, makroszinoptikus helyzetek nevének rövidítése a Sea Level Pressure angol szavakból ered – SLP):

- SLP 1: Anticiklon-gerinc nyúlik be a kontinens nyugati részei fölé az Ibériai-félsziget felől. A Földközi-tenger, Fekete-tenger, Észak-Európa, valamint a Kelet-európai-síkság felett alacsony nyomású mező figyelhető meg.
- SLP 2: Anticiklon helyezkedik el Közép-Európa felett (így hazánk felett is). Gyengébb zonális áramlás esetén az anticiklon északabbra is kiterjeszkedik.
- SLP 3: Anticiklon helyezkedik el tőlünk keletre a Kelet-európai-síkság felett.
- SLP 4: Skandináv-félsziget felett anticiklon helyezkedik el. Itt két fajtáját is megkülönböztethetjük. Az anticiklon csak a skandináviai térség felett figyelhető meg, vagy az észak-szibériai rész felől nyúlik ki anticiklon a Skandináv-félsziget fölé.
- SLP 5: Magas nyomású rendszer húzódik egészen Grönlandtól kezdve Izlandon, valamint a Brit-szigeteken át, a közép-európai térség fölött a Kelet-európai-síkságig. *A továbbiakban, ezt a fajta nyomási mezőrendszert anticiklon-hídnak nevezem.*
- SLP 6: Blokkoló anticiklon az Izland és Brit-szigetek, valamint a kontinens nyugati partvidéke felett. Alacsony nyomású mező a kontinens középső vagy északi része felett.

- SLP_7: Délebbre helyeződött ciklon pálya. Magas nyomású mező Grönland, Izland térségében, valamint a Skandináv-félszigettől északabbra.

A **3.21 ábrán** bemutatom a HRHI-k definiált makroszinoptikus helyzeteinek relatív gyakoriságát. A HRHI-k 81,3 %-a közvetlenül anticiklonális helyzethez köthető. Az anticiklonok közül is elsősorban a leggyakoribb a felettünk elhelyezkedő anticiklon – SLP_2 – (21,9 %), vagy az *anticiklon-híd* – SLP_5 – (21,9%). A tőlünk keletre (SLP_3) vagy északra (SLP_4) elhelyezkedő anticiklonok esetén a relatív gyakoriság 18,8 %.

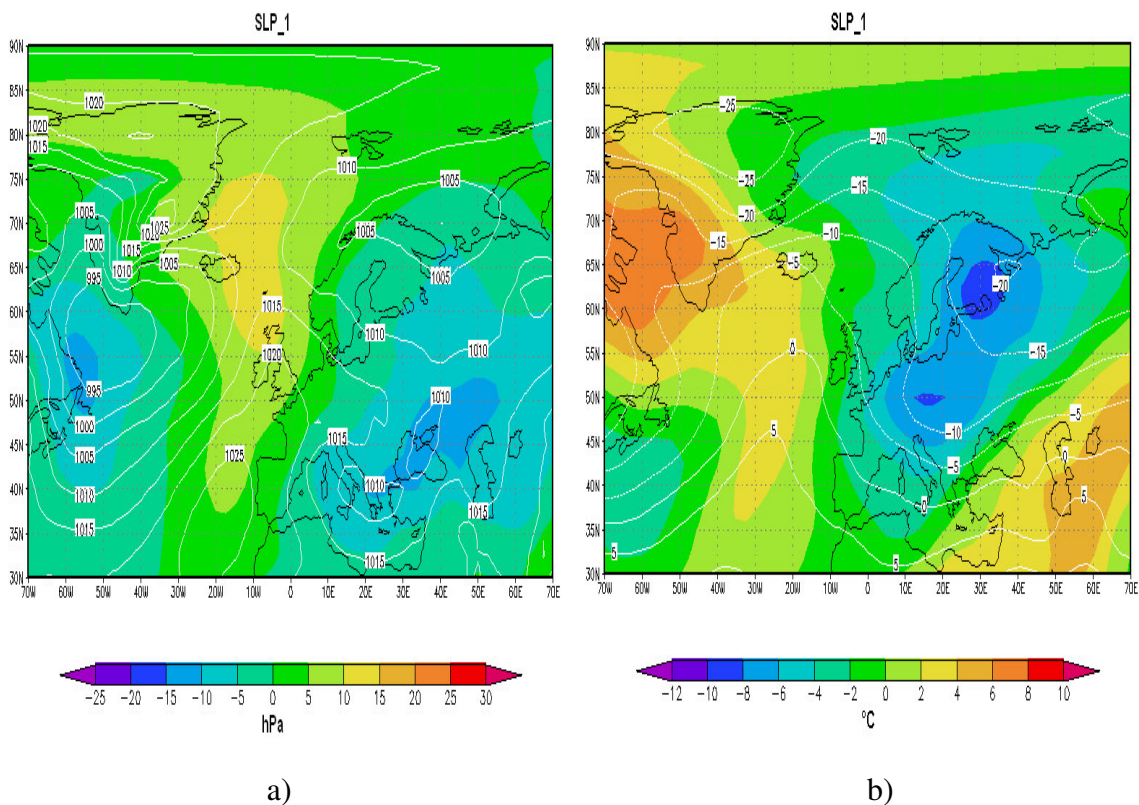


3.21 ábra: HRHI-ok makroszinoptikus kategóriák (magyarázat szövegben) szerinti eloszlása

Az egyes makroszinoptikus helyzetekbe tartozó HRHI-k tartama alatti átlagos tengersizinti légnyomás mezők és azok anomália mezeinek átlaga szolgáltatja az adott makroszinoptikus helyzetre jellemző légnyomás mezőt és nyomási anomáliáját. Hasonlóan készült el a makroszinoptikus helyzet középhőmérsékleti mezeje és annak anomáliája a 850 hPa-ra vonatkozóan. Ebben az esetben az átlagos 850 hPa-os középhőmérsékleti mező elsősorban a hőmérsékleti anomáliák elhelyezkedését tekintve használatos. Egy adott makroszinoptikus helyzeten belül ugyanis decemberben, vagy februárban kialakult HRHI átlagos 850 hPa-os középhőmérsékleteinek értéke nagyban eltérhet egymástól, éppen a két különböző időpont végett. Ugyanaz a makroszinoptikus helyzet időszaktól függően más és más középhőmérsékleti anomália értékeket eredményezhet a téli időszakban, azonban az anomália központok többnyire azonosak. Az egyes makroszinoptikus helyzetek leírásánál kitérek a hőmérsékleti anomália értékek nagyságára is, de azokat az előbb leírtakkal együtt

kell figyelembe venni. A következőkben a definiált makroszinoptikus helyzetek átlagos tengerszinti légnyomás, illetve légnyomási anomália mezejét, valamint 850 hPa-os középhőmérsékleti és hőmérsékleti anomália mezejét mutatom be. Az anomália értékeket az 1968-1996 időszak átlagához képest határoztam meg. Az NCEP/NCAR reanalízis adatokhoz elkészítik azok átlagos mezejét is. Az átlagos mezők kiszámításához az amerikai reanalízis központban a fent említett időszakot vették alapul.

SLP 1



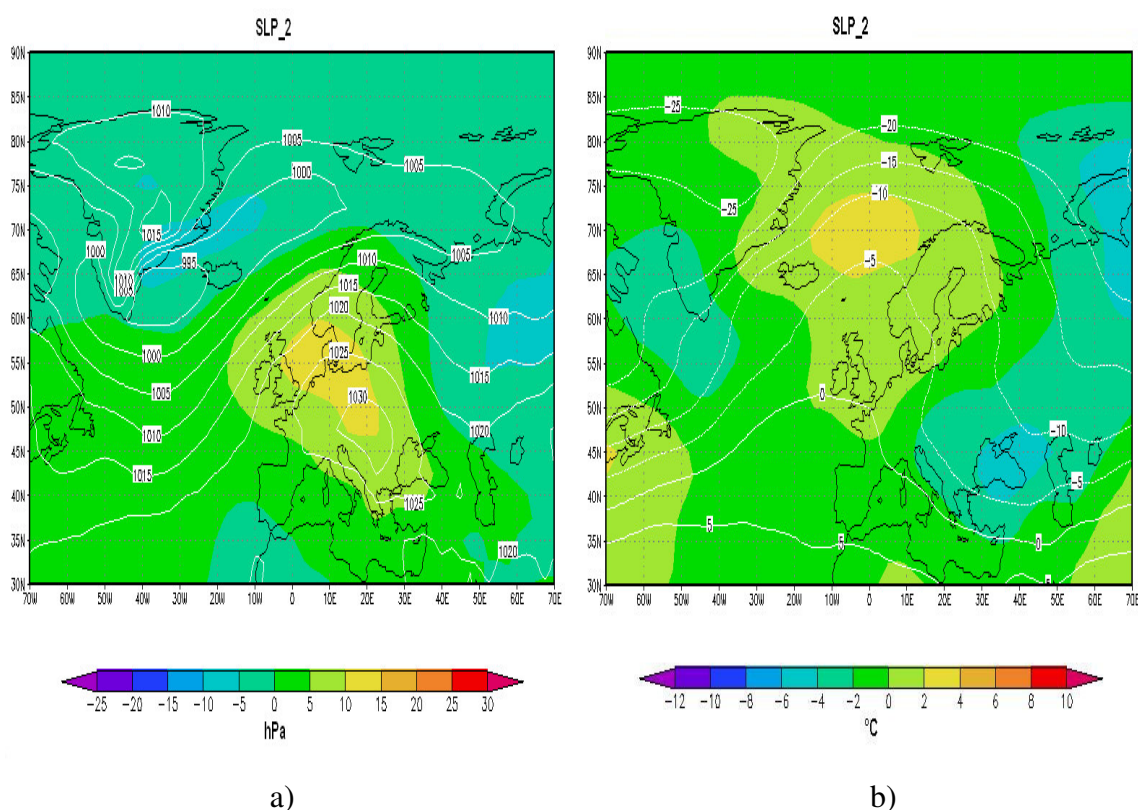
3.22 ábra SLP_1 makroszinoptikus helyzet

- a)** átlagos tengerszinti légnyomása (fehér vonal) és légnyomási anomália mezeje (színezett terület),
b) átlagos 850 hPa-os középhőmérséklete (fehér vonal) és hőmérsékleti anomália mezeje (színezett terület)
 /referencia időszak 1968-1996/

Az SLP_1 makroszinoptikus helyzet átlagos tengerszinti légnyomását és annak anomália mezőjét a **3.22 a) ábra** mutatja. Egy magasnyomású gerinc nyúlik fel egészen a Brit-szigetek térségéig. A gerinc nyúlványaként egy gyenge anticiklon nyúlik a kontinens középső tájai fölé. Észak-Európa és a Földközi-, illetve Fekete-tenger térségében ciklonok helyezkednek el. Izland térségében nem, de a Labrador-tenger felett ciklon centrum figyelhető meg. A **3.22 b) ábrán** a makroszinoptikus helyzethez tartozó átlagos 850 hPa-os középhőmérsékleti mező és anomáliája látható. Legalább 6 °C-kal hidegebb levegő

uralkodik a kontinens középső területei felett, az átlagoshoz képest. Átlagosan $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nál hidegebb középhőmérséklet a 850 hPa-os szinten Közép- és Észak-Európa fölött található. Az említett ciklonok hátoldalán a sarkvidékről érkező hideg levegő áramlik a kontinens legnagyobb része fölé egészen a Földközi-tengerig, valamint a Brit-szigetekig. Grönland nyugati részei felett ugyanakkor több, mint $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal enyhébb levegő található a 850 hPa-on az átlagosnál.

SLP_2



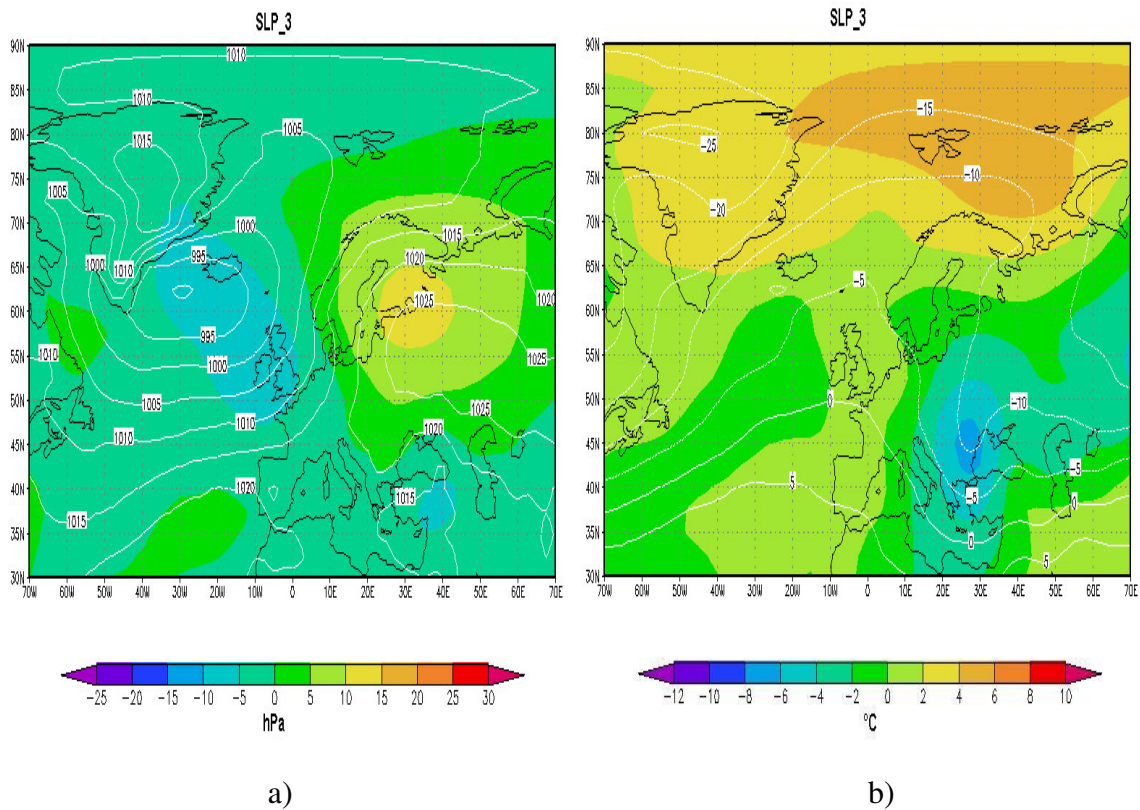
3.23 ábra SLP_2 makroszinoptikus helyzet

- a)** átlagos tengerszinti légnyomása (fehér vonal) és légnyomási anomália mezeje (színezett terület),
b) átlagos 850 hPa-os középhőmérséklete (fehér vonal) és hőmérsékleti anomália mezeje (színezett terület)
 /referencia időszak 1968-1996/

Az SLP_2 makroszinoptikus helyzetben a Közép-Európa térsége fölött anticiklon található, ugyanakkor a Kelet-európai-síkság felett alacsony légnyomású mező figyelhető meg (**3.23 a) ábra**). Grönland keleti partjainál alacsony nyomású ciklon centrum található. Ebben a nyomási szituációban néhány fokkal enyhébb levegő található az Izland, Skandináv térségben, ugyanakkor az anticiklon peremén, a kontinens belső területei felől érkező hideg levegő foglal helyet a Fekete-tenger és a Balkán-félsziget felett a 850 hPa-on. (**3.23 b) ábra**). A Kelet-Európa felől érkező északkeleties áramlású hideg levegő ellen nagyrészt

védelmet nyújt a Kárpátok (Péczely, 1960). Előfordul azonban, hogy a Kárpátokat megkerülve az Al-Duna völgyén keresztül délkelet felől érkezik a Kárpát-medencébe a hideg levegő.

SLP_3



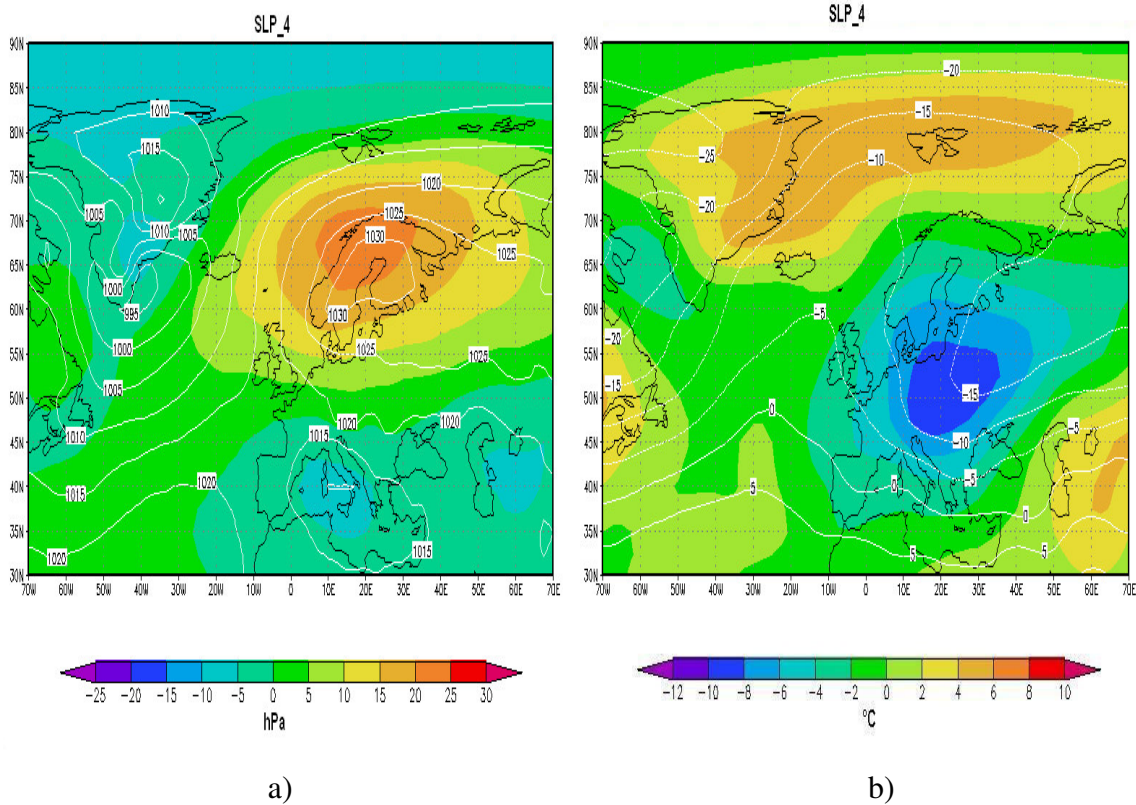
3.24 ábra SLP_3 makroszinoptikus helyzet

- a)** átlagos tengerszinti légnyomása (fehér vonal) és légnyomási anomália mezeje (színezett terület),
b) átlagos 850 hPa-os középhőmérséklete (fehér vonal) és hőmérsékleti anomália mezeje (színezett terület)
 /referencia időszak 1968-1996/

A **3.24 a) ábrán** az SLP_3 makroszinoptikus helyzet átlagos tengerszinti légnyomása és annak anomália mezeje került ábrázolásra. A Kelet-Európa felett található anticiklon, gyakorlatilag a kontinens keleti, középső és északi területeinek időjárását határozza meg. Az anticiklon délkeleti területei felett a 850 hPa-on az 1968 és 1996 közötti időszak átlagához képest több fokkal (-4 , -6 °C-kal) hidegebb levegő figyelhető meg (**3.24 b) ábra**). A felszín közelében ez a levegő még hidegebb. Ez a hideg levegő keleties áramlással Nyugat-Szibéria felől érkezett, és a Kárpát-medencébe rendszerint az Al-Duna völgyén keresztül áramlik be. Ugyanis a völgy nyugat-keleti nyitottsága nem ad védelmet a keleties áramlással szemben. Megfigyelhető, hogy ezen idő alatt a 65. hosszúsági foktól

északra a vizsgált térség fölött 2-4 °C-kal magasabb az átlaghoz (1968-1996) képest a 850 hPa-os szint középhőmérséklete.

SLP_4



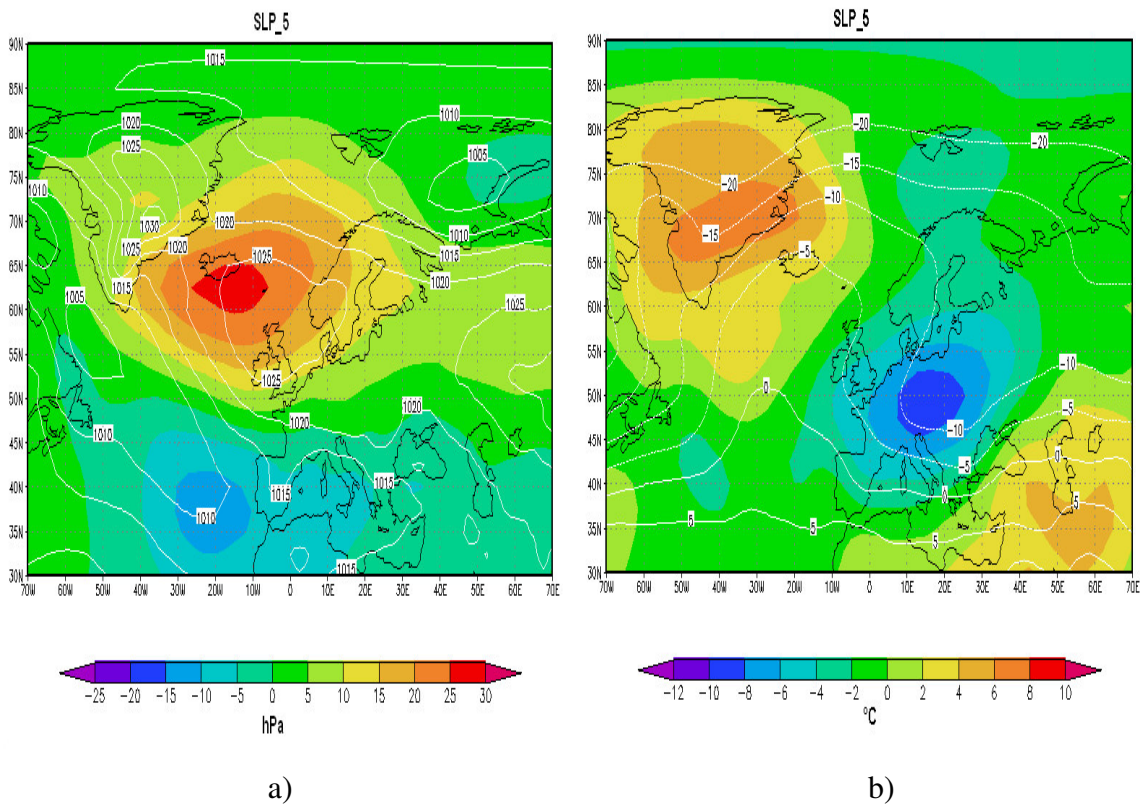
3.25 ábra SLP_4 makroszinoptikus helyzet

a) átlagos tengerszintű légnomása (fehér vonal) és légnomási anomália mezeje (színezett terület),

b) átlagos 850 hPa-os középhőmérséklete (fehér vonal) és hőmérsékleti anomália mezeje (színezett terület)
/referencia időszak 1968-1996/

Az SLP_4 makroszinoptikus helyzetben egy nagy kiterjedésű anticiklon figyelhető meg az egész Skandináv-félsziget, valamint a Kelet-európai-síkság felett. Két fő ciklon centrum található, az egyik a Földközi-tenger, a másik Dél-Grönland térségénél (**3.25 a)** ábra). Az anticiklon peremén Nyugat-Szibéria, illetve az arktikus területek felől rendkívül hideg levegő árasztja el az egész kontinentst. Ez jól megfigyelhető a 850 hPa-os szinten is (**3.25 b)** ábra). A makroszinoptikus helyzetben a 850 hPa szint középhőmérséklete az 1968 és 1996 közötti időszak átlagához képest a kontinens nagy részén 4 °C, Közép-Európa felett 8 °C-kal marad el. Kelet-európai-síkság felett a 850 hPa-os szint középhőmérséklete –15 °C alatti. Izlandtól és Skandináviától északra eső területek felett ugyanezen szint középhőmérsékleti anomáliája 2-4 °C-kal haladja meg az említett időszak átlagát.

SLP_5

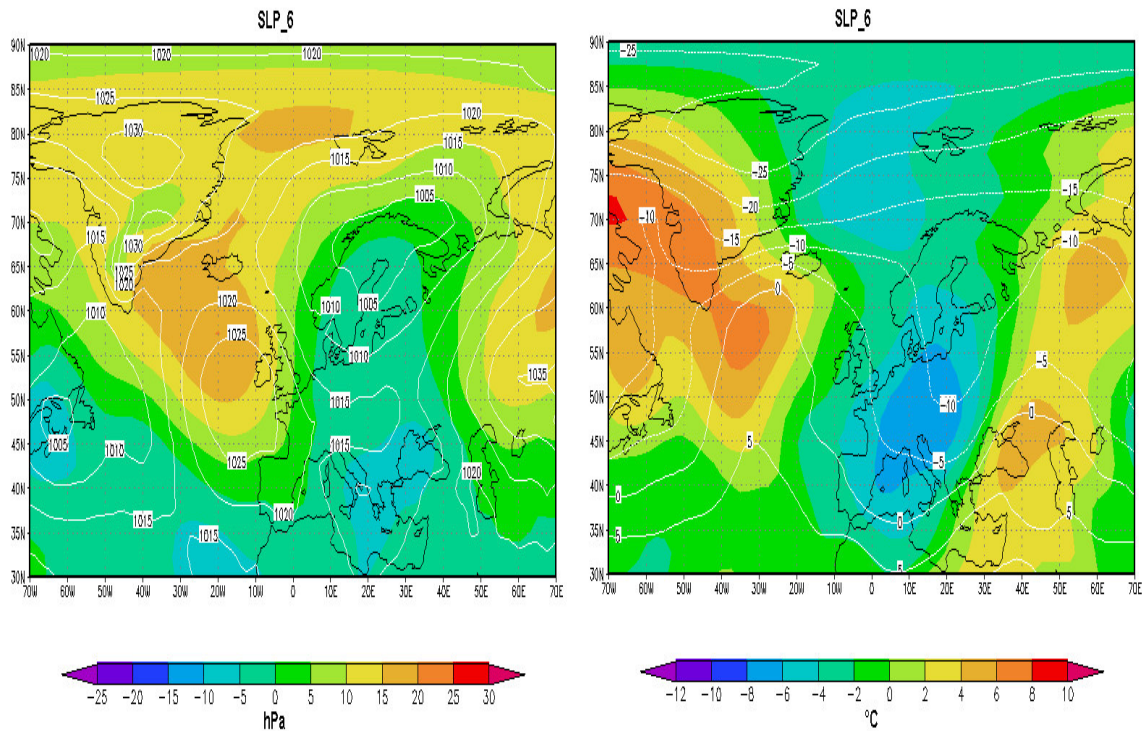


3.26 ábra SLP_5 makroszinoptikus helyzet

- a) átlagos tengerszinti légnyomása (fehér vonal) és légnyomási anomália mezeje (színezett terület),
b) átlagos 850 hPa-os középhőmérséklete (fehér vonal) és hőmérsékleti anomália mezeje (színezett terület)
/referencia időszak 1968-1996/

Az SLP_5 makroszinoptikus helyzetben a már definiált *anticiklon-híd* figyelhető meg, amelynek során a grönlandi, izlandi és brit-szigeteki, valamint a Kelet-európai-síkság-felett található anticiklonok „összekapcsolódnak”. Ebben a helyzetben a ciklonok a Labrador-tenger felől az Atlanti-óceán déli területei felé, majd a Földközi-tenger irányába vándorolnak. Alacsony légnyomás található még a Barrents-tenger fölött (3.26 a) ábra). A makroszinoptikus helyzet átlagos 850 hPa-os középhőmérsékleti és anomália mezejét tekintve az európai térség felett hasonló kép mutatkozott az SLP-4 esetben (3.26 b) ábra). Eltérés elsősorban a pozitív hőmérsékleti anomália elhelyezkedésében van. Az SLP_5 esetben Grönland jelentős része fölött figyelhető meg legalább 4 °C-os pozitív középhőmérsékleti anomália.

SLP_6



a)

b)

3.27 ábra SLP_6 makroszinoptikus helyzet

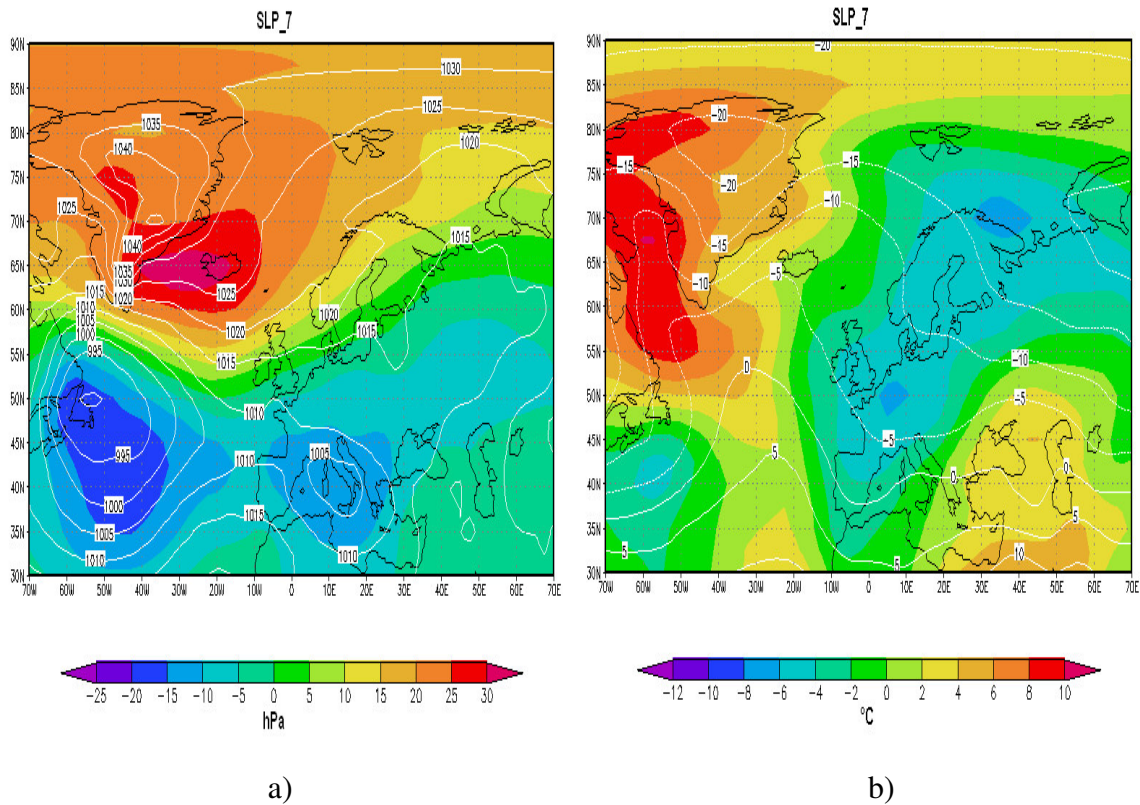
a) átlagos tengerszinti légnyomása (fehér vonal) és légnyomási anomália mezeje (színezett terület),

b) átlagos 850 hPa-os középhőmérséklete (fehér vonal) és hőmérsékleti anomália mezeje (színezett terület)

/referencia időszak 1968-1996/

Az SLP_6 makroszinoptikus helyzet (3.27 a), b) ábrák) kicsit hasonlatos az SLP_1 (3.21 a), b) ábrák) helyzethez, azonban mégis sokban különböznek. A főbb ciklon központok hasonlatosak az európai térségben, ellenben a Kelet-európai-síkság felett anticiklon található és a Labrador-félszigetnél figyelhető meg egy másik ciklon centrum. Továbbá itt már nem magasnyomású gerinc húzódik a kontinens nyugati részei fölé, hanem az Atlanti-óceánnak a kontinenssel határos nyugati része felett helyezkedik el egy anticiklon. A 3.27 b) ábrát tekintve jól látható, hogy negatív középhőmérsékleti anomália figyelhető meg Európa nyugati és északi, valamint középső területei felett a 850 hPa-os szinten. A Kelet-európai-síkság felett, valamint a Labrador és Nyugat-Grönland felett pozitív középhőmérsékleti anomália található.

SLP_7



3.28 ábra SLP_7 makroszinoptikus helyzet

- a)** átlagos tengerszinti légnyomása (fehér vonal) és légnyomási anomália mezeje (színezett terület),
b) átlagos 850 hPa-os középhőmérséklete (fehér vonal) és hőmérsékleti anomália mezeje (színezett terület)
/referencia időszak 1968-1996/

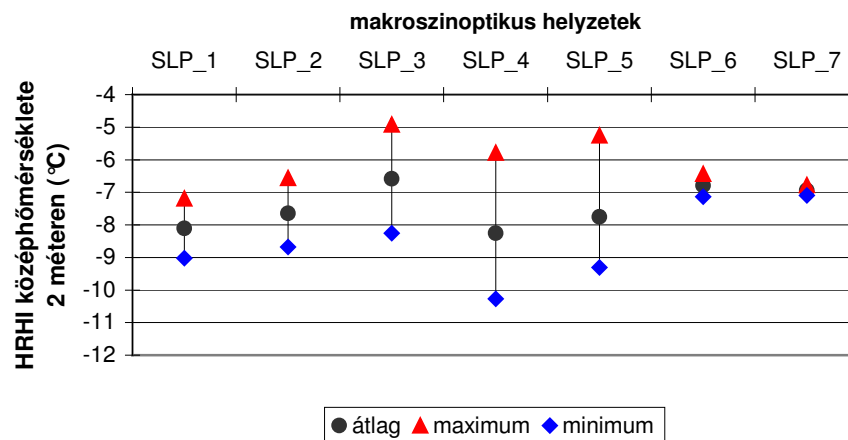
Az SLP_7 makroszinoptikus helyzetben a Grönland és Izland térsége feletti anticiklon következtében a Labrador-félszigettől Dél-Európa felé, tehát a szokásosnál legalább 10-15 szélességi fokkal délebbre vonulnak a ciklonok. Két fő ciklon központ található, az egyik a Labrador-félszigetnél, a másik a Földközi-tenger fölött (3.28 a) ábra). Az anticiklon peremén az Európát elérő ciklonok hátoldalán, elsősorban Európa északi és nyugati területei fölött figyelhető meg a 850 hPa-on negatív középhőmérsékleti anomália (3.28 b) ábra). A Labrador-tenger, a Baffin-öböl, valamint Grönland fölött a 850 hPa-on legalább 4 °C-os pozitív középhőmérsékleti anomália látható.

A meghatározott 7 makroszinoptikus helyzetből 6 helyzetben zömében pozitív nyomási anomália érték található a Norvég-tenger térségében.

3.6. Hosszantartó rendkívül hideg időszakok makroszinoptikus helyzeteinek jellemző karakterisztikái

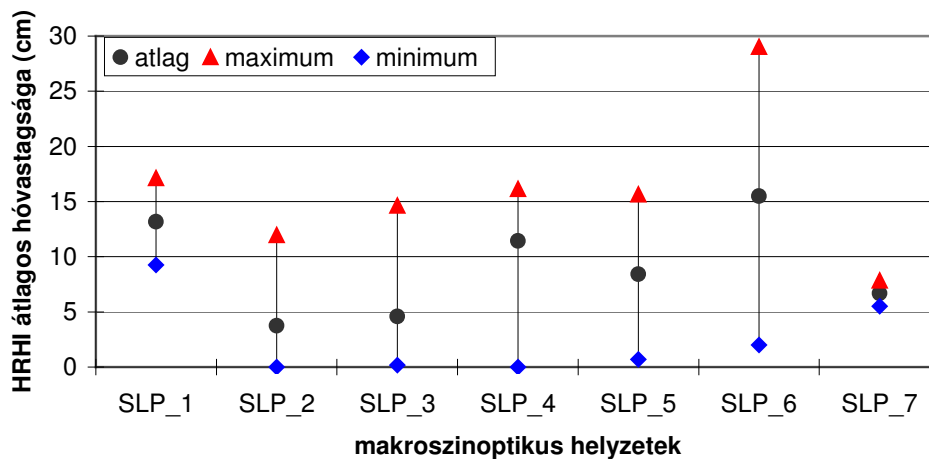
Az előző fejezetben definiált makroszinoptikus helyzetekben megvizsgáltam, hogy a HRHI 2 méteres középhőmérséklete, a HRHI átlagos hóvastagsága, MI értéke, és a HRHI 850 hPa-os középhőmérséklete miként alakul.

Az egyes makroszinoptikus helyzetekre kiszámított átlagos HRHI 2 méteres középhőmérséklet, valamint azokban előfordult legkisebb és legnagyobb HRHI 2 méteres középhőmérséklet segítségével megállapítható, hogy melyik makroszinoptikus helyzet kedvez a leghidegebb HRHI kialakulásának (3.29 ábra). A leghidegebb 2 méteres HRHI középhőmérséklet $-10,3\text{ °C}$ volt, és egy skandináviai térségben elhelyezkedő anticiklon (SLP_4) alkalmával fordult elő. A kisebb különbségek egy makroszinoptikus helyzeten belül előfordult HRHI 2 méteres középhőmérsékletei között elsősorban a közvetlenül nem anticiklonhoz kapcsolódó kategóriákban (SLP_1, SLP_6, SLP_7) fordul elő. Ugyanakkor ezekben a kategóriákban a HRHI relatív gyakorisága alacsony (3.21 ábra). A legnagyobb eltérések egy makroszinoptikus helyzeten belül az SLP_4, illetve SLP_5 makroszinoptikus helyzetekben jelenik meg. Ezekben a helyzetekben tőlünk északibb szélességi körök mentén helyezkednek el anticiklonok, amelyek rendszerint keleties, északkeleties áramlási zónájába tartozunk. A Kárpát-medencében kialakuló HRHI 2 méteres középhőmérséklete ezért nagy mértékben függ a Kárpátok védő hatásától, illetve az anticiklon erősségétől, valamint az anticiklon peremén fölénk érkező levegő hőmérsékletétől (többnyire szibériai, vagy sarkvidéki eredetű levegőről van szó).



3.29 ábra: HRHI átlagos, illetve előfordult legkisebb és legnagyobb középhőmérséklete 2 méteren a különböző makroszinoptikus helyzetekben

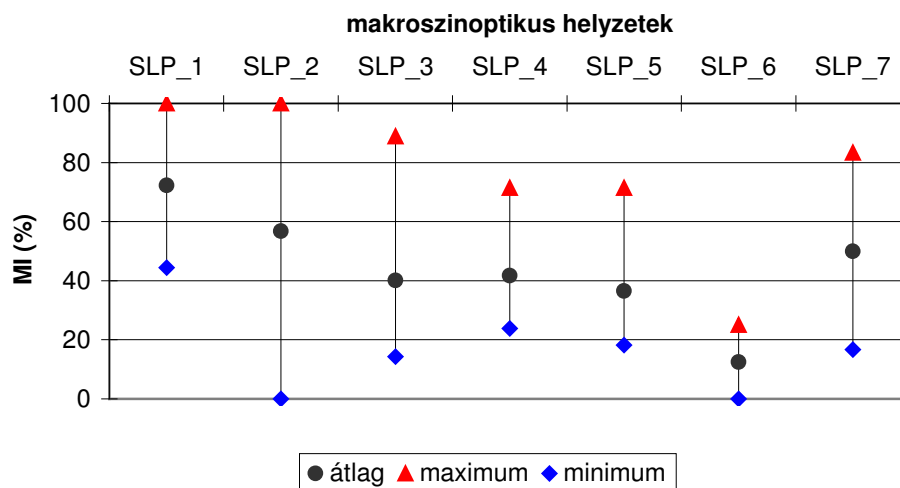
A különböző makroszinoptikus helyzetekben előfordult HRHI esetek átlagos hóvastagságának átlagát, illetve előfordult legkisebb és legnagyobb átlagos hóvastagságát mutatja a **3.30 ábra**. A három ciklonális jellegű (közvetlenül nem anticiklon határozza meg a Kárpát-medence időjárását) makroszinoptikus helyzetben nem fordult elő hótakaró nélküli HRHI. A vizsgált esetek alapján az SLP_1 és SLP_7 kategóriákban lehet biztosan számítani legalább 5 cm vastag átlagos hótakaróra a HRHI ideje alatt (9,3 cm az SLP_1 és 5,5 cm a legkisebb átlagos hóvastagság a HRHI alatt az SLP_4 kategóriában). A ciklonok hátoldalán hazánk fölé áramló hideg levegő még viszonylag nedves, rendszerint kisebb havazás, hózápor előfordul. A már meglévő hótakaró tovább gyarapodhat ennek köszönhetően, illetve ki is alakulhat (csapadékmennyiségtől és orográfától függően) kisebb-nagyobb vastagságú hótakaró. A legnagyobb eltérés a maximálisan és minimálisan előfordult átlagos hóvastagság között az SLP_6 helyzetben fordult elő. Ebben a helyzetben általában alacsony nyomású rendszer helyezkedik el tőlünk északra és délre is. Az északról, esetenként északnyugatról érkező frontok „nekiütözve” a Kárpátoknak a hegyek északi oldalán kiadják nedvességük jelentős részét. A hegyen átkelő levegő száraz adiabatikusan melegszik a hegy túloldalán leszállva. Ezáltal a Kárpát-medence középső részén előfordul, hogy egyfajta „meleg kupolát” képez (egy két fokkal melegebb a levegő a környező tájakhoz képest, az alacsonyabb rétegekben), amelynek következtében az alsóbb rétegekben a havazás, esőbe, havas esőbe mehet át. A délre elvonuló, vagy kialakuló ciklonok általában az ország déli részén okoznak jelentősebb havazást, így Budapest térségét vagy nem éri el a csapadékvíz, vagy csak kisebb havazást okoz. A legkisebb, makroszinoptikus helyzetek szerinti legkisebb átlaga a HRHI átlagos hótakarójának, a hazánk felett, vagy attól keletre elhelyezkedő anticiklon során alakul ki. Az SLP_2 és SLP_4 esetekben akár hótakaró nélkül is kialakulhat HRHI. Az SLP_2 esetben 3 alkalommal fordult elő hótakaró nélküli HRHI, egy alkalommal MI értéke 100% volt, tehát tartós *markáns inverzió* volt jelen a HRHI teljes tartományában, egy alkalommal pedig a 850 hPa-os szint rendkívül hideg volt (HRHI középhőmérséklete 850 hPa-on -15 °C volt). SLP_4 kategóriában egyetlen egyszer fordult elő hótakaró nélküli HRHI, ekkor a HRHI középhőmérséklet a 850 hPa-os szinten $-14,3\text{ °C}$ volt.



3.30 ábra: HRHI átlagos, valamint előfordult legkisebb és legnagyobb átlagos hóvastagsága a különböző makroszinoptikus helyzetekben

Ha megvizsgáljuk a HRHI-k MI értékeinek átlagát, valamint előfordult legkisebb és legnagyobb értékeit az egyes makroszinoptikus helyzetekben (3.31 ábra), kitűnik, hogy az SLP_1, vagy SLP_2 kategóriákban nagy szerepe van (átlagos MI=72,2 % az SLP_1, átlagos MI=56,7 % az SLP_2 kategóriákban) a *markáns inverzió*nak a HRHI fennmaradásában. Az SLP_1 esetben az elvonuló ciklon (illetve hidegfront) mögött érkező hideg levegő fölé egy anticiklon nyúlik be, amelyben uralkodó leszálló légmozgásoknak és kezdetben derült, vagy gyengén felhős égnek köszönhetően éjjelente erősen lehülhet a levegő. Az erős kisugárzást tovább segítheti a hótakaró jelenléte is. Az éjjelente kialakuló inverzió napközben is megmaradhat. Majd egyre erősebbé és tartósabbá válhat, így ennek megszűnéséhez egy erős dinamikai hatás szükséges. A fölöttünk elhelyezkedő anticiklon (SLP_2) is kedvez annak, hogy a HRHI tartamának jelentős részében *markáns inverzió* legyen jelen. A magasban enyhe levegő áramlik hazánk fölé, azonban az alacsonyabb légrétegekben és a talaj közelében még mindig keletről, délkeletről hideg levegő érkezik. Az esetleg már kialakult gyenge inverziót tovább erősítheti a leszüremkedési inverzió, kedvezve a hideg párnás helyzetnek. Kisebb a szerepe a *markáns inverzió*nak az SLP_3, SLP_4, SLP_5 makroszinoptikus esetekben, ugyanis ilyenkor a keletről, északkeletről áramló sarkvidéki, vagy szibériai hideg az, amelynek elsősorban a HRHI fennmaradása köszönhető. Ez a levegő fajta rendszerint rendkívül hideg az alsó egy-két ezer méter vastag rétegben. Gyakori, hogy az alsóbb réteg, így például a 925 hPa-os szint hidegebb a 850 hPa-os szintnél. Mivel kontinentális eredetű levegőről van szó, többnyire száraz is. Így a

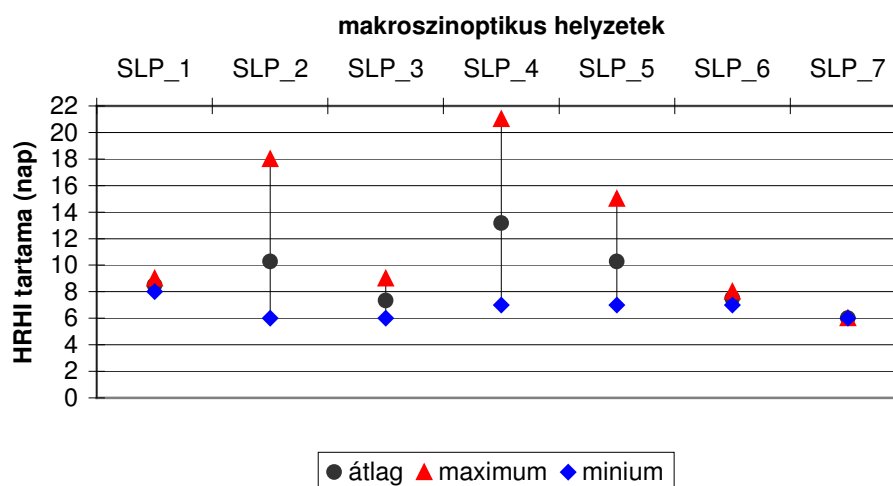
kialakult *markáns inverzió* mellett ilyen esetben nem feltétlen alakul ki réteges felhőzet a Kárpát-medence felett, legalábbis az időszak első felében. Többnyire anticiklon peremén helyezkedik el hazánk, ezért *markáns inverzió* rendszerint egy közeledő ciklon alkalmával alakul ki, amely azután áthaladva rajtunk meg is szünteti azt, és esetleg a HRHI-t. Az SLP_6 kategóriában alacsony nyomás rendszerek határozzák meg az időjárásunk, illetve ezek hátoldalán a sarkvidékről érkező rendkívül hideg levegő. Ebben a makroszinoptikus kategóriában *markáns inverzió* kialakulására tehát kisebb esély van a HRHI tartama alatt.



3.31 ábra: HRHI átlagos, valamint előfordult legkisebb és legnagyobb MI értéke a különböző makroszinoptikus helyzetekben

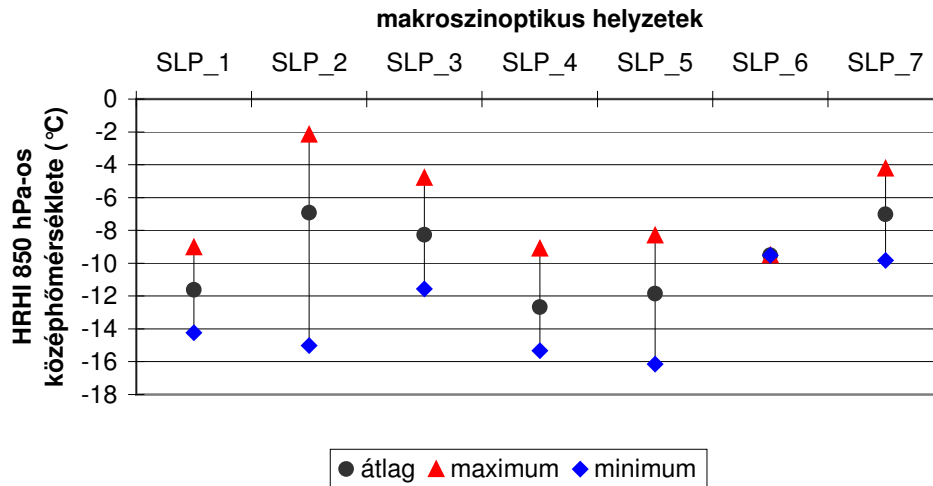
Felmerült a kérdés, hogy melyik makroszinoptikus helyzet kedvez leginkább a hosszabb élettartamú HRHI-nak. Ezért megállapítottam az egyes makroszinotikus helyzetekben előforduló HRHI-k átlagos, legrövidebb és leghosszabb tartamát (**3.32 ábra**). A HRHI-k tartama a 10 napot sem éri el az SLP_1, SLP_3, SLP_6 és SLP_7 kategóriákban. Az első, valamint az utolsó kettő esetben főleg ciklonok közvetlen hatása érvényesül a Kárpát-medencében. Ezek élettartama változó ugyan, de többnyire egy hét körül alakul. Általában a különböző nyomásrendszerek 5-10 naponként váltják egymást. Az SLP_3 kategóriában, azonban a tőlünk keletre elhelyezkedő anticiklon, ha kicsit gyengül, vagy keletebbre helyeződik át, akkor a kontinens nyugati része felett elhelyezkedő ciklon hatása érvényesül már, ezért itt sem alakul ki tartós HRHI. Az SLP_2 kategóriában, amikor hazánk felett anticiklon található, az átlagos HRHI tartam 10,3 nap (a leghosszabb 18 napig tartott). Ebben a helyzetben a változást hozható ciklonok és a hozzájuk tartozó frontok elkerülnek a kontinens középső területeit, így a kialakult *markáns inverzió* tartósabban is megmaradhat, segítve a HRHI elhúzódását. Az SLP_4 és SLP_5 esetekben alakulhat kis hasonlóan

hosszú HRHI. Ezek közül is elsősorban az SLP_4 kategória esetén számíthatunk leginkább a legtartósabb HRHI fennmaradására (átlagos tartam 13,2 nap, leghosszabb tartam 21 nap volt). Ezekben a kategóriákban kelet, északkelet felől sarkvidéki, vagy szibériai hideg levegő áramlik a Kárpát-medence felé, elárasztva szinte Európa jelentős részét.



3.32 ábra: HRHI átlagos, valamint előfordult legkisebb és legnagyobb átlagos tartama a különböző makroszinoptikus helyzetekben

Végül pedig megvizsgáltam a HRHI-k 850 hPa-os középhőmérsékletének átlagát, valamint a legkisebb és a legnagyobb értékét a makroszinoptikus helyzetek szerint (**3.33 ábra**). A HRHI 2 méteres középhőmérsékleteire is hasonló eloszlást kaptam. A leghidegebb (–11 °C-nál hidegebb) átlagos 850 hPa-os középhőmérséklet HRHI alatt az SLP_1 és SLP_4, illetve SLP_5 kategóriákban fordult elő. Az SLP_1 esetben sarkvidéki hideg levegő érkezik a Kárpát-medence fölé, amíg az SLP_4 és SLP_5 kategóriákban többnyire szibériai, szibériai-arktikus eredetű levegő. Az SLP_2 kategóriában nagy a különbség a leghidegebb és legmelegebb HRHI 850 hPa-os középhőmérséklete között, attól függően, hogy az anticiklon milyen erősségű, illetve mennyire terjeszkedik ki északabbra. Ha az anticiklontól északra már a Skandináv térségben ciklonok vonulnak, többnyire nyugatias, délnyugatias áramlással a 850 hPa-on meleg levegő érkezik a medence fölé. Azonban, ha az anticiklon a skandináviai területek fölé is kiterjed, és ezzel gátolja a ciklonok nyugatkeleti áramlását, észak, északkelet felől hidegebb levegő érkezik fölé.



3.33 ábra: HRHI átlagos, valamint előfordult legkisebb és legnagyobb 850 hPa-os középfőmérséklete a különböző makroszinoptikus helyzetekben

A leghidegebb 2 méteres középfőmérsékletű HRHI-k az SLP_4 és SLP_5 makroszinoptikus helyzetekben alakultak ki. Ezekben a helyzetekben a HRHI-k átlagos 850 hPa-os középfőmérsékletük -11 °C alattinak adódott. Ugyanezen kategóriákban a HRHI maximális tartama elérte a két hetet.

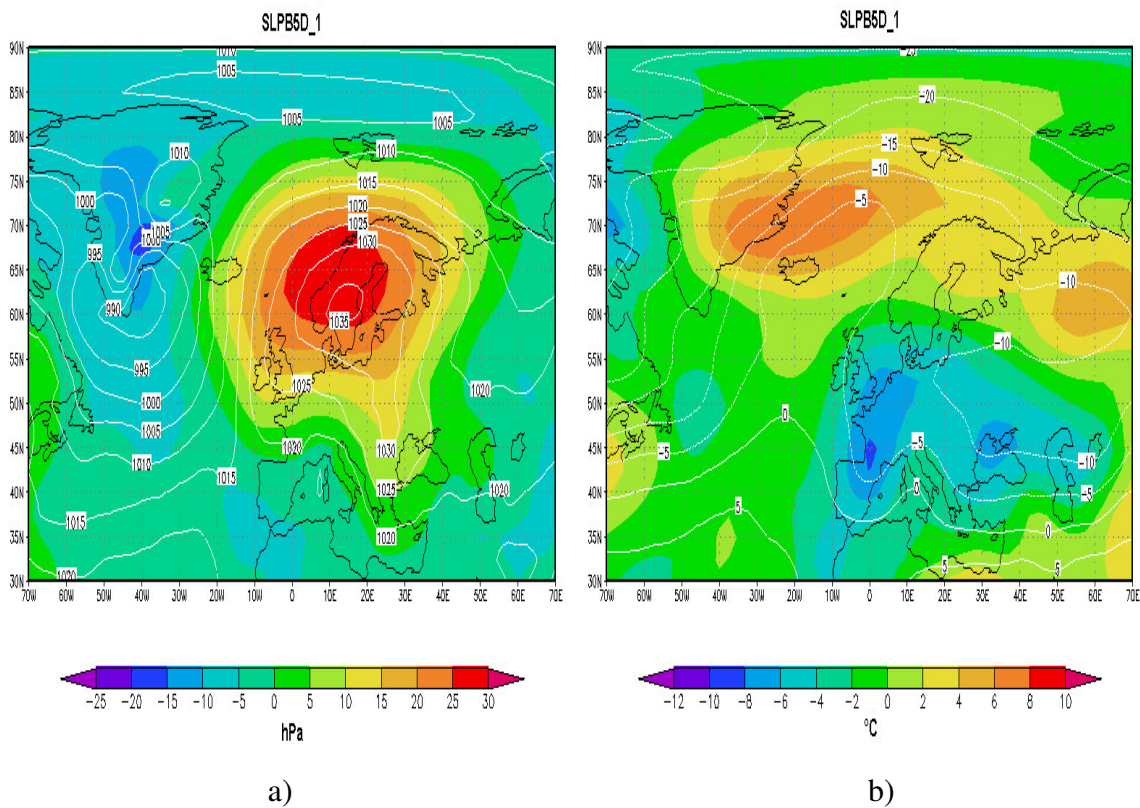
3.7. Hosszantartó rendkívül hideg időszakok megelőző időszakára jellemző makroszinoptikus helyzetek

A következő cél a HRHI-k kialakulásának kedvező makroszinoptikus helyzetekképek meghatározása volt. Megállapítottam a HRHI-kat megelőző 5 nap átlagos tengerszinti légnyomás mezejét és légnyomás anomáliáját. Az anomália értékeket az 1968-1996 időszak átlagához képest határoztam meg. Az NCEP/NCAR reanalízis adatokhoz elkészítik azok átlagos mezejét is. Az átlagos mezők kiszámításához az amerikai reanalízis központban a fent említett időszakot vették alapul. Ezeket a pozitív nyomás anomáliák és negatív nyomás anomáliák elhelyezkedése alapján 12 csoportba voltak sorolhatók. Az egyes csoportok alapján kialakított megelőző makroszinoptikus helyzetekbe tartozó HRHI-k tartama alatti tengerszinti átlagos légnyomás mezők és azok anomália mezeinek átlaga szolgáltatja az adott megelőző makroszinoptikus helyzet jellemző átlagos légnyomás mezejét és nyomás anomáliáját. Hasonlóan készült el a megelőző makroszinoptikus helyzet középhőmérsékleti mezeje és annak anomáliája a 850 hPa-ra vonatkozóan. A következőkben az így kialakított megelőző makroszinoptikus helyzetek átlagos tengerszinti légnyomás, illetve légnyomás anomália mezejét, valamint 850 hPa-os középhőmérsékleti és hőmérsékleti anomália mezejét mutatom be. A megelőző makroszinoptikus helyzetek elnevezése a see level pressure (SLP) és a before 5 days (B5D) szavak rövidítése alapján SLPB5D_N, ahol N az adott makroszinoptikus helyzet számát jelöli (pl.: SLPB5D_1). Az egyes megelőző makroszinoptikus helyzetekbe tartozó HRHI-k számát a **3.1 táblázat** mutatja.

Makroszinoptikus helyzet neve	HRHI-k száma (db)	Makroszinoptikus helyzet neve	HRHI-k száma (db)
SLPB5D_1	2	SLPB5D_7	2
SLPB5D_2	4	SLPB5D_8	2
SLPB5D_3	6	SLPB5D_9	2
SLPB5D_4	2	SLPB5D_10	4
SLPB5D_5	2	SLPB5D_11	3
SLPB5D_6	2	SLPB5D_12	1

3.1 táblázat: A definiált megelőző makroszinoptikus helyzetekben előfordult HRHI-k száma (db)

SLPB5D_1

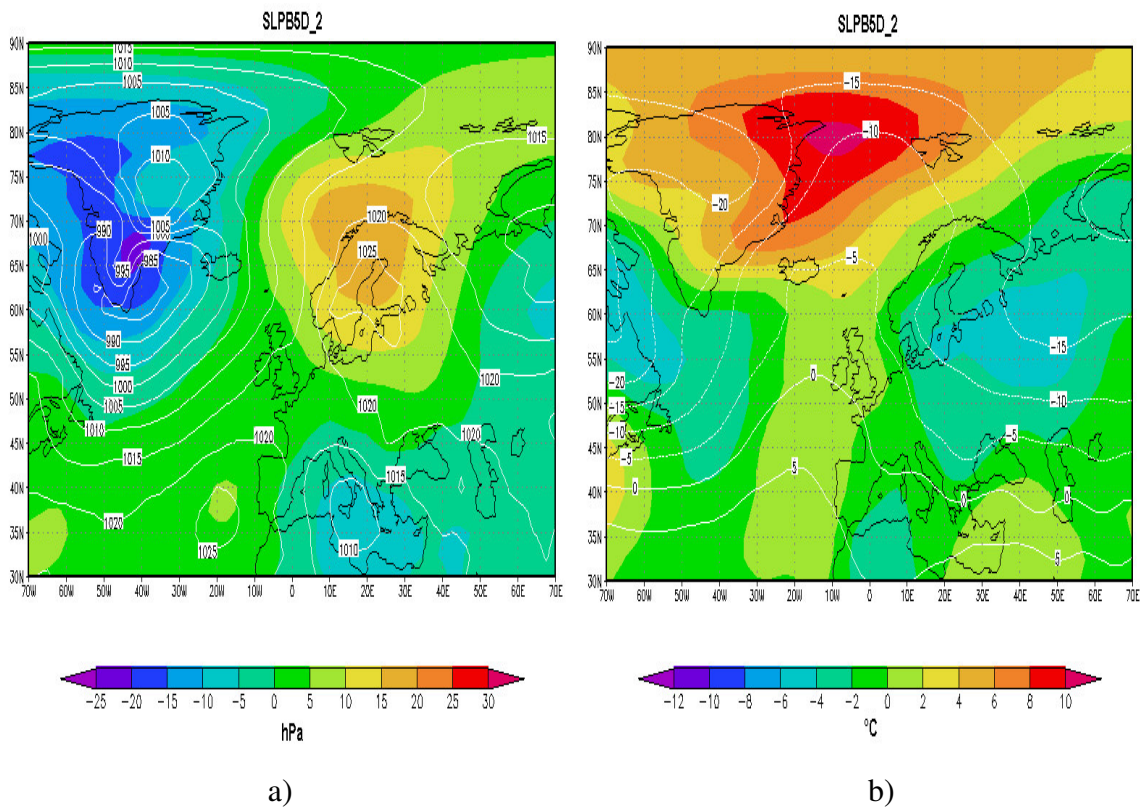


3.34 ábra SLPB5D_1 makroszinoptikus helyzet

- a)** átlagos tengerszinti légnyomása (fehér vonal) és légnyomási anomália mezeje (színezett terület),
b) átlagos 850 hPa-os középhőmérséklete (fehér vonal) és hőmérsékleti anomália mezeje (színezett terület)
/referencia időszak 1968-1996/

Az SLPB5D_1 makroszinoptikus helyzet során Európa északi részei felett egy anticiklon található, amely akár Közép-Európáig is kinyúlhat (**3.24 a) ábra**). A Földközi-tenger térségét és a Kelet-európai-síkságot alacsony légnyomás uralja. Grönland déli részénél az átlagoshoz képest erős ciklon aktivitás figyelhető meg. Ebben a nyomási mezőben a grönlandi ciklon előoldalán, illetve az anticiklon hátoldalán, az erős déli áramlásnak köszönhetően Izland és Kelet-Grönland felett a 850 hPa-on 2-4 °C-val az átlagosnál magasabb a középhőmérséklet (**3.34 b) ábra**). Északkelet-Európa felett hasonló pozitív hőmérsékleti anomália figyelhető meg. A Skandináv-félsziget felett elhelyezkedő anticiklon déli oldalán Nyugat-Szibéria északi és az arktikus területek felől áramló hideg levegő hatására Európa É-i, ÉK-i részeit kivéve mindenütt 4-6 °C-val alacsonyabb az átlagostól a 850 hPa szint középhőmérséklete. Ezt a megelőző makroszinoptikus helyzetet az SLP_3, vagy SLP_5 makroszinoptikus helyzet követi.

SLPB5D_2

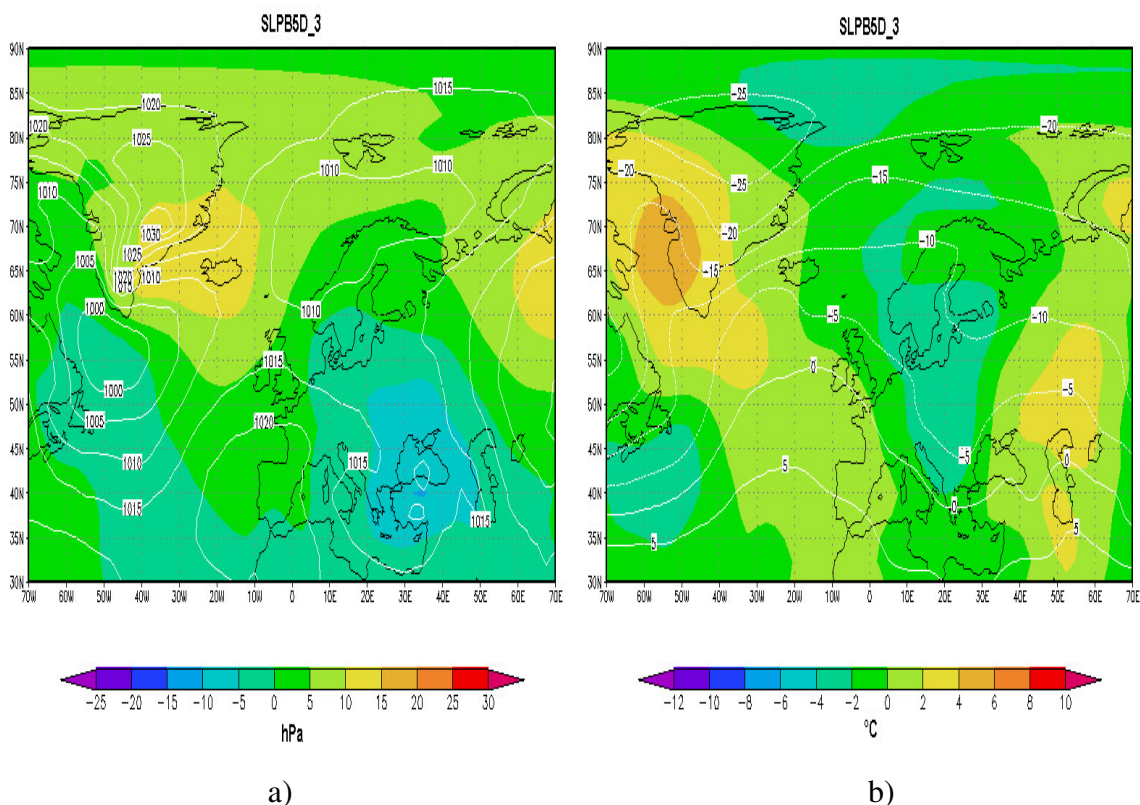


3.35 ábra SLPB5D_2 makroszinoptikus helyzet

- a)** átlagos tengerszinti légnyomása (fehér vonal) és légnyomási anomália mezeje (színezett terület),
b) átlagos 850 hPa-os közéghőmérséklete (fehér vonal) és hőmérsékleti anomália mezeje (színezett terület)
/referencia időszak 1968-1996/

Az SLPB5D_2 makroszinoptikus helyzetben szintén egy pozitív légnyomási anomália található a Skandináv-félsziget felett az SLPB5D_1 helyzethez hasonlóan (3.35 a) ábra). Azonban az ott elhelyezkedő anticiklon kevésbé erős, és a Grönland déli része felett megfigyelhető ciklonközpont rendkívül erős (20-25 hPa-lal alacsonyabb a légnyomás érték az átlagoshoz képest). A Földközi-tenger felett is egy mélyebb negatív nyomási anomália adódik az SLPB5D_1 helyzethez képest. Ennek megfelelően a 850 hPa-os szint hőmérsékleti anomáliáit tekintve Izlandtól északra, Kelet-Grönlandnál 6-8 °C-kal magasabb a közéghőmérséklet az átlagoshoz képest (3.35 b) ábra). Közép- és Kelet-Európa felett 2-4 °C-kal marad el ugyanezen szint közéghőmérséklete az átlagostól. Az SLP_2, SLP_3, vagy SLP_5 makroszinoptikus helyzetek követik.

SLPB5D_3

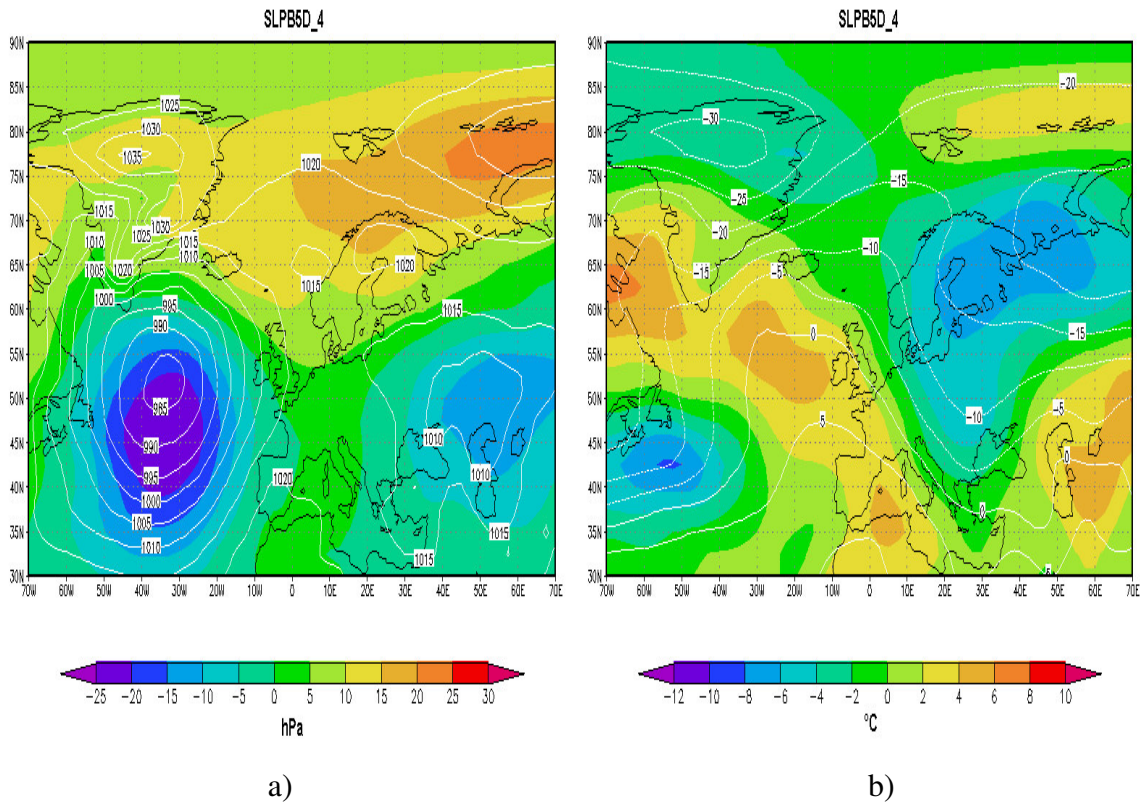


3.36 ábra SLPB5D_3 makroszinoptikus helyzet

- a) átlagos tengerszintű légnyomása (fehér vonal) és légnyomási anomália mezeje (színezett terület),**
b) átlagos 850 hPa-os középfőmérséklete (fehér vonal) és hőmérsékleti anomália mezeje (színezett terület)
/referencia időszak 1968-1996/

Az SLPB5D_3 makroszinoptikus helyzetben a Balkán-félsziget, illetve a Fekete-tenger térségében egy mediterrán ciklon található (**3.36 a) ábra**). Az Ibériai-félsziget fölé egy magas nyomású rendszer nyúlik be dél felől. Pozitív nyomás anomália figyelhető meg Izland térségében, amely gyenge ciklon aktivitást jelent ebben a térségben. Közép- és Észak-Európa felett 1, 2 °C-kal hidegebb a 850 hPa-os szint középfőmérséklete az átlagoshoz képest (**3.36 b) ábra**). Ugyanakkor a Kelet-európai-síkság felett, valamint Grönland nyugati részei és a Labrador-tenger felett 1-2 °C-kal enyhébb ezen szint középfőmérséklete az átlagoshoz viszonyítva. Az SLPB5D_3 makroszinoptikus helyzetet az SLP_1, SLP_3, SLP_4, SLP_6 makroszinoptikus helyzetek valamelyike követte.

SLPB5D_4

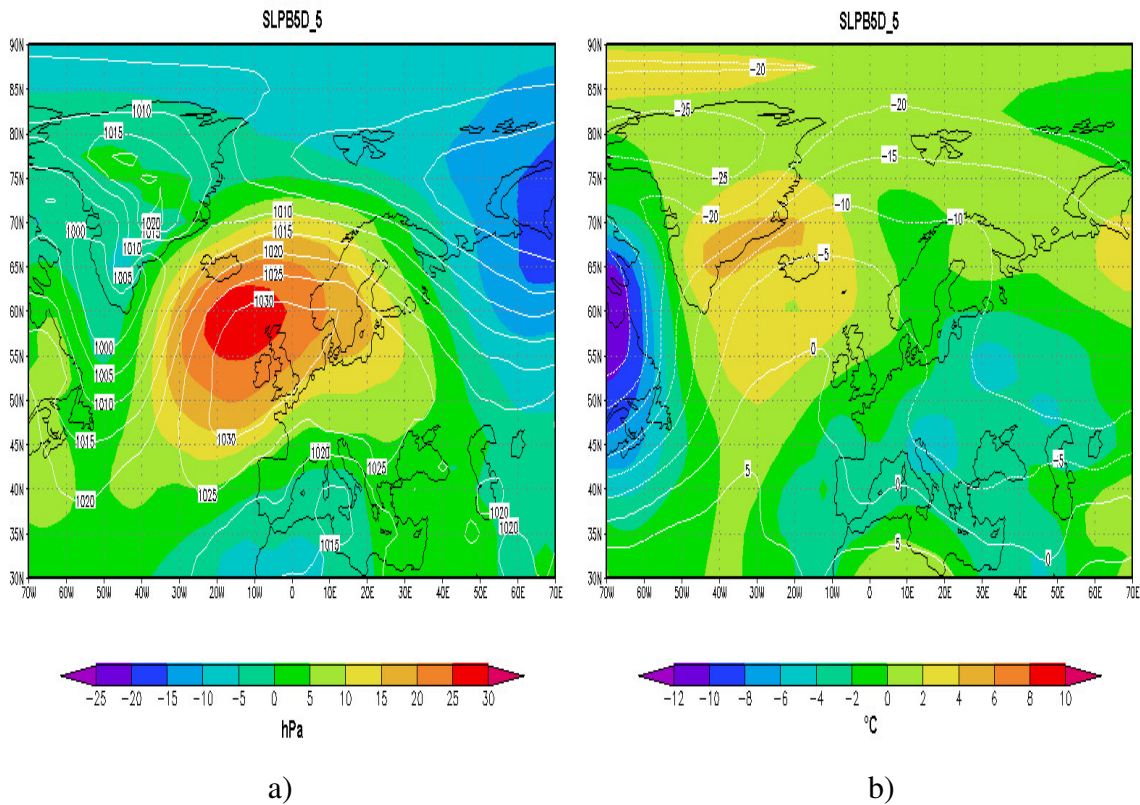


3.37 ábra SLPB5D_4 makroszinoptikus helyzet

- a)** átlagos tengerszinti légnyomása (fehér vonal) és légnyomási anomália mezeje (színezett terület),
b) átlagos 850 hPa-os közéghőmérséklete (fehér vonal) és hőmérsékleti anomália mezeje (színezett terület)
/referencia időszak 1968-1996/

SLPB5D_4 makroszinoptikus helyzet esetében egy rendkívül erős ciklon (15-20 hPa-val alacsonyabb az átlagosnál az átlagos tengerszinti légnyomás) uralkodik az Atlanti-óceán felett (**3.37 a) ábra**). Alacsony légnyomású zóna helyezkedik el a Kelet-európai-síkság, valamint a Kaszpi-tenger térségében. Magasnyomású mező fekszik az északi szélesség 70. fokától északra. Az óceán felett található erős ciklonnak köszönhetően Nyugat-Európa partjai felett 2-4 °C-kal enyhébb az átlagoshoz képest a 850 hPa-os szint közéghőmérséklete (**3.37 b) ábra**). Ellenben az északon található magasnyomású zóna déli peremén, a Kelet-európai-síkság felett elhelyezkedő ciklon északi oldalán Szibéria térsége felől hideg levegő áramlik nyugat felé. A hideg levegő hatására Közép- és Észak-Európa felett a 850 hPa-on 4-6 °C-kal hidegebb a közéghőmérséklet a szokásosnál (1968-1996 időszak átlagához képest). Ez a makroszinoptikus elrendeződés az SLP_2, és SLP_4 helyzetek megelőző makroszinoptikus helyzete.

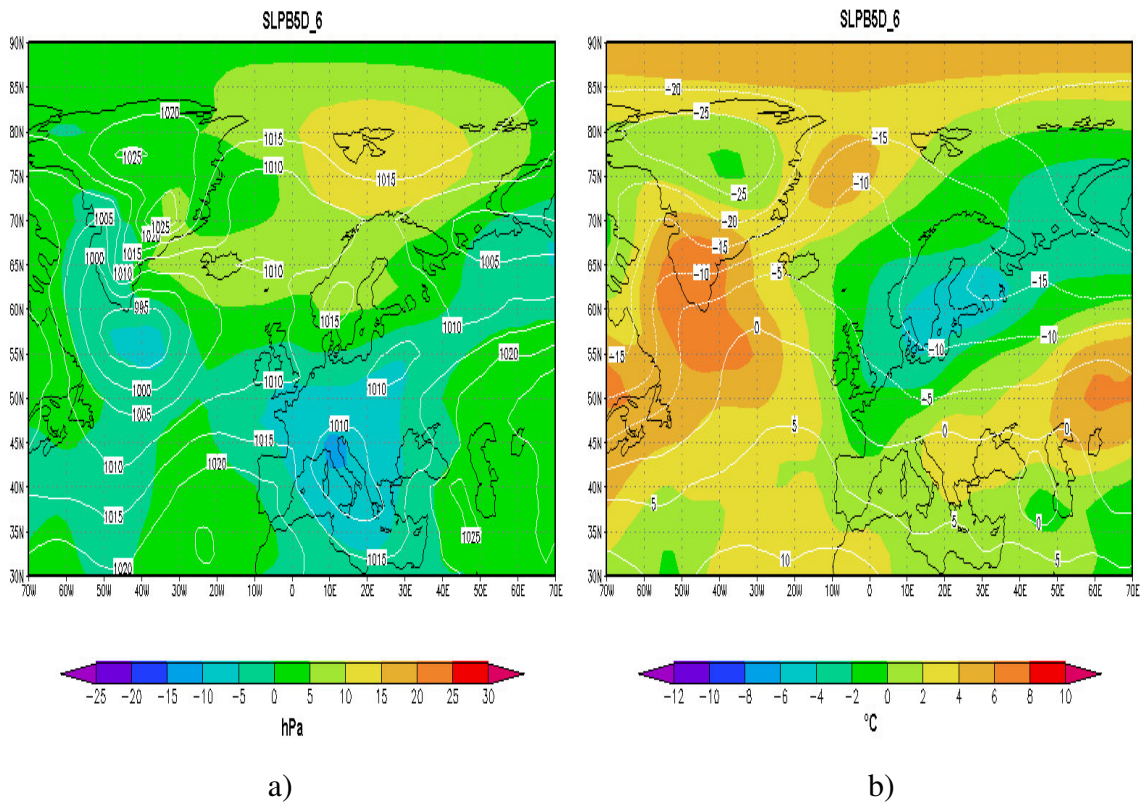
SLPB5D_5



- a) átlagos tengerszinti légnyomása (fehér vonal) és légnyomási anomália mezeje (színezett terület),
b) átlagos 850 hPa-os középhőmérséklete (fehér vonal) és hőmérsékleti anomália mezeje (színezett terület)
/referencia időszak 1968-1996/

Az SLPB5D_5 makroszinoptikus helyzetben egy rendkívül erős pozitív nyomási anomália található Izland és az európai kontinens között (**3.38 a) ábra**). Nyugat-Szibéria északi részei és az arktikus területek felett az átlagoshoz képest 5-15 hPa-lal alacsonyabb a légnyomás. A két szinoptikus rendszer között északról érkező hideg levegő hatására Közép- és Dél-Európa felett a 850 hPa-os szinten a középhőmérséklet 2-4 °C-kal alacsonyabb az átlagosnál (**3.38 b) ábra**). Ezt a makroszinoptikus helyzetet az SLP_2 helyzet követi.

SLPB5D_6

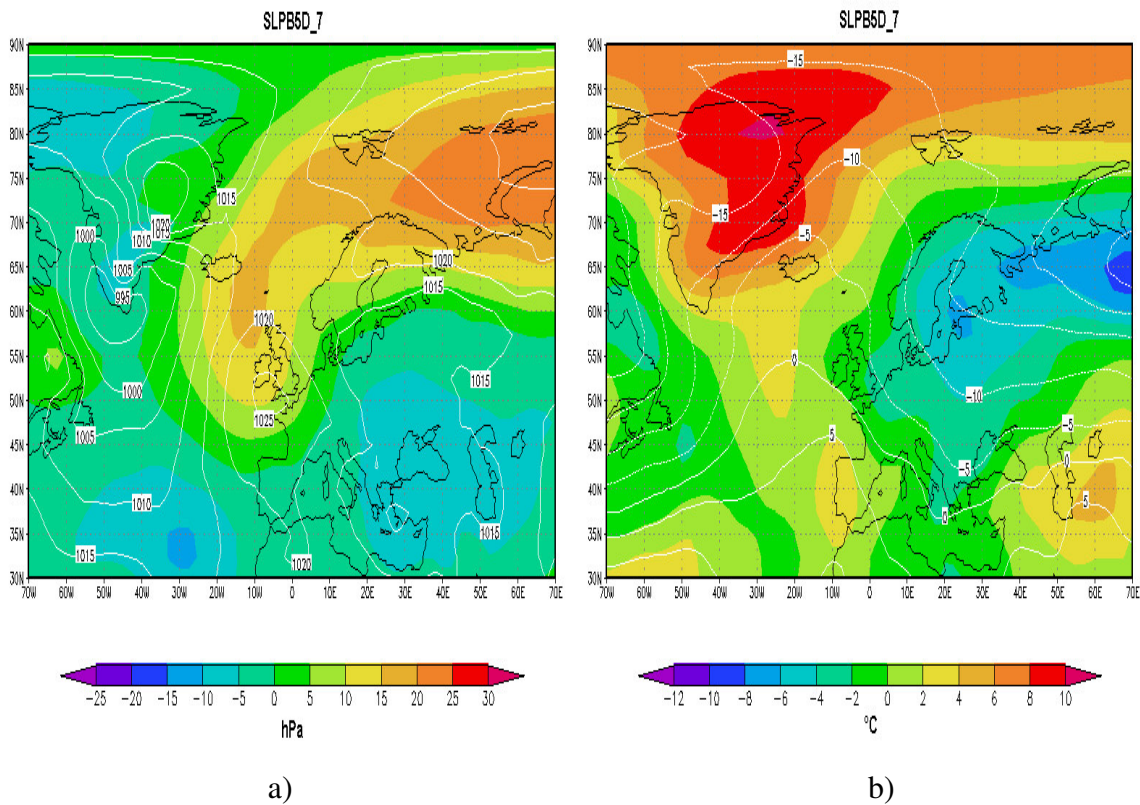


3.39 ábra SLPB5D_6 makroszinoptikus helyzet

- a)** átlagos tengerszinti légnyomása (fehér vonal) és légnyomási anomália mezeje (színezett terület),
b) átlagos 850 hPa-os közéghőmérséklete (fehér vonal) és hőmérsékleti anomália mezeje (színezett terület)
/referencia időszak 1968-1996/

Európa déli és középső vidékei felett helyezkednek el ciklonok az SLPB5D_6 makroszinoptikus helyzetben (**3.39 a) ábra**). Ezeken a területeken kívül alacsony légnyomású mező található a Kelet-európai-síkság északi részei, illetve Grönlandtól délre. Izland és Észak-Európa felett az átlagoshoz képest kissé (~5 hPa) magasabb az átlagos tengerszinti légnyomás. Az Európa felett található ciklonok déli és keleti oldalán a 850 hPa-os szinten 2-4 °C-kal enyhébb a levegő közéghőmérséklete az átlaghoz képest (**3.39 b) ábra**). Ugyanakkor ezen ciklonok északi oldalán, ugyanezen szint 2-4 °C-kal hidegebb. Az SLP_1, vagy SLP_3 makroszinoptikus helyzet követi a helyzetet.

SLPB5D_7

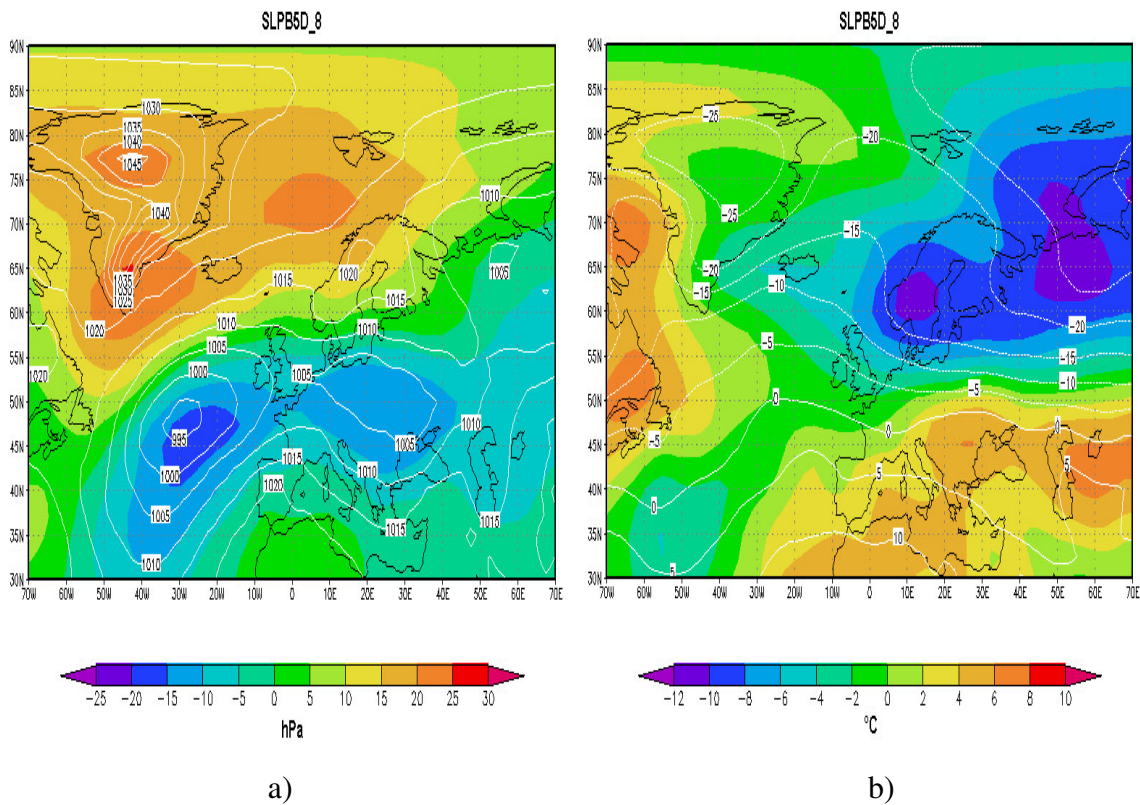


3.40 ábra SLPB5D_7 makroszinoptikus helyzet

- a)** átlagos tengerszinti átlagos légnyomása (fehér vonal) és légnyomási anomália mezeje (színezett terület),
b) átlagos 850 hPa-os közéghőmérséklete (fehér vonal) és hőmérsékleti anomália mezeje (színezett terület)
/referencia időszak 1968-1996/

Az SLPB5D_7 makroszinoptikus helyzet során egy anticiklon helyezkedik el a Brit-szigetek, illetve Franciaország nyugati partjai felett, és egy anticiklon a Skandináv-félszigettől és a Kelet-európai-síkságtól északra a pólus fele (**3.40 a**) ábra). Az európai kontinens többi részét alacsony légnyomású mező uralja. Az Atlanti-óceán felett uralkodó déli áramlásnak köszönhetően Grönland jelentős része felett 6-8 °C-kal magasabb a 850 hPa-os szint közéghőmérséklete az átlagoshoz képest (**3.40 b**) ábra). A Kelet-európai-síkság északi részétől északabbra elhelyezkedő anticiklon déli peremén Szibéria felől érkező rendkívül hideg levegő hatására a Kelet-európai-síkság északi része felett 6-8 °C-kal, Észak- és Közép-Európa felett 2-4 °C-kal hidegebb a 850 hPa-os szint közéghőmérséklete az átlaghoz viszonyítva. Ez a fajta megelőző makroszinoptikus helyzet az SLP_4, vagy SLP_7 makroszinoptikus helyzet előzménye.

SLPB5D_8

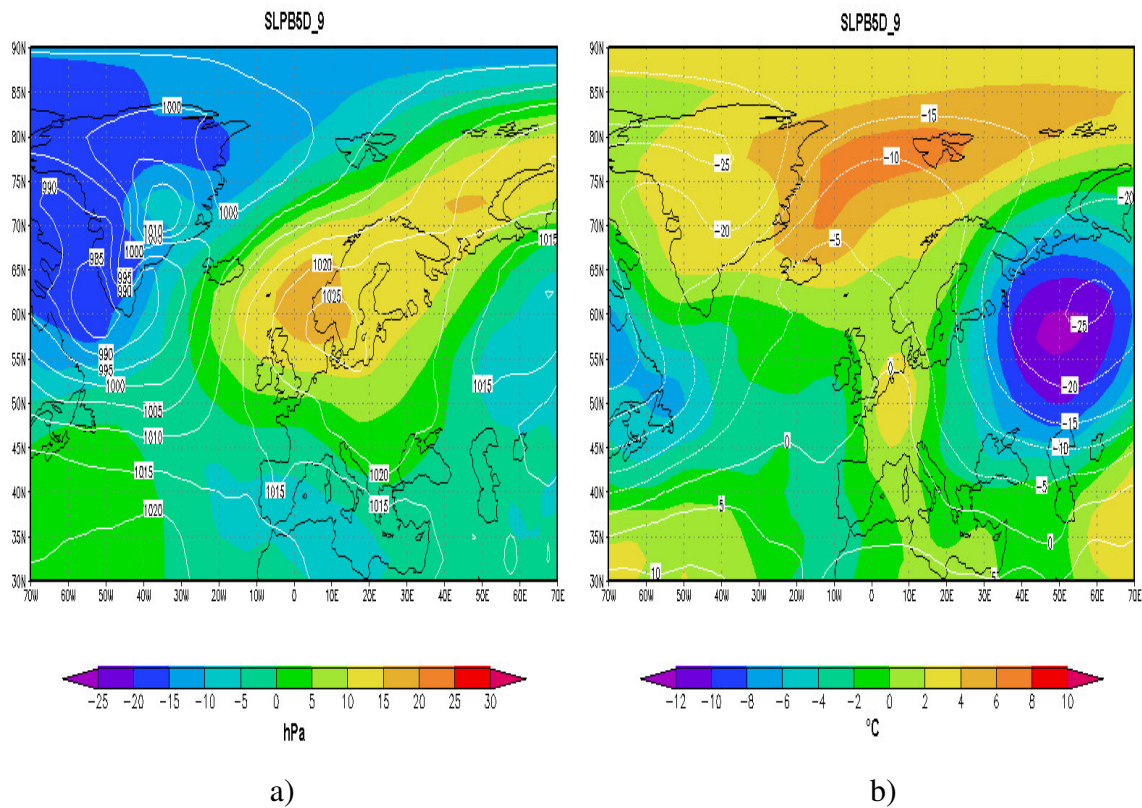


3.41 ábra SLPB5D_8 makroszinoptikus helyzet

- a)** átlagos tengerszinti légnyomása (fehér vonal) és légnyomási anomália mezeje (színezett terület),
b) átlagos 850 hPa-os középhőmérséklete (fehér vonal) és hőmérsékleti anomália mezeje (színezett terület)
/referencia időszak 1968-1996/

Az SLPB5D_8 makroszinoptikus helyzetben a ciklonok középpontjai az északi szélesség 50. foka mentén helyezkednek el az Atlanti-óceán és Európa felett (**3.41 a) ábra**). Ezeken a területeken az átlagoshoz képest 10-20 hPa-lal alacsonyabb az átlagos tengerszinti légnyomás. Az 55. északi szélességtől északra (kivéve a Kelet-európai-síkságot) nagy kiterjedésű 10-20 hPa-os pozitív nyomási anomália figyelhető meg. Az Észak-Európa északi, illetve a Kelet-európai-síkság északi részei felett, a pozitív és negatív nyomási anomália mező határán rendkívül hideg levegő található a 850 hPa-on (**3.41 b) ábra**). Ez a rendkívül hideg levegő 8-10 °C-kal hidegebb az átlagos 850 hPa-os középhőmérséklethez képest. Ezzel egyidőben 2-4 °C-val enyhébb az átlagosnál a 850 hPa-os szint középhőmérséklete. Ezt a makroszinoptikus helyzetet az SLP_2 makroszinoptikus helyzet követi.

SLPB5D_9

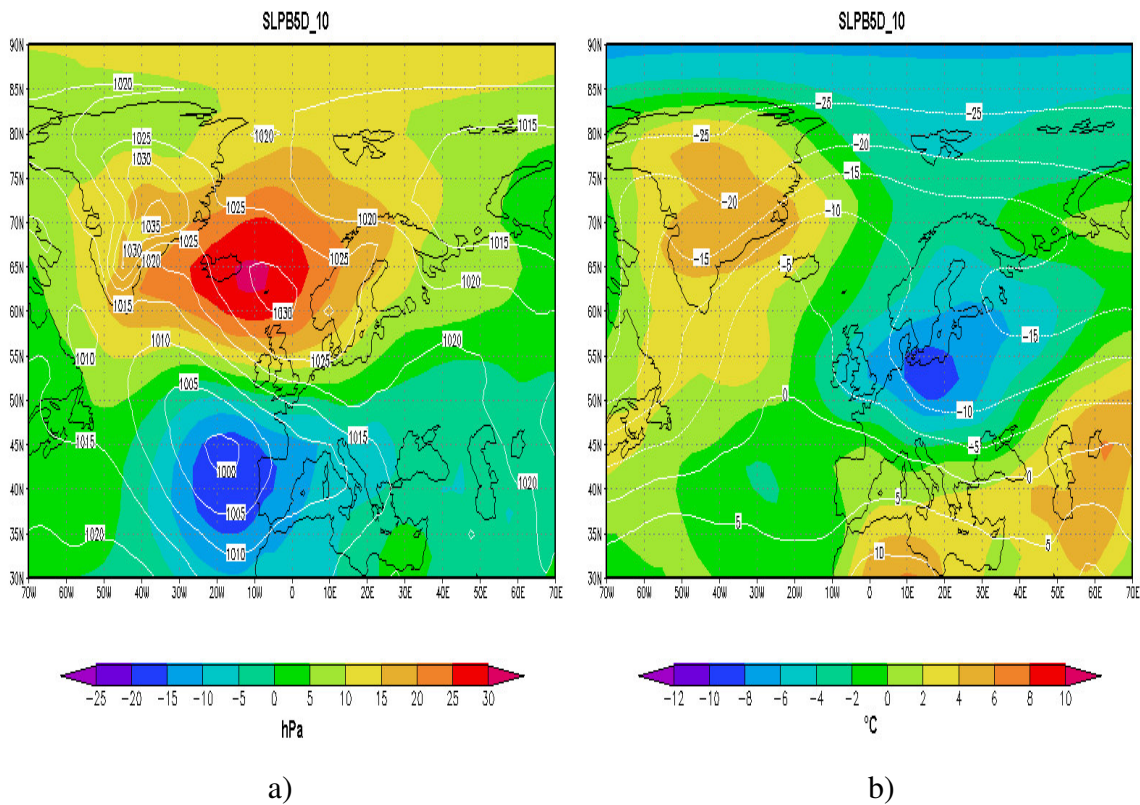


3.42 ábra SLPB5D_9 makroszinoptikus helyzet

- a)** átlagos tengerszinti légnyomása (fehér vonal) és légnyomási anomália mezeje (színezett terület),
b) átlagos 850 hPa-os középhőmérséklete (fehér vonal) és hőmérsékleti anomália mezeje (színezett terület)
 /referencia időszak 1968-1996/

Egy DNY-ÉK tengelyű magas nyomású rendszer található Európa északi részei felett, valamint Kelet-európai-síkságtól északra (**3.42 a) ábra**). A Kelet-európai-síkság felett pedig alacsony nyomású mező található. Nagy kiterjedésű -10 , -15 hPa-os negatív nyomási anomália fegyelhető meg Grönland térségében. A nagy térségű negatív anomália keleti oldalán, Izlandtól északabbra eső területek felett $4-6$ °C-kal magasabb az átlagosnál a 850 hPa-os szint középhőmérséklete (**3.42 b) ábra**). A Kelet-európai-síkság felett nagy mennyiségű hideg levegő uralkodik. A 850 hPa-os szint középhőmérséklete ezen a területen -10 , -12 °C-kal alacsonyabb a megszokottól. Ez a helyzet SLP_3 vagy SLP_4 makroszinoptikus helyzet követi.

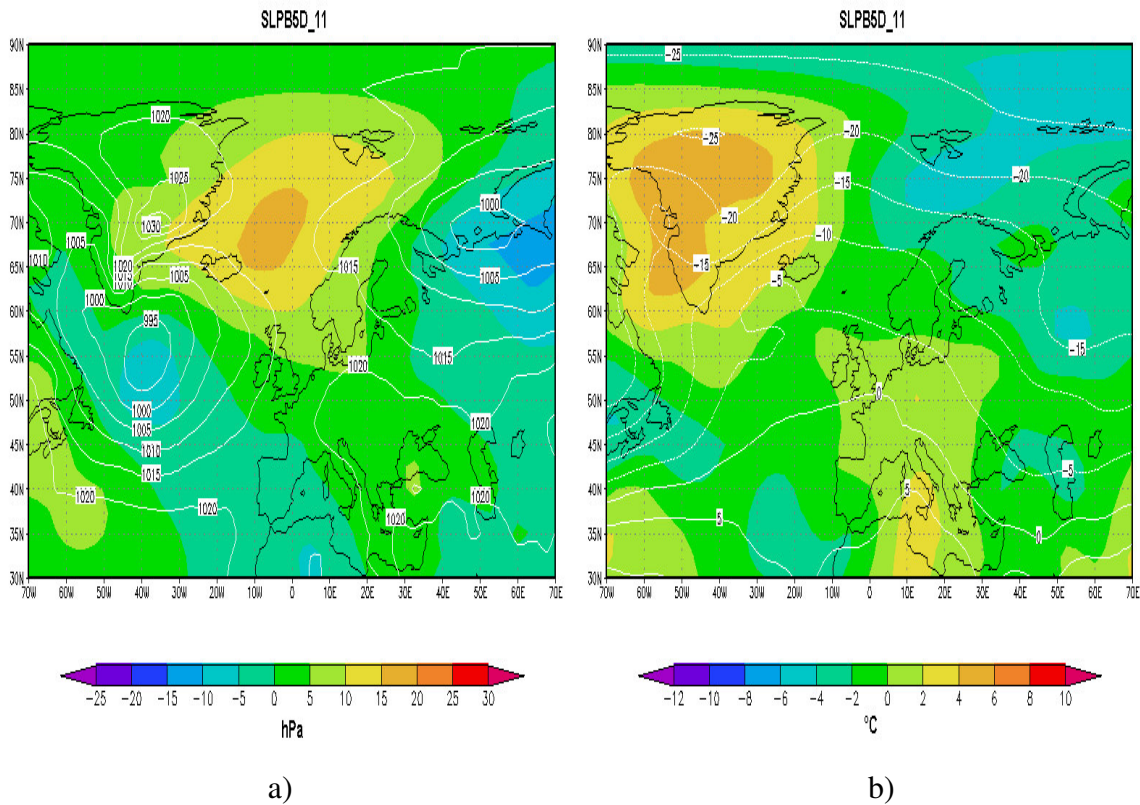
SLPB5D_10



- a) átlagos tengerszinti légnyomása (fehér vonal) és légnyomási anomália mezeje (színezett terület),
b) átlagos 850 hPa-os közéghőmérséklete (fehér vonal) és hőmérsékleti anomália mezeje (színezett terület)
/referencia időszak 1968-1996/

Az SLP_5 makroszintoptikus helyzetben megfigyelt *anticiklon-híd* (**3.26 a) ábra**) jellemzi az SLPB5D_10 makroszintoptikus helyzet átlagos tengerszinti légnyomását, illetve légnyomás anomáliáját (**3.43 a) ábra**). Pozitív nyomás anomália helyezkedik el Grönland, Izland és a Skandináv térség felett, ugyanakkor Európa délnyugati partjainál pedig negatív nyomási anomália. Ebben a helyzetben Grönland felett 2-4 °C-os pozitív hőmérsékleti anomália, Európa területei felett (Dél-Európát kivéve) -2, -8 °C-os negatív hőmérsékleti anomália található a 850 hPa-os szinten (**3.43 b) ábra**). Az SLPB5D_10 makroszintoptikus helyzetet 3 alkalommal az SLP_5, és 1 alkalommal az SLP_2 makroszintoptikus helyzet követte.

SLPB5D_11

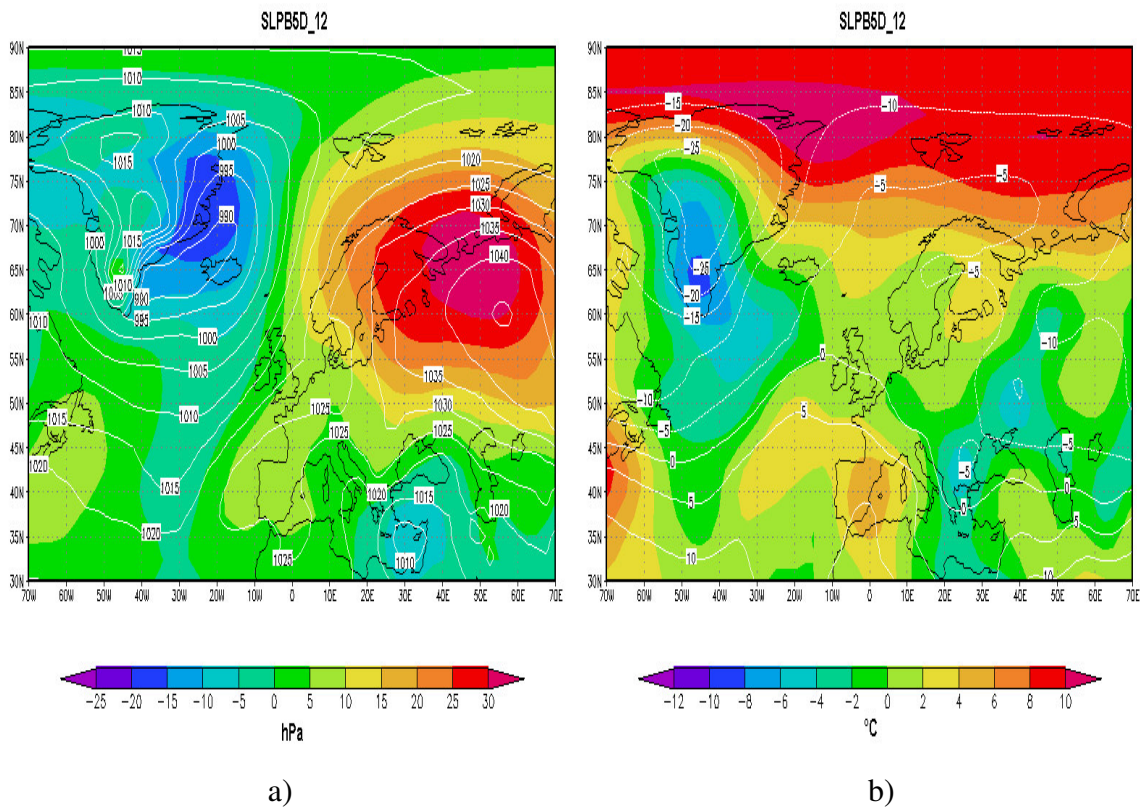


3.44 ábra SLPB5D_11 makroszinoptikus helyzet

- a)** átlagos tengerszinti légnyomása (fehér vonal) és légnyomási anomália mezeje (színezett terület),
b) átlagos 850 hPa-os közéghőmérséklete (fehér vonal) és hőmérsékleti anomália mezeje (színezett terület)
/referencia időszak 1968-1996/

Grönlandtól délre az Atlanti-óceán felett és a Kelet-európai-síkság északi része felett ciklonok helyezkednek el az SLPB5D_11 makroszinoptikus helyzetben (**3.44 a) ábra**). Grönland és Skandináv-félsziget között, Izlandtól északkeletre pozitív nyomás anomália található. A 850 hPa-os szint hőmérsékleti anomália mezejét tekintve látható, hogy Grönland felett 2-4 °C-os pozitív hőmérsékleti anomália található (**3.44 b) ábra**). Ezt a típusú makroszinoptikus helyzetet az SLP_2, vagy SLP_4 makroszinoptikus helyzet követi.

SLPB5D_12



3.45 ábra SLPB5D_12 makroszinoptikus helyzet

- a)** átlagos tengerszinti légnyomása (fehér vonal) és légnyomási anomália mezeje (színezett terület),
b) átlagos 850 hPa-os közéghőmérséklete (fehér vonal) és hőmérsékleti anomália mezeje (színezett terület)
/referencia időszak 1968-1996/

Az SLPB5D_12 makroszinoptikus helyzetben a Kelet-európai-síkság felett egy erős (1040 hPa-t is elérő) anticiklon található (**3.45 a) ábra**). Ezért Európa északkeleti része felett nagy kiterjedésű pozitív nyomás anomália figyelhető meg. Ezzel egy időben Grönland és Izland között erős ciklon központ uralkodik. A két nyomás rendszer által létrehozott erős délies, délnyugatias áramlás hatására az északi szélesség 75. fokától északra (kivéve Kelet-Grönland) a 850 hPa-os szint közéghőmérséklete 8-10 °C-kal magasabb az átlagosnál (**3.45 b) ábra**). A Kelet-európai-síkság felett elhelyezkedő anticiklon peremén a Szibéria felől nyugat fele áramló levegő hatására a 850 hPa-os szinten a Balkán-félsziget térségében, valamint Kelet-európai-síkság déli részén 2-4 °C-kal marad el az átlagostól a közéghőmérséklet. Ezt a helyzetet az SLP_5 makroszinoptikus helyzet követi.

A megvizsgált 12 db makroszinoptikus helyzet alapján megállapítható, hogy a HRHI-k kialakulását megelőző 5 nap jellemző makroszinoptikus helyzeteiben pozitív nyomási anomália figyelhető meg az Izland és/vagy Skandináv-félsziget és/vagy a Norvég-tenger felett.

3.8. A hosszantartó rendkívül hideg időszakok kapcsolata a január havi anomáliákkal

3.8.1. A hosszantartó rendkívül hideg időszakok eloszlása a téli hónapokban a teljes tartamuk szerint

A HRHI-k téli időszaki átlagos élettartama másfél hét (9,7 nap) körül alakul, azonban előfordul, hogy két vagy három hétig is eltarthatnak. Ezek a HRHI-k rendkívül hidegek, így megeshet, hogy az adott hónap középhőmérséklete – amelyben a HRHI jelentkezett - elmarad a január hónap 1968 és 1996 közötti havi átlagától.

Megvizsgáltam mind a 32 db HRHI teljes időtartam szerinti eloszlását a téli hónapok között. Abban az esetben, ha egy HRHI az egyik hónap utolsó napjaiban kezdődik, de a következő hónapban fejeződik be, akkor ahhoz a hónaphoz tartozónak tekintettem a HRHI-t, amelyikbe a legtöbb napja esett. Az eloszlásokat a **3.2 táblázat** mutatja.

	December	Január	Február
Db	4	18	9
Relatív gyakoriság (%)	12,5	56,3	28,1

3.2 táblázat: A HRHI-k teljes tartama szerinti eloszlása a téli hónapokban

Megjegyzés: 1 db (3,1 %) nem besorolható

Egy 6 napig tartó HRHI-t nem lehetett egyértelműen besorolni, ugyanis a 6 napból 3 decemberre, 3 nap pedig januárra esett. Január hónapban fordul elő a legtöbb HRHI (56,3 %-os relatív gyakoriság). Ezek között három alkalommal jelentkezett, hogy egy hónapon belül kettő is volt. Ezek a hónapok 1963, 1985 és 2004 januárja. Érdeemes megjegyezni, hogy közel 20 év különbség van a három év között. Összesen tehát 16 db januári hónapban volt megfigyelhető HRHI az 58 vizsgált hónapból.

Mivel január hónapban fordult elő a legtöbb HRHI, ezért a továbbiakban a január havi középhőmérséklete és a jelentkező HRHI-k közötti kapcsolatot vizsgáltam.

3.8.2. A januárban előforduló hosszantartó rendkívül hideg időszakok és a hónap negatív középhőmérsékleti anomáliái közötti kapcsolat

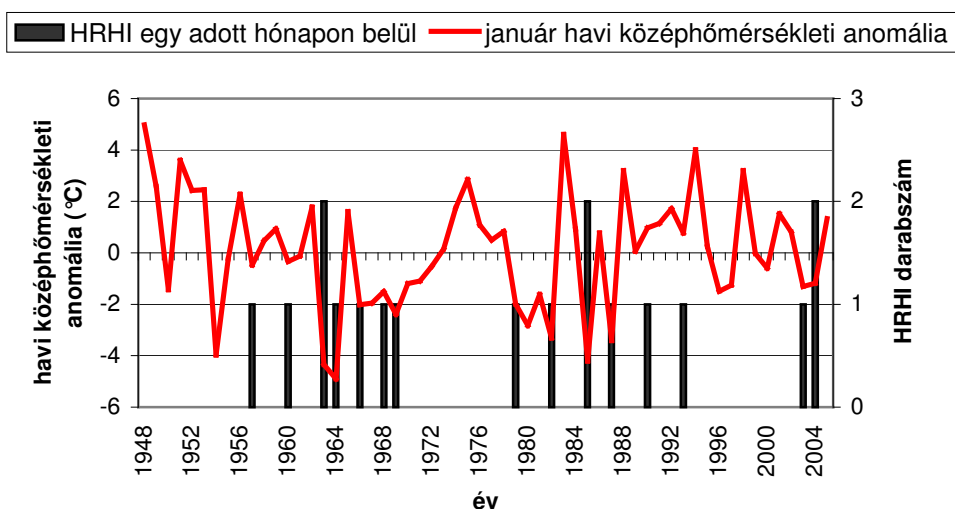
A január havi középhőmérsékleti anomáliák kiszámításánál a budapesti 2 méteres havi középhőmérsékleti átlagokat használtam fel. Az anomáliák megállapításához referenciaidőszaknak 1968 és 1996 közötti időszakot vettem alapul. Ugyanezen időszak szolgált referenciaként a légnyomási és 850 hPa-os középhőmérsékleti anomáliák megállapítása során. A negatív átlagtól való eltérések közül csak a legalább fél fokos anomáliákat vizsgáltam, és azoknak a HRHI-kal való kapcsolatát.

A vizsgált 58 január hónap közül mindössze 22 alkalommal fordult elő legalább fél fokos negatív havi középhőmérsékleti anomália. Ezekből 11 alkalommal (50 %) az adott hónapokban HRHI is megfigyelhető volt. Megvizsgáltam azokat a hónapokat, amelyek havi középhőmérséklete legalább fél fokkal elmaradt az átlagostól, és nem fordult elő bennük HRHI. Azt tapasztaltam, hogy a 10 esetből 7 alkalommal a negatív középhőmérsékleti anomália nem haladta meg a $-1,5$ °C-ot, a 10-ből 9 alkalommal pedig a $-2,5$ °C-ot. Azokban a hónapokban, amikor nem jelentkezett HRHI, a leghidegebb havi középhőmérsékleti anomália értéke nem érte el a -3 °C-ot. Ha azokat a legalább fél fokos negatív középhőmérsékleti anomáliájú januári hónapokat tekintetem, amikor HRHI is előfordult, 5 alkalommal $-2,5$ °C-nál alacsonyabb hőmérsékletű januári havi középhőmérsékleti anomáliák jelentkeztek. A leghidegebb ilyen havi középhőmérsékleti anomália érték a -4 °C-ot is elérte.

Tehát minden második az átlagos havi középhőmérséklettől legalább fél fokkal hidegebb, januári hónapban HRHI is megfigyelhető. Ezekben a hónapokban a havi átlaghőmérséklet több mint 3, akár 4 fokkal is elmaradhat az átlagostól.

A **3.46 ábrán** a januári havi középhőmérsékleti anomáliákat ábrázoltam 1948 és 2005 között az 1968-1996 közötti időszak január havi középhőmérsékleti átlagához képest. Az ábrán feltüntettem, hogy mely években fordult elő januárban HRHI és egy adott hónapon belül hány darab. Érdeemes megfigyelni, hogy a HRHI-k egyfajta csoportokban jelentkeztek egy-egy időszakban. Az első ilyen időszak 1957- től (első HRHI a csoportból) 1969-ig (utolsó HRHI a csoportban) tartott. (1954 január végén kezdődött ugyan egy HRHI, amelynek 9 napja januárra esett, 11 napja pedig februárra. Ebből eredendően ez a HRHI a február hónapokhoz került, habár a január havi középhőmérséklet negatív anomáliája ennek a 9 napnak is köszönhető.) Ezt követően 9 évig egy HRHI sem fordult elő januárban.

1979-ben jelentkezett ismét, majd egészen 1993-ig egy aktívabb időszak következett a HRHI-k előfordulását tekintve. Ezt követően 9 évig ismét egy sem fordult elő ebben a hónapban. 2003-ban újabb HRHI jelentkezett, majd 2004-ben is. Érdeemes megjegyezni, hogy idén, 2006 január végén is volt egy HRHI. Ha csak az utóbbi 58 évet tekintjük, megállapítható, hogy 22-24 évente egy a HRHI-knak kedvező időszak kezdődött, amely nagyjából 12-14 évig tartot és 7-8 db HRHI jelentkezett ez időszak alatt. A HRHI-s aktív időszakokat 9 éves „inaktív” időszak választja el.



3.46 ábra: Januári havi középhőmérsékleti anomália (1968-1996 időszakhoz képest) és egy adott hónapon belül előfordult HRHI darabszám

3.8.3. A januári HRHI-s aktív és inaktív időszakok makroszinoptikus elemzése

Elkészítettem a HRHI szempontjából aktív és inaktív időszakok január havi tengersizinti átlagos légnyomás mezejét és annak eltérését az átlagtól (1968-1996 időszak), valamint 850 hPa-os átlagos középhőmérsékleti mezőjét és annak eltérését az 1968-1996 időszak január havi átlagától. Az egyes időszakokra vonatkozó ábrákat a Függelék tartalmazza.

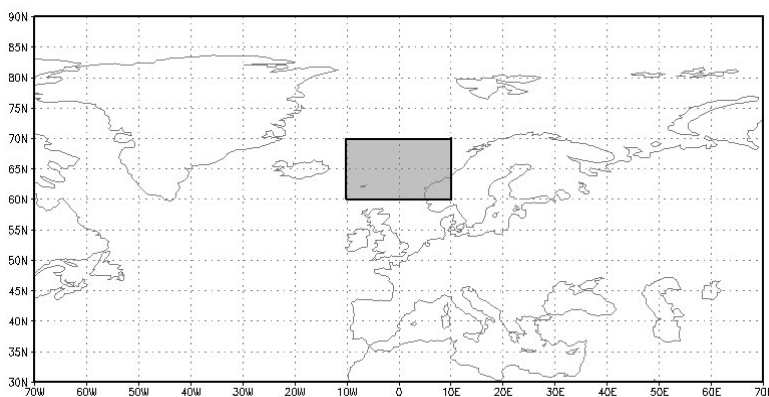
Az 1948-1956 közötti, HRHI inaktív időszakban Európa felett az átlagosnál alacsonyabb légnyomás értékek figyelhetők meg. Grönland és a Labrador-félsziget térségében pedig pozitív nyomási anomáliák találhatók (Függelék 1 a) ábra). Az északi szélesség 70., 75. szélességi foka felett a 850 hPa-on a középhőmérséklet legalább 1°C-kal kevesebb ennek a szintnek havi középhőmérsékleti átlagához képest (Függelék 1 b) ábra). 1957-től kezdődő

és 1969-ig tartó HRHI aktív időszakban az északi szélesség 60. fokától északra pozitív légnyomási anomália (grönlandi, izlandi középponttal) jellemezte az időszak január havi tengerszinti átlagos légnyomás mezejét (**Függelék 2 a) ábra**). Az északi 50. szélességi körtől délebbre negatív nyomási anomália található. A 850 hPa középhőmérsékleti mezejét tekintve legalább fél fokos negatív anomália figyelhető meg Európa északi és középső területei felett (**Függelék 2 b) ábra**). 1970-1978 időszak január hónapjait az Atlanti-óceán feletti átlagosnál alacsonyabb légnyomás, aktívabb ciklon tevékenység jellemezte (**Függelék 3 a) ábra**). A Kelet-európai-síkság felett pedig az átlagosnál magasabb légnyomás értékek jelentkeztek. Ezek hatására az időszak 850 hPa-os szintjének középhőmérséklete Európa legnagyobb része felett néhány tized fokkal az átlagosnál magasabbnak adódott (**Függelék 3 b) ábra**). Az ezt követő 1979-1993 időszakban gyengült az Atlanti-óceán feletti ciklonaktivitás, olyannyira, hogy az óceán keleti területei és Nyugat-Európa felett pozitív nyomás anomália található (**Függelék 4 a) ábra**). Ugyanakkor a Kelet-európai-síkság felett az átlagoshoz képest alacsonyabb légnyomás értékek figyelhetők meg. Ezekből adódóan az óceán felett és a Kelet-európai-síkság keleti része felett néhány tized fokkal az átlagosnál magasabb középhőmérsékletek fordulnak elő (**Függelék 4 b) ábra**). Az 1994-2002 időszak átlagos nyomásmezője gyakorlatilag átlagosnak mondható (**Függelék 5 a) ábra**). Egyedül a Kelet-európai-síkság és Észak-Európa felett alacsonyabb az átlagosnál a légnyomás, illetve az óceán keleti részei felett. Azonban ezen időszak alatt figyelhető meg a legnagyobb területre kiterjedő pozitív hőmérsékleti anomália, így az egész európai kontinens felett, illetve az Észak-atlanti térség felett. (**Függelék 5 b) ábra**). Az utolsó vizsgált három év (200-2005) januárjainak átlagos nyomásmezője alapján, megfigyelhető, hogy újra megjelent az óceán keleti része feletti pozitív nyomási anomália, amely ezúttal elnyúlik Grönlandig (**Függelék 6 a) ábra**). Európa középső területei felett Skandináviától a Földközi-tengerig negatív nyomás anomália található. A 850 hPa középhőmérsékletének anomáliát szemlélve észrevehető a Közép-Európa feletti negatív, Grönland déli része és Kelet-Európa feletti pozitív hőmérsékleti anomália (**Függelék 6 b) ábra**).

A HRHI-s aktív időszakokban pozitív nyomási anomália volt megfigyelhető az Atlanti-óceán keleti és/vagy izlandi térségben (esetleg Grönland keleti részénél).

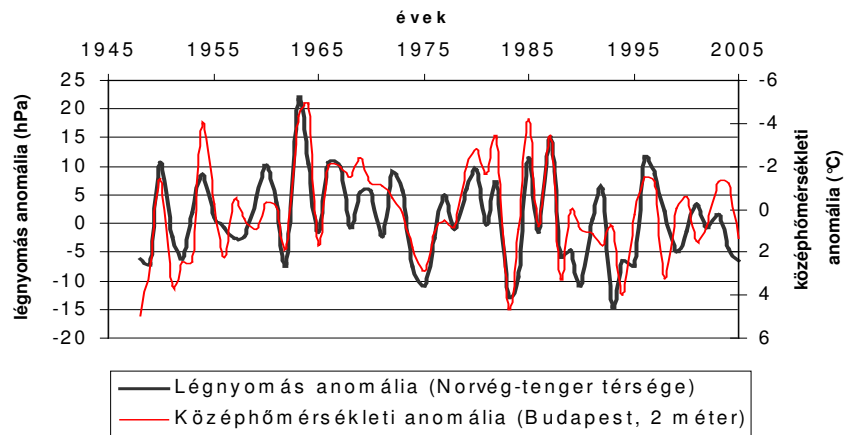
3.8.4. Az Észak-atlanti térség légnyomásának télközepi ciklikussága

Az előző fejezetben leírtak miatt megvizsgáltam egy szektor, a Norvég-tenger térségének (az északi szélesség 60. és 70., valamint a nyugati hosszúság 10. és keleti hosszúság 10. foka között helyezkedik el) átlagos tengerszinti, január havi légnyomási anomáliája és Budapest január havi középhőmérsékleti anomáliája (2 méteren és 850 hPa-on) közötti kapcsolatot. A szektort a **3.47 ábra** mutatja. A szektor átlagos tengerszinti, január havi légnyomás anomáliájának megállapításához a szektorban ötfokonként elhelyezkedő rácspontok nyomás adatait használtam fel (15 rácspont). A referencia időszak továbbra is az 1968-1996 közötti időszak. A budapesti január havi 2 méteres középhőmérsékleti anomália és a vizsgált szektor január havi légnyomási anomáliája között lineáris korrelációt számoltam 1948-2005 időszakra. $-0,7$ -es lineáris korreláció értéket kaptam ez esetben és $-0,58$ -as lineáris korreláció értéket ha a 850 hPa-os szint január havi középhőmérsékleti anomáliájával vizsgáltam a légnyomási anomália korrelációját. Ezt a vizsgálatot más térségek, így Izland, Skandináv-félsziget, illetve a Brit-szigetek térsége esetén is elvégeztem, azonban a fent említett szektor esetén voltak abszolút értékben a legmagasabbak a lineáris korreláció értékei.



3.47 ábra: A január havi átlagos tengerszinti légnyomási anomália vizsgálatához felhasznált szektor elhelyezkedése. (szürkített terület)

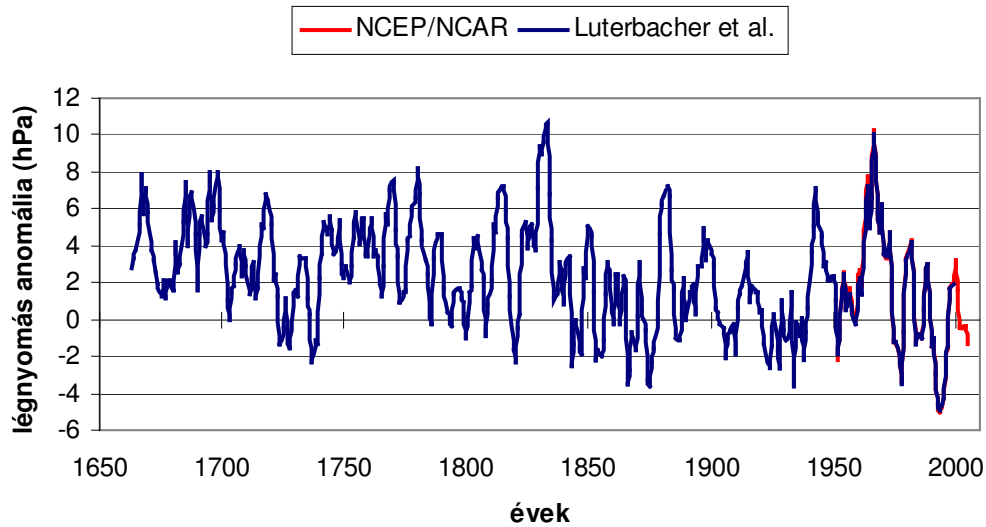
A **3.48 ábrán** feltüntettem a Norvég-tenger térségének átlagos tengerszinti január havi légnyomási anomáliája és a 2 méteres, budapesti január havi középhőmérsékleti anomália 58 éves menetét. Azokban az esetekben, amikor a középhőmérsékleti anomália -2 °C-ot is meghaladta, a légnyomási anomália legalább 5 hPa-t ért el.



3.48 ábra: A január havi átlagos tengerszinti légnymás anomália (Norvég tenger térsége) és a budapesti 2 méteres január havi középhőmérsékleti anomália (fordított értéktengely) kapcsolata

Luterbacher et al. (2002) 1659-től 1999-ig rekonstruálták a havi tengerszinti légnymás mezőket Európa és az Atlanti-óceán keleti részei felett (északi szélesség 30. és 70. foka, illetve nyugati hosszúság 30. és keleti hosszúság 40. foka között 5×5 fokos rácsfelbontással).

A műszeres állomások mérés sorozatain (légnymás, hőmérséklet és csapadék), valamint az eurázsiai térségekből származó proxy adatok felhasználásával készítették el az analízis mezőket. Ezek a légnymás mező adatok a NOAA paleoklimatológiai weboldalán (*NOAA Paleo*, 2006) keresztül elérhetők. Az NCEP/NCAR reanalízis adataiból számolt január havi légnymás értékek és a *Luterbacher et al.* január havi légnymási adatai között számolt lineáris korrelációt számoltam, amelynek értéke 0.99 a Norvég-tengerre vonatkozóan 1948-1999 között. Megvizsgáltam továbbá az egyes évek január hónapjaiban a két adatbázis alapján számolt légnymás értékek közötti különbségek alakulását. Úgy találtam, hogy $-0,6$ hPa-nál nagyobb, illetve $0,6$ hPa-nál kisebb volt a különbség a havi légnymás értékek között az esetek 88,5 %-ban. A rekonstruált január havi légnymás mezőket felhasználva készítettem el a **3.49 ábrán** látható január havi légnymás anomália több száz éves menetének 5 éves mozgóátlagát a Norvég-tenger térségére vonatkozóan (**3.47 ábrán** feltüntetve a terület). Továbbá feltüntettem az NCEP/NCAR reanalízis adatok alapján készült 5 éves mozgóátlagát a január havi légnymás anomáliának szintén a Norvég-tenger térséget reprezentálva.



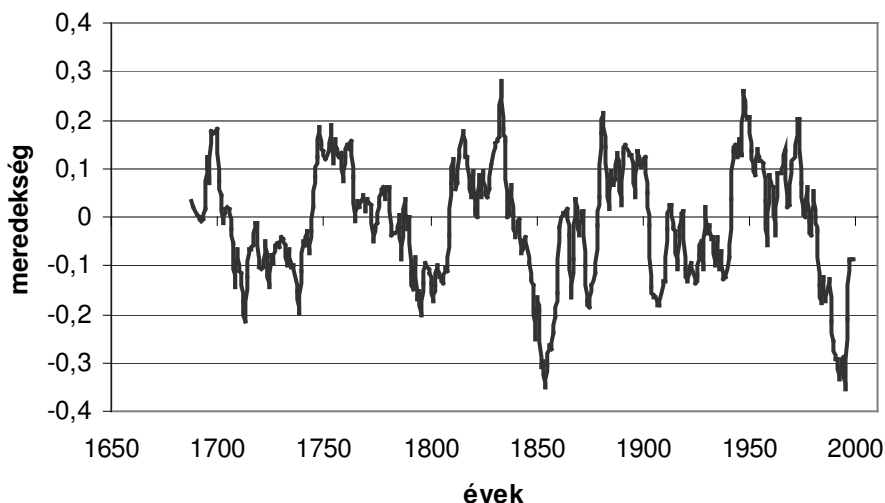
3.49 ábra: A január havi légnyomási anomáliának 5 éves mozgó átlaga Luterbacher et al. alapján (kék görbe), valamint az NCEP/NCAR reanalízis adatai alapján (piros görbe) a Norvég tenger térségére vonatkozóan /ref. időszak: 1968-1996/

A XVII. század második felét és a XVIII. századot zömében pozitív légnyomási anomália jellemezte (**3.49 ábra**). Azonban a XIX. század középső évtizedeire közel átlagossá vált a légnyomás értéke (1003,3 hPa körüli). A XIX. század végén megjelenő pozitív nyomási anomáliák után a XX. század elején továbbra is átlagos, vagy kissé alacsonyabb volt az átlagosnál a havi légnyomás értéke. A XX. század közepére újra erős pozitív nyomási anomália jelentkezett, amelyet a közel 350 év legerősebb negatív légnyomási anomália értéke követte (1990-es évek eleje). Megfigyelhető a nyomási anomália szakaszossága, ingadozásai is, mind rövidebb, mind hosszabb időszakot figyelembe véve.

A megfigyelt HRHI-s aktív időszakok kapcsolatba hozhatóak voltak a Norvég-tenger feletti január havi pozitív légnyomási anomáliával. A **3.49 ábrán** látható volt, hogy a XVII század végén és a XVIII. században gyakran lépett fel pozitív nyomási anomália, ez megmagyarázhatja, hogy ezekben az időszakokban feltehetően gyakran alakultak ki januárban HRHI-k, és okozva ezzel hideg télközeget Magyarországon (Rácz, 2001, Réthly, 1962; 1970). A pozitív és negatív légnyomási anomáliájú időszakok váltakozása kapcsolatban áll a HRHI-s aktív és inaktív időszakokkal.

Tetszőlegesen választható bármely 30 éves időszakra illesztett lineáris trend meredeksége megmutatja az adott időszakra jellemző anomália értékek csökkenését, növekedését, vagy stagnálását. Attól függően, hogy milyen időszakot választunk, más és más meredekséget kapunk. Ezért kiszámítottam a január havi légnyomás anomáliák 30

éves időszakainak lineáris trend együtthatóját egy-egy évvel elcsúsztatva – hasonlóan a mozgó átlaghoz - 1659-től 1999-ig. Ezen mozgó lineáris trend meredekségének (MLTM) időbeli alakulását mutatom be a **3.50 ábrán**. Az ábrán jól megfigyelhető egy nagyjából 50-75 éves szakaszosság az emelkedő lineáris trendek (pozitív meredekség), illetve a csökkenő lineáris trendek (negatív meredekség) időszakai között.



3.50 ábra: Január havi légnyomás anomáliák mozgó lineáris trend meredekségének (MLTM) alakulása a Norvég-tenger térségére vonatkozóan

A vizsgált 58 év minden második, legalább fél fokos negatív január havi középhőmérsékleti anomáliájával HRHI is kapcsolatban volt. 1948-tól 2005-ig tartó időszak január hónapjait figyelembe véve, HRHI-s aktív és inaktív időszakok voltak elkülöníthetők. A 1948-2005-ös időszakban 22-24 évente követték egymás a HRHI-s aktív időszakok. A HRHI-s aktív időszakok során pozitív nyomás anomália volt található a Norvég-tenger térsége felett. Ezen térség január havi légnyomás anomáliái és a budapesti január havi 2 méteres középhőmérsékleti anomáliák között $-0,7$ -es lineáris korreláció volt megállapítható 1948-2005-ös időszakot vizsgálva. A *Luterbacher et al.* által készített nyomás mezők alapján elemezhető volt a pozitív és negatív légnyomási anomáliák - ezáltal a HRHI-s aktív és inaktív időszakok – utóbbi közel 350 éves váltakozásai. A váltakozás a 30 éves időszakokat jellemző trendegyütthatók 350 éves menetében körülbelül 50-75 éves szakaszosságot mutatott.

A HRHI-k tehát meghatározzák a havi középhőmérsékletek alakulását az adott hónapban. Itt elsősorban a január hónapot vizsgáltam, amelyben a legtöbb HRHI alakult ki

és ebben az időszakban jellemző a lehidegebb és legtartósabb HRHI. A légkör cirkulációs rendszerében az Atlanti-óceán északi részeit tekintve egyfajta oszcillációt figyeltem meg január hónapban (továbbiakban Észak-atlanti térség télközepi ciklikussága – **North Atlantic Region winter Cyclic – NARC**). Minél erősebb pozitív légnyomás anomália figyelhető meg, annál inkább valószínű a HRHI kialakulása Magyarországon.

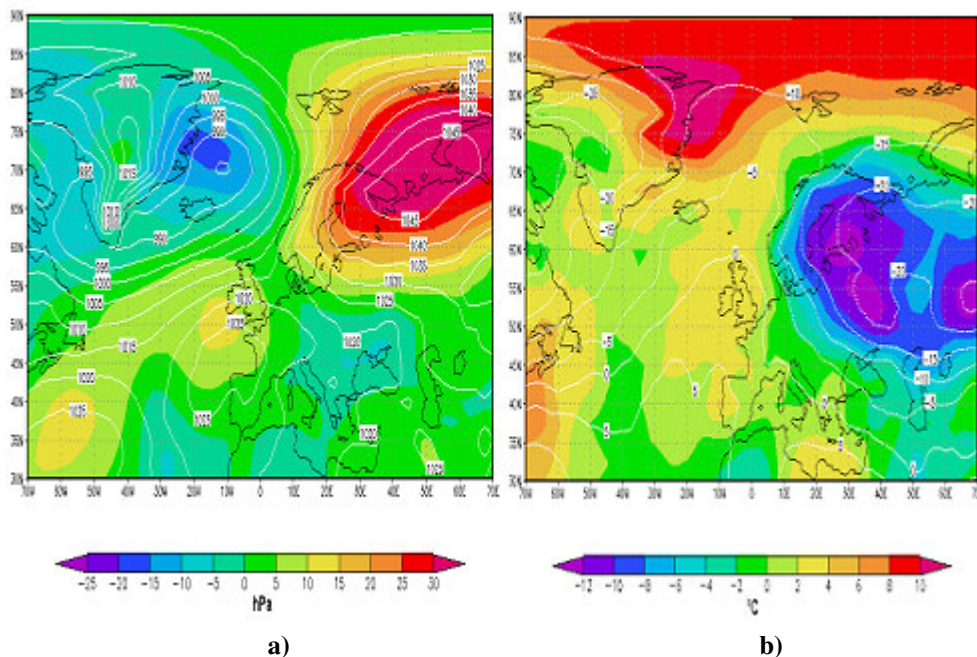
4. Esettanulmány

2006. január közepén a Kelet-európai-síkság felett nagy mennyiségű rendkívül hideg levegő uralkodott. Ez a hideg levegő január 22-ére elérte a Kárpátokat. A Kárpátok védő hatásának köszönhetően a hideg legnagyobb része tőlünk keletre vonult el dél fele, ennek ellenére január 23-tól 28-ig tartó időszakban hazánkban is fellépett HRHI.

A január 18-tól 22-ig tartó 5 nap átlagos légnyomás mezejét és légnyomás anomáliáját mutatja a **4.1 a) ábra**, illetve az időszak átlagos 850 hPa-os középhőmérsékletét és 850 hPa-os középhőmérsékleti anomáliáját a **4.1 b) ábra**. Európa nyugati partjai felett egy anticiklon található. Ezzel egy időben egy erős, 1040 hPa-t is elérő anticiklon figyelhető meg a Kelet-európai-síkság északi részei, illetve a Barrents-tenger és a Kara-tenger felett. A szokásosnál (referencia időszak 1968-1996) alacsonyabb a légnyomás értéke a Fekete-tenger térségében. Ciklon aktivitás elsősorban Grönland partjainál figyelhető meg. Ebben a makroszinoptikus helyzetben a szokásosnál 8-12 °C-kal hidegebb levegő helyezkedik el a Skandináv-félsziget és Kelet-európai-síkság felett a 850 hPa-os szinten. Grönland északkeleti partvidéke felett és a 80. északi szélességtől északra 4-8, esetenként 10 °C-kal magasabb a 850 hPa-os szint középhőmérséklete az átlagoshoz képest. Ez a helyzet az SLPB5D_12 makroszinoptikus helyzethez hasonlatos, elsősorban a pozitív és negatív nyomás anomália központokat figyelembe véve. Ebben az esetben Kelet-európai-síkság felett megfigyelt 850 hPa-os hőmérsékleti anomália erősebb az SLPB5D_12 helyzethez képest. Ennek oka abban keresendő, hogy az SLPB5D_12 makroszinoptikus helyzet eddig december elején jelentkezett. December elején a 850 hPa-os szint középhőmérséklete még melegebb egy január végi időszakhoz képest.

A 2006-os januári HRHI a január 21. és 31. közötti időszakban alakult ki, amikor a HRHI relatív gyakorisága második legnagyobbnak adódik (**3.3 ábra**). Ebben az időszakban 2 méteres átlagos középhőmérséklete a HRHI-nak $-7,9$ °C (**3.4 ábra**). A 2006-os januári HRHI 2 méteren megfigyelt középhőmérséklete $-9,1$ °C volt. Ebben az időszakban előfordult leghidegebb középhőmérsékletű HRHI $-9,7$ °C-os volt 2 méteren.

A HRHI kialakulását megelőző napon, és a kialakulás napján sem volt 1 cm-t elérő, vagy meghaladó hótakaró. Mint azt a **3.12 ábrán** bemutattam, igen gyakori, hogy (31,3 %) a HRHI kezdő napján nem alakul ki 1 cm-t, vagy azt meghaladó hótakaró. A HRHI teljes időszaka alatt sem alakult ki 1 cm-t elérő vagy meghaladó hótakaró. Ez a vizsgált esetek 18,8 %-ban volt hasonlóan.



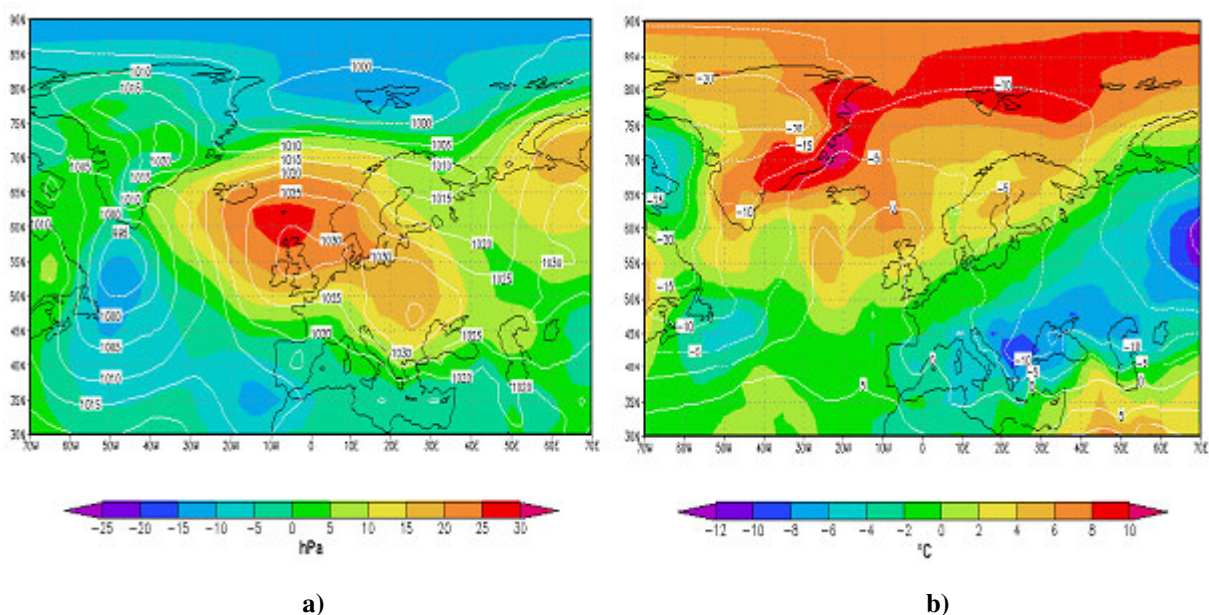
4.1 ábra: A 2006 januári HRHI-t megelőző 5 nap (január 18.-22.) átlagos tengerszinti légnyomás mezeje és légnyomási anomáliája (a) ábra), illetve átlagos 850 hPa-os szinti középhőmérséklet mezeje és hőmérsékleti anomáliája (b) ábra) /referencia időszak 1968-1996/

A HRHI teljes ideje alatt *markáns inverzió* volt megfigyelhető, azaz MI=100%. A HRHI alatt 925 hPa-os szint középhőmérséklete volt a legalacsonyabb, $-11,3$ °C-os volt. A 850 hPa-os szint középhőmérséklete azonban csak $-8,9$ °C-os volt. Az esetek 25 %-ban (legnagyobb relatív gyakoriság) $(-8; -10]$ °C-os középhőmérsékleti intervallumban alakul a HRHI 850 hPa-os középhőmérséklete (**3.17 ábra**).

A HRHI-t megelőző nap a 850 hPa-os szint középhőmérséklete $-6,9$ °C volt, a vizsgált esetek 6,3 %-ban fordult elő, hogy a $(-6; -8]$ °C-os középhőmérsékleti intervallumban mozgott a HRHI-t megelőző nap 850 hPa-os középhőmérséklete (**3.19 ábra**). Azonban a HRHI első napján már $-11,4$ °C-ot ért el, amely a $(-10; -12]$ °C-os középhőmérsékleti intervallumban helyezkedik el. Ebben a középhőmérsékleti intervallumban mozog legnagyobb gyakorisággal (18,8 %) a kezdő napi 850 hPa-os középhőmérsékletek (**3.19 ábra**). A HRHI-t követő nap középhőmérséklete 850 hPa-on $-0,8$ °C volt. Ez a $(0; -2]$ °C-

os középhőmérsékleti intarvallumba esik az esetek 25 %-ban (legnagyobb relatív gyakoriság, **3.20 ábra**).

A 2006-os januári HRHI-s időszak átlagos tengerszinti légnyomás mezejét és légnyomás anomáliáját vizsgálva (**4.2 a) ábra**) az SLP₅ makroszinoptikus helyzet fedezhető fel, azaz az úgynevezett *anticiklon-híd* (**3.26 a) ábra**). Azonban Közép-Európa felett egy erősebb magasnyomású zóna húzódik, amelynek köszönhetően a negatív hőmérsékleti anomália a 850 hPa-on nem terjedt ki Közép-Európa északibb részeire és Nyugat-Európa fele (**4.2 b) ábra**). A hideg nem haladt el a Kárpátoktól északra nyugati irányba az óceán fele, hanem az a Földközi-tenger medencéjét, elsősorban a Balkán-félszigetet árasztotta el, illetve a Fekete-tengere térségét.



4.2 ábra: A 2006 januári HRHI (január 23.-28.) átlagos tengerszinti légnyomás mezeje és légnyomás anomáliája (a) ábra), illetve átlagos 850 hPa-os szinti középhőmérséklet mezeje és hőmérsékleti anomáliája (b) ábra) /referencia időszak 1968-1996/

Összeségében a 2006-os januári HRHI tipikus volt olyan tekintetben, hogy a tapasztalt, legkedvezőbb időszakban alakult ki. Továbbá a már ismeretes makroszinoptikus helyzetek jellemezték. Ellenben azon ritkán előforduló HRHI-k közé tartozott, amelyek átlagos napi középhőmérséklete rendkívül alacsony ($-9,1$ °C) és átlagos napi hóvastagságuk 1 cm-t sem éri el.

5. Összefoglalás

A diplomamunkám célja az volt, hogy átfogó képet nyújtsak a hosszantartó rendkívül hideg időszakokról (HRHI-król).

Megállapítottam a HRHI gyakoriságát, élettartamát, középhőmérsékletét 2 méteren és 850 hPa-on, valamint a kialakulása szempontjából kedvező időszakokat. HRHI-k leggyakrabban januárban jelentkeztek, és ekkor bizonyultak a leghidegebbnek és legtartósabbnak is. A téli átlagos élettartamuk 9,7 nap, átlagos napi középhőmérsékletük $-7,5$ °C. A HRHI keletkezésének január hónapban belül a legkedvezőbb időszak január első 10 és utolsó 11 napja.

Megvizsgáltam, hogy a HRHI milyen kapcsolatban áll a hótakaróval, a *markáns inverzióval*, illetve a 850 hPa-os szint középhőmérsékletével, és elemeztem azt is, hogy ezek lehetnek-e a HRHI lehetséges kiváltó vagy fenntartó okai. A legtöbb esetben a HRHI ideje alatt volt hótakaró, ellenben az esetek 12,5 %-ban előfordult az is, hogy egyáltalán nem volt. A HRHI kedvez a vastagabb hótakaró kialakulásának, de ugyanakkor a hótakaró is elősegítheti a HRHI kifejlődését és fennmaradását. A megjelenésnél a legtöbb esetben nem játszott közre a *markáns inverzió*, de ez a hótakaróhoz hasonlóan segítheti a HRHI hosszabb ideig való fennmaradását. Az esetek legnagyobb részében azonban a *markáns inverzió* már jelen volt a HRHI valamely szakaszában vagy teljes tartamában. A 850 hPa-os szint napi és a HRHI átlagos napi középhőmérsékleteinek elemzése alapján megállapítottam, hogy a legtöbb esetben a HRHI középhőmérséklete -8 °C-nál hidegebb. A HRHI-k legnagyobb hányadában kiváltó ok a 850 hPa-on is megfigyelhető hideg advekción.

A HRHI-k makroszinoptikus helyzeteit, illetve azok keletkezése előtt jellemző makroszinoptikus helyzetképeket is elemeztem. Úgy találtam, hogy a HRHI fennmaradása leggyakrabban a Kárpát-medencére is kiható anticiklonokhoz köthető. A leghidegebb (mind 2 méteren, mind 850 hPa-on) HRHI-k az SLP_1 (azori-anticiklon nyúlik be Nyugat-Európa fölé, a Kárpát-medence ciklon hátoldali helyzetben), SLP_4 (anticiklon Észak-Európa felett) és SLP_5 (*anticiklon-híd*) makroszinoptikus helyzetekben alakultak ki. Ezek közül az utóbbi kettőben a maximális élettartam elérte a két hetet. A HRHI-k kialakulását megelőző 5 nap jellemző makroszinoptikus helyzeteiben pozitív nyomás anomália figyelhető meg az Izland és/vagy Skandináv-félsziget és/vagy a Norvég-tenger felett, ennek 5 napi átlagos értéke a 20-25 hPa-t is elérheti.

Elemeztem a HRHI-k január havi középhőmérsékletekre tett hatását is. A leghidegebb januári havi középhőmérsékletek esetén a hónapban HRHI is jelen volt. A vizsgált 58 évben elkülöníthetők voltak HRHI-s aktív és inaktív időszakok. Ezekben egy ciklikusság is megfigyelhető volt, amelynek tartama 1948 és 2005 között 22-24 évnek adódott. Kapcsolatot találtam az Észak-atlanti térség január havi légnyomás anomáliái és a budapesti január havi középhőmérsékleti anomáliák között. Összefüggést fedeztem fel a HRHI-s aktív és inaktív időszakok váltakozásai és az Észak-atlanti térség télközepi légnyomás ciklikussága (*NARC*) között. Minél erősebb pozitív légnyomás anomália figyelhető meg az Észak-atlanti térségben, annál inkább valószínű a HRHI kialakulása Magyarországon. A térség több száz éves légnyomás anomáliának változásai alapján úgy találtam, hogy a XVI. század végén, XVII. században gyakrabban lehettek HRHI-ik januárban, és ezt alátámasztják *Réthy Antal* (1962; 1970) feljegyzései is.

A HRHI-k keletkezése és fennmaradása szempontjából legfontosabb szerepük a makroszinoptikus helyzetekben megfigyelt légnyomás-rendszereknek, és ezek következtében a Kárpát-medencébe érkező hideg légtömegeknek van. A HRHI-k tartamát és erősségét elsősorban ezen rendszerek élettartama, elhelyezkedése, erőssége határozza meg, de befolyásolhatják a helyi viszonyok (pl.: hótakaró, kialakult *markáns inverzió*) is. Ezek a légnyomási-rendszerek folyamatosan változnak, de hosszabb időszakot tekintve ciklikusnak látszik.

A jövőben a HRHI-k vizsgálatát célszerű lenne kibővíteni a magasabb szintek (például az 500 hPa-os szint) elemzésével, több magyarországi állomás adatainak felhasználásával. További célom közép-európai állomások adatai alapján hasonló elemzéseket elvégezni Közép-Európa területére. Ezeket az eredményeket alkalmazva szeretném tanulmányozni részletesebben a régebbi idők téli időszakait a múltbéli időjárási viszonyok alaposabb megismerése érdekében.

Irodalomjegyzék

Berkes, Z., 1961: A naptevékenység hatása a légnyomás eloszlására. *Időjárás* 65, 17-22.

Donald, G. B., David, L. R., Richard, H. S., David, B. W., 1992: Air temperature and radiation depressions associated with a snow cover. *Journal of Applied Meteorology* 31, 247-254.

Ewa, B., 2004: Snow cover in eastern Europe in relation to temperature, precipitation and circulation. *International Journal of Climatology* 24, 591-601.

Gammer, M., Bedő, A. Z., Sztankó, Gy., 2002: A meteorológia a MOL Rt. életében – és azon túl. 27. *Meteorológiai Tudományos Napok*, Budapest, Beszámolókötet, (szerk.: Mika J.) 141-143.

James, F., Manfred, O., Albert, R., 1983: Snow cover and temperature relationships in North America and Eurasia. *Journal of Climate and Applied Meteorology* 22, 460-469.

Kalney, E., Kanamitsu, M., Kistler R., Collins, W., Deaven, D., Gandin, L., Iredell, M., Saha, S., White, G., Woollen, J., Zhu, Y., Chelliah, M., Ebisuzaki, W., Higgins, W., Janowak, J., Mo, K. C., Ropelewski, C., Wang, J., Leetmaa, A., Reynolds, R., Jenne, R., Joseph, D., 1996: The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. *Bulletin of the American Meteorological Society* 77, 437-471.

Koppány, Gy., 1960: Erősen fejlett anticiklonmagok elterjedése az Északi-félgömbön. *Időjárás* 64, 103-105.

Lamb, H. H., 1972: *Climate: Present, Past and Future*. Vol. 1: Fundamentals and Climate Now. Methuen, London, 613 pp.

Luterbacher, J., Xoplaki, E., Rickli, R., Gyalistras, D., Schmutz, C., Wanner, H., 2002: Reconstruction of Sea Level Pressure fields over the eastern North Atlantic and Europe back to 1500. *Climate Dynamics* 18, 545-561.

Makainé, Cs. M., 1962: Zsugorodási inverziók erősödő anticiklonban. *Időjárás* 66, 97-100.

Makainé, Cs. M., Tóth, P., 1978: Szinoptikus meteorológia I., Tankönyvkiadó, Budapest, 320 oldal.

NOAA CDC, 2006:

<http://www.cdc.noaa.gov>

NOAA Paleo, 2006:

<http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/pubs/luterbacher2002/luterbacher2002.html>

Pápainé, Sz. G., 1960: Az alsó 5 km-es légréteg hőmérsékleti szerkezete különböző makroszinoptikus helyzetekben, *Időjárás* 64, 88-95.

Péczely, Gy., 1960: A Kárpátok védőhatása északkeleti hidegbetörés esetén. *Időjárás* 64, 28-34.

Péczely, Gy., 1981: A szubtrópusi magasnyomású hatásközpontok néhány statisztikai, klimatológiai jellemzője. *Időjárás* 85, 134-142.

Polgár, A., 2003: Hidegpárnás helyzetek vizsgálata budapesti rádiószondás adatok alapján. *Diplomamunka* (témavez.: Bonta I.), ELTE TTK, Meteorológiai Könyvtár, Budapest.

Pongrácz, R., Bartholy, J., Pattantyús-Ábrahám, M., Pátkai, Zs., 2006: Az atlanti-európai térség szinoptikus klimatológiai vizsgálata. *31. Meteorológiai Tudományos Napok*, Budapest, Beszámolókötet, (szerk.: Weidinger T.) 144-159.

Rácz, L., 2001: Magyarország éghajlattörténete az újkor idején. JGYFK Kiadó, Szeged, 303. oldal.

Reisz, A., 2005: Magyarországi extrém hideg időszakok szinoptikus meteorológiai feltételei és kapcsolatuk a hótakaróval (1975-2004). *Diplomamunka* (témavez.: Bonta I.), ELTE TTK Meteorológiai könyvtár, Budapest.

Réthy, A., 1962: Időjárási események és elemi csapások Magyarországon 1700-ig. Akadémiai Kiadó, Budapest, 450 oldal.

Réthy, A., 1970: Időjárási események és elemi csapások Magyarországon 1701-1800-ig. Akadémiai Kiadó, Budapest, 622 oldal.

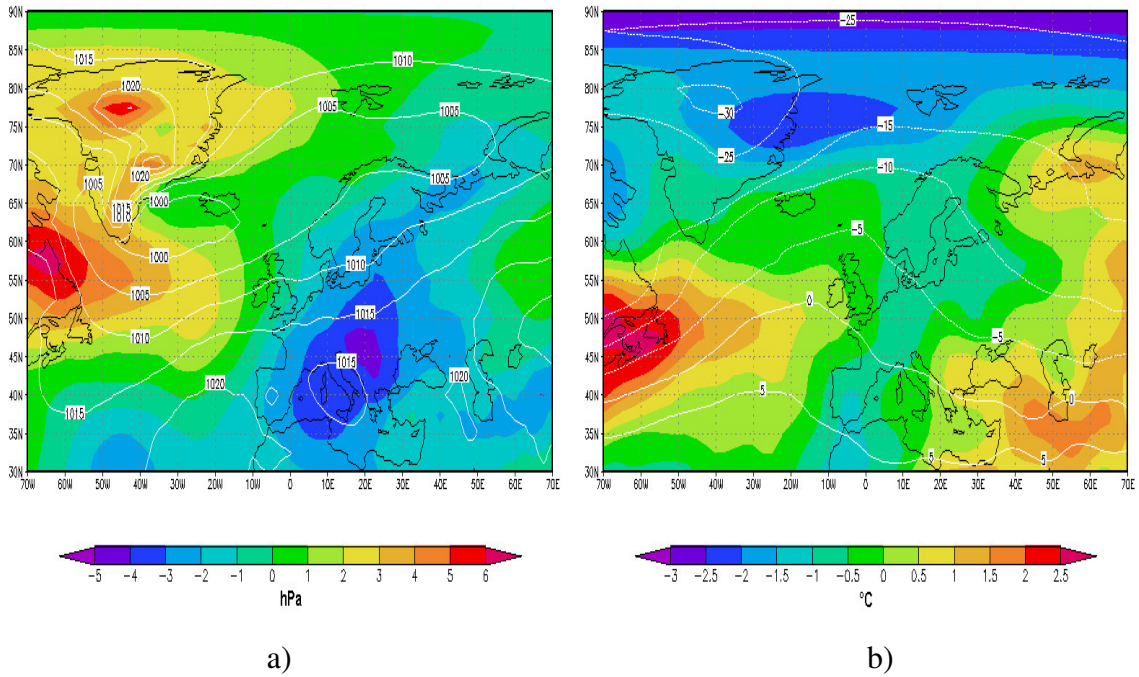
Sazanov, B. I., 1964: High-level pressure Formations and Solar Activity. *Glav. Geofiz. Obs.*, Gidrometeoizdat, Leningrad, 131 pp.

Tóth, P., 1966: Hideg légpárnákkal kapcsolatos időjárási különlegességek. *Légkör 11*, 94-98.

Ventúra, E., 1961: Talajmenti inverziók megjelenése Budapest felett. *Beszámolók*, 6-12.

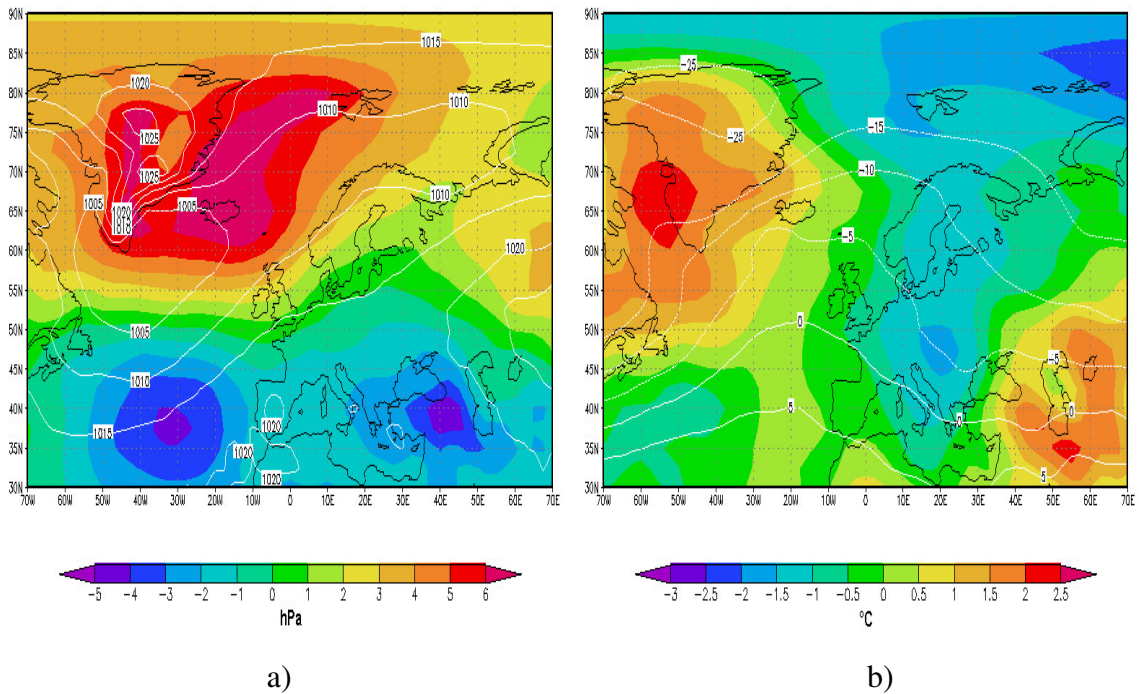
Ventúra, E., 1966: Inverziók kapcsolata a légszennyeződéssel. *Időjárás 70*, 285-291.

Függelék



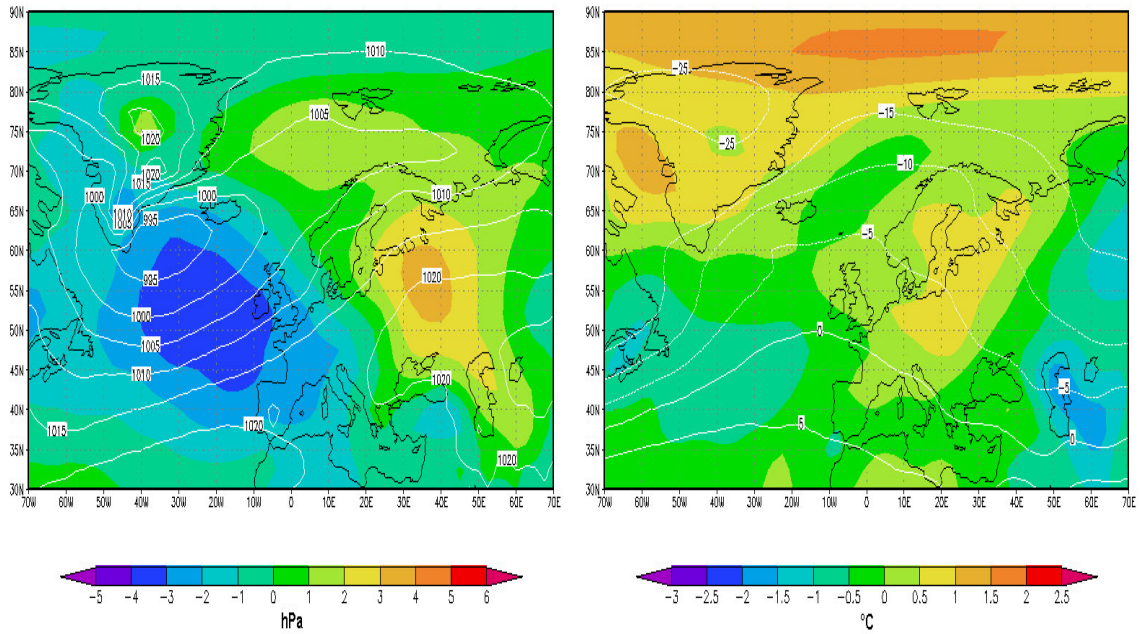
1 ábra: 1948-1956 időszak január hónapjainak

a) átlagos tengerszinti légnyomása (fehér vonal) és nyomási anomália mezeje (színezett terület),
 b) átlagos 850 hPa-os középhőmérséklete (fehér vonal) és hőmérsékleti anomália mezeje (színezett terület)
 /referencia időszak 1968-1996/



2 ábra: 1957-1969 időszak január hónapjainak

a) átlagos tengerszinti légnyomása (fehér vonal) és nyomási anomália mezeje (színezett terület),
 b) átlagos 850 hPa-os középhőmérséklete (fehér vonal) és hőmérsékleti anomália mezeje (színezett terület)
 /referencia időszak 1968-1996/



a)

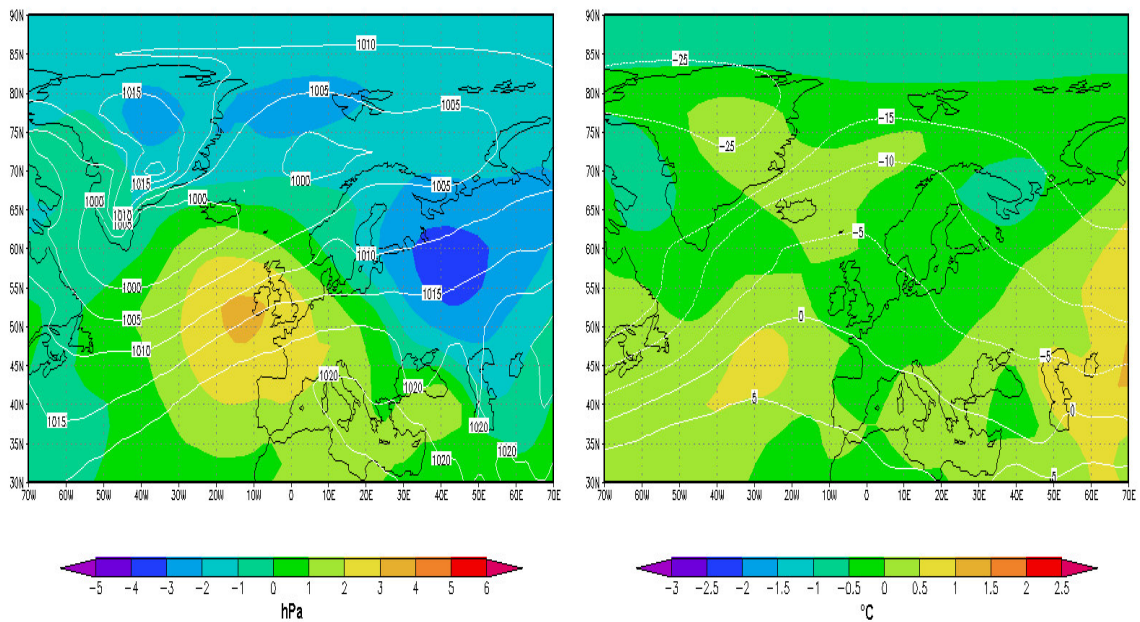
b)

3 ábra: 1970-1978 időszak január hónapjainak

a) tengerszinti átlagos légnyomása (fehér vonal) és anomália mezeje (színezett terület),

b) átlagos 850 hPa-os középhőmérséklete (fehér vonal) és anomália mezeje (színezett terület)

/referencia időszak 1968-1996/



a)

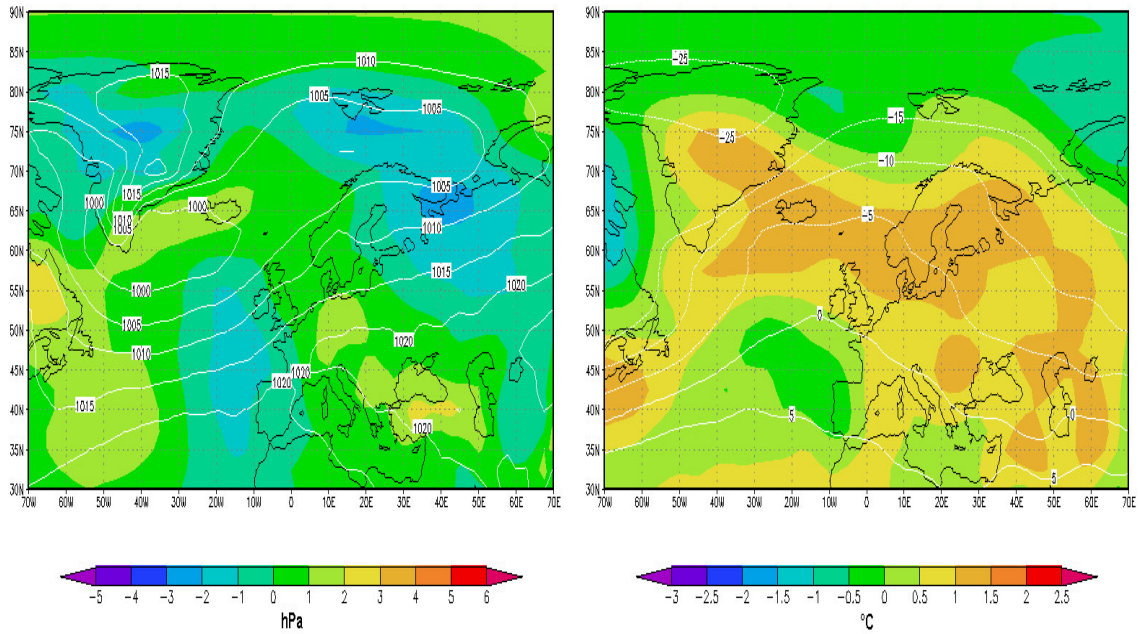
b)

4 ábra: 1979-1993 időszak január hónapjainak

a) átlagos tengerszinti légnyomása (fehér vonal) és nyomási anomália mezeje (színezett terület),

b) átlagos 850 hPa-os középhőmérséklete (fehér vonal) és hőmérsékleti anomália mezeje (színezett terület)

/referencia időszak 1968-1996/



a)

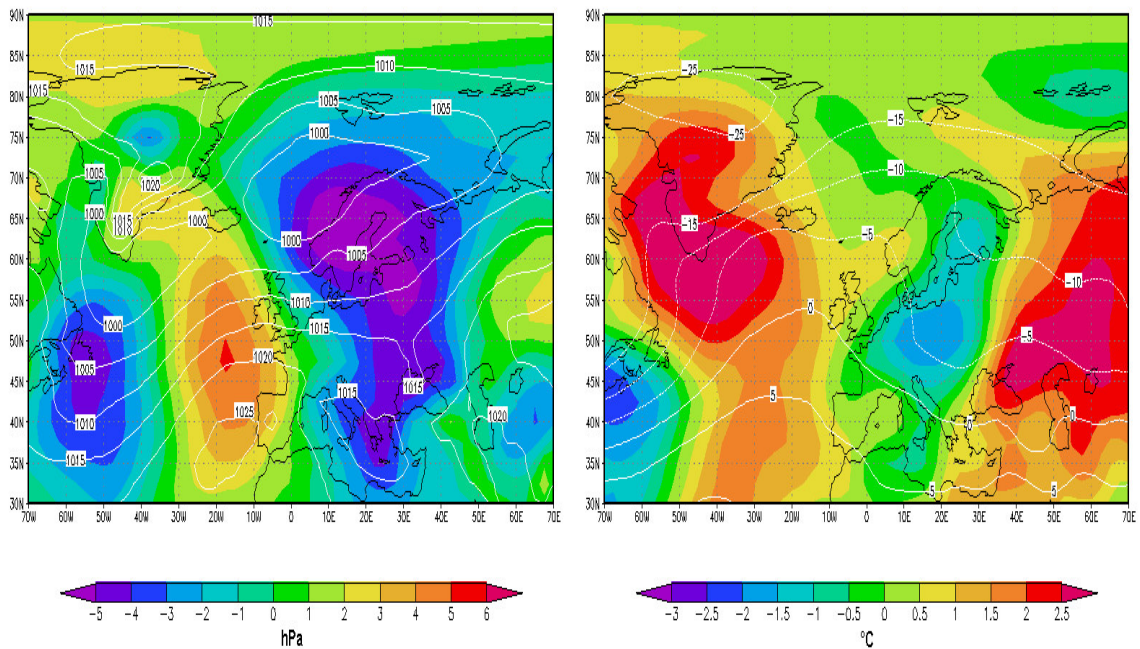
b)

5 ábra: 1994-2002 időszak január hónapjainak

a) átlagos tengerszinti légnyomása (fehér vonal) és nyomási anomália mezeje (színezett terület),

b) átlagos 850 hPa-os középhőmérséklete (fehér vonal) és hőmérsékleti anomália mezeje (színezett terület)

/referencia időszak 1968-1996/



a)

b)

6 ábra: 2003-2005 időszak január hónapjainak

a) átlagos tengerszinti légnyomása (fehér vonal) és nyomási anomália mezeje (színezett terület),

b) átlagos 850 hPa-os középhőmérséklete (fehér vonal) és hőmérsékleti anomália mezeje (színezett terület)

/referencia időszak 1968-1996/