

A meteorológiai viszonyok hatása a tüdőbetegségekre

SZAKDOLGOZAT
FÖLDTUDOMÁNYI ALAPSZAK
METEOROLÓGUS SZAKIRÁNY



Készítette:

Kalmár Tímea

Témavezető:

Dr. Pongrácz Rita

ELTE TTK, Meteorológiai Tanszék

Eötvös Loránd Tudományegyetem
Földrajz- és Földtudományi Intézet
Meteorológiai Tanszék

Budapest, 2015

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	3
2. A meteorológiai elemek általános hatása az emberi szervezetre.....	5
2.1. A vegetatív idegrendszer	5
2.2. Időjárás-érzékenység	6
2.3. A hőmérséklet hatása az emberi szervezetre	7
2.4. A szél hatása az emberi szervezetre.....	8
2.5. A légnyomás hatása az emberi szervezetre.....	9
2.6. A légszennyezettség hatása az emberi szervezetre	9
2.7. Időjárási frontok hatása az emberi szervezetre	10
3. A tüdőbetegségek és kapcsolatuk a meteorológiai viszonyokkal.....	12
3.1. Krónikus obstruktív tüdőbetegség (COPD).....	12
3.2. Asztma (asthma bronchiale)	14
3.3. Tüdőembólia (pulmonalis embolia).....	17
3.4. Légmell (pneumothorax – PTX).....	19
4. A vizsgálathoz felhasznált meteorológiai adatok	22
4.1. Az E-OBS adatbázis	22
4.2. A CarpatClim adatbázis	23
4.3. A két adatbázis összehasonlítása	25
5. A vizsgálathoz felhasznált betegadatok.....	28
6. A vizsgálati módszerek és eredmények.....	33
6.1. Vizsgálati módszerek.....	33
6.2. Nyomás hatása a vizsgált tüdőbetegségekre.....	34
6.3. Hőmérséklet hatása a vizsgált tüdőbetegségekre.....	36
6.4. Nedvességi karakterisztikák hatása a vizsgált tüdőbetegségekre	41
6.5. Sugárzási elemek hatása a vizsgált tüdőbetegségekre	47
6.6. Szélsebesség és szélirány hatása a vizsgált tüdőbetegségekre.....	50
7. Összefoglalás	51
Köszönetnyilvánítás	54
Irodalomjegyzék	55

1. Bevezetés

Már régóta ismeretes, hogy az időjárás és az emberi szervezet számtalan módon összefügg. Ennek az összefüggésnek a vizsgálata a humánmeteorológia tárgykörébe tartozik. A humánmeteorológia olyan interdiszciplináris ága a tudományoknak, amely a meteorológia, az orvostudomány, a biológia, a fizika-kémia, a pszichológia és az ergonómia eszközeivel az ember és a légkör kölcsönhatását vizsgálja és eredményeit a gyakorlatban alkalmazza (*Bártfai, 1986*). Ennek egy szűkebb ága a meteoropatológia, amely az időjárás és a betegségek közti összefüggések feltárását célozza meg.

Az időjárás elemek szinte mindegyike jelentős biológiai hatást fejt ki az élő szervezetekre. A hatásokat egyenként elemezni azonban rendkívül bonyolult, mivel az egyes tényezők egymástól függetlenül ritkán jelentkeznek, hatásukat általában együttesen fejtik ki. A légkör az emberi szervezethez hasonlóan nagyon összetett, sokelemes rendszer, amelyben a változások sokrétűen, láncreakciószerűen, visszacsatolásokkal történnek (*Bártfai, 1986*). A légköri változások összetett és állandó tényezők, ennek ellenére az emberi szervezetre való hatásuk nem határozható meg könnyen. Az időjárás elemeket lehet statikus módon vizsgálni, azonban ez nem feltétlenül célravezető, mivel nem tükrözi a valóságban zajló dinamikus folyamatokat. Emiatt az időjárásban bekövetkező változásokat leíró, minél több paraméter felhasználásával történő vizsgálatok eredményesebbnek bizonyulnak, mivel így jobban lehet közelíteni a valós helyzeteket.

A meteorológiai változások emberi szervezetre történő hatásmechanizmusainak ismerete segít megérteni és behatárolni bizonyos betegségek (pl.: asztma, koronaér betegségek, reuma, vesegörcs, epilepszia, skizofrénia, zöld hályog, stb.) tüneteit, kiújulási lehetőségeit (*Ambrus, 2009*). Éppen ezért a humánmeteorológiai kutatások fontosak mind az orvostudomány, mind a meteorológia számára. Jelen dolgozatban végzett vizsgálat is a Semmelweis Egyetem Igazságügyi és Biztosítás-orvostani Intézet és az Eötvös Loránd Tudományegyetem Meteorológiai Tanszék közötti együttműködés keretében valósult meg. A közös kutatások immár egy évtizedre folynak. Korábban szív- és érrendszeri okokra visszavezethető hirtelen halálesetekre történt részletes elemzés, amikor az időjárás változásainak hatását vizsgálták az 1995 és 2004 közötti időszakot tekintve (*Kis, 2006, Pongrácz et al., 2010*). A kapott eredmények arra utaltak, hogy az éghajlati környezet megváltozása befolyásolja a szív- és érrendszeri eredetű megbetegedés előfordulását és az általa kiváltott mortalitás alakulását. A meteorológiai tényezők közül a hőmérséklet, a légnyomás, valamint a napsütéses órák száma bizonyítottan befolyásolják a pszichés és

fizikai állapotot, a vérnyomás alakulását, s a fizikai terhelésre vagy a stresszhelyzetekre adott válaszreakciókat (*Pongrácz et al*, 2010).

Ebben a dolgozatban a Budapesten 1997. január 1. és 2014. július 31. között kórházi kezelésben részesült tüdőbetegségben szenvedők napi száma és a meteorológiai paraméterek kapcsolatát vizsgáljuk a felvétel napján; majd az előtte levő egy, illetve két naphoz viszonyítva tekintjük az időjárási elemekben bekövetkezett változások és a betegfelvételek előfordulási számának összefüggéseit.

A szakdolgozat célja annak feltárása, hogy az egyes meteorológiai elemek, azok változása és a pulmonológiai betegségben szenvedő emberek kórházi jelentkezése között milyen és mekkora kapcsolat áll fenn. Ennek megállapítására különféle statisztikai módszereket alkalmaztunk.

Elsőként az időjárás általános élettani hatásait mutatjuk be, majd a 2. fejezetben a tüdőbetegségeket és a velük kapcsolatos eddigi kutatásokat és azok eredményeit ismertetjük. A 3. fejezetben a vizsgálat alapját képező klimatológiai adatbázisról lesz szó, a 4. fejezetben a Semmelweis Egyetemtől kapott betegadatbázist mutatjuk be, az 5. fejezetben a vizsgálati módszereket és azok eredményeit tárgyaljuk. Végül az 6. fejezetben összegezzük az elemzéseinkből levonható fontosabb következtetéseket.

2. A meteorológiai elemek általános hatása az emberi szervezetre

A légkör meghatározó tényező a környezetünkre nézve, ugyanis állandó kapcsolatban van az emberi szervezettel, és alapvető hatással bír a stabil életfunkciók egyensúlyára. A fiziológiai stresszt kiváltó összes fizikai tényező közül a légköri faktor hat leginkább az élő szervezetekre állandó változósága és nagy térbeli kiterjedése miatt (Ambrus, 2009). A légkörben zajló folyamatok, azaz az időjárás és az élőlények közötti kapcsolat nem más, mint adaptáció: az élőlények életben maradásának egyik legfontosabb feltétele az alkalmazkodás, amely a külvilág és a szervezet közötti egyensúlyt hivatott fenntartani (Bártfai, 1986). Az élőlények számára létfontosságú, hogy belső integritásukat megtartsák, mivel az élő szervezetet felépítő makromolekulák csak optimális környezeti feltételek mellett képesek működni (Törő, 2010). Amennyiben a külvilágban (jelen esetben az időjárásban) változás áll be, akkor a szervezet reagál annak érdekében, hogy ezt a változást ellensúlyozza (Bártfai, 1986). Az időjárás és az éghajlat hatása az emberi szervezetre rendkívül összetett. A legfontosabb tényezőket Kalkstein és Valimont (1987) a következők szerint foglalta össze:

- a test hőleadásából eredő körülmények, ilyen például a levegő hőmérséklete, a páratartalom, a sugárzás és a szélsebesség;
- bizonyos időjárási helyzetek hatásai, mint például a ciklonális és az anticiklonális légköri viszonyok, a frontokhoz kapcsolódó időjárás-változás;
- a levegő minősége, azaz, hogy az ember környezetében milyen mértékű a légszennyezettség.

2.1. A vegetatív idegrendszer

Az időjárás-változáshoz való alkalmazkodás a vegetatív idegrendszer segítségével történik. A vegetatív idegrendszer a környéki idegrendszer autonóm része, működése akaratunktól független (Kérdő, 1951). A vegetatív idegrendszert a központi idegrendszer vegetatív központjai irányítják, feladata a beidegzett szervek működésének serkentése vagy gátlása. A két ellentétes hatást a vegetatív idegrendszer két része, a szimpatikus és a paraszimpatikus idegrendszer végzi.

A szimpatikus rendszer felel a szervezet készenléti állapotáért, az elraktározott energia felszabadításáért és esetleges mozgósításáért. Amikor ez a hatás kerül túlsúlyba, a vércukorszint megemelkedik, a vér zsír- és koleszterintartalma csökken, nő a belső

hőmérséklet, gyorsul az alapanyagcsere (*Fülöp, 2008*). A külvilággal kapcsolatban levő szervek aktivitása fokozódik, de közben csökken az idegrendszer ingerküszöbe.

A paraszimpatikus idegrendszer hatására pont ellentétes folyamatok kezdődnek meg: csökken a vércukorszint, a vérben levő zsírtartalom nő, csökken a test hőmérséklete és lassul az alapanyagcsere. A szervezet az energia elraktározásán dolgozik, az emésztéssel kapcsolatos szervek (nyáleválasztás, epe, gyomor- és bélműködés) fokozódik, az izomtevékenység a minimumra csökken, az érzékszervek fogékonysága pedig csökken (*Fülöp, 2008*). A vegetatív idegrendszer működésében az idegi és a hormonális szabályozás is szerepet játszik, ezért neurohormonális idegrendszernek is nevezik a vegetatív idegrendszert.

2.2. Időjárás-érzékenység

Az időjáráshoz és annak változásához való alkalmazkodóképesség erősen függ az életkortól, a nemtől, az alkattól, valamint az egészségi állapottól (*Kalkstein és Valimont, 1987*). A 20 és 50 év közötti népesség közül minden harmadik személy többé-kevésbé érzékeny az időjárás-változásokra (*Roth, 2000*). Ez a fogékonyság a kor előrehaladtával nő, mivel a belső folyamatok lassabban játszódnak le, a szervezet már nem tud annyira jól alkalmazkodni, mint korábban. A csökkent ellenálló képesség miatt érzékenyebbé válhat az ember. Neurohormonális vizsgálatokkal kimutatták, hogy a nők gyakrabban és jobban szenvednek markáns időjárás-változással együtt járó tünetektől, mint a férfiak (*Fülöp, 2008*). Ennek az egyik lehetséges oka, hogy a nők alkatilag is érzékenyebbek, bonyolultabb hormonháztartásuk jelentősen befolyásolja a vegetatív idegrendszer működését, ingerküszöbük is jóval alacsonyabb.

A komfortos, légkondicionált helyiségek, a szabadban eltöltött ritka és kevés idő, a csekély fizikai aktivitás kevésbé veszi igénybe a szervezetet. A szervezetnek azonban alapvető feladata lenne, hogy folyamatosan alkalmazkodjon az időjáráshoz. A természetes környezeti hatásoktól való elszigetelődés következtében csökken a szervezet teljesítőképessége és az immunrendszer védekezőképessége, megnő az érzékenység a környezeti hatásokkal szemben. Ilyen szempontból az időjárás-érzékenység civilizációs betegségnek is tekinthető (*Fülöp, 2008*).

Az időjárás-érzékenység akár figyelmeztetés is lehet, amelyet a beteg vagy már alkalmazkodni képtelen szervezet küld. Ennek következtében az egészségügyi állapot fokmérőjének is tekinthető (*Fülöp, 2008*). Az időjárás-érzékenység gyakran betegségek

előjele, és főleg azokat az embereket érinti, akik valamilyen krónikus betegségben szenvednek, régi sérüléseik vannak, vagy csökkent alkalmazkodóképességük miatt betegesen reagálnak a változásra. Gyakori tünet például a korábbi koponyasérülés miatti erős fejfájás, a gyógyult csonttörések és korábbi sebek helyén fellépő fájdalom. Az érzékenység a vegetatív idegrendszer zavaraiával is magyarázható, hiszen ekkor csökken az ingerküszöb, és a betegség ott támad, ahol a szervezet a legkisebb ellenállást tanúsítja.

2.3. A hőmérséklet hatása az emberi szervezetre

Az emberi test hatékony hőszabályzó rendszere teszi lehetővé, hogy bizonyos hőmérsékleti határokon belül, a különféle ingadozások ellenére aktív legyen szellemi és fizikai téren is (Törő, 2010). Amennyiben a hőmérséklet akár a meleg, akár a hideg irányában az átlagtól lényegesen eltér, a szervezet veszélyeztetettsége nő (Keatinge et al., 1984). Mind a pozitív hőtermelés, mind a hideg okozta környezeti stressz a vérkeringés és a perifériás erek túlzott igénybevételéhez vezethet, ami csak a szív nagyobb teljesítményű működésével biztosítható. Ebből következik, hogy a hőmérsékleti stressz okozta halálozások legnagyobb hányada a kardiovaszkuláris és pulmonális megbetegedésben szenvedőket veszélyeztetik (Törő, 2010). A belső hőmérsékletünk optimálisan 37 °C. Ha az egyensúly felborul, hipotermia (kihűlés) vagy hipertermia (hőguta, túlhevülés) léphet fel.

Tartós meleg

Meleg környezetben az állandó testhőmérséklet fenntartásának érdekében az erek kitágulnak, a szív a végtagok felé pumpálja a vért, hogy a bőrfelület érhálózatán át a külső környezetnek adhassa le a felesleges hőt (Lányi, 1990). Minél több hőtől kell megszabadulnia a testnek, annál nagyobb munkát kell kifejtenie a szervezetnek. Emiatt a hőség jelentősen megterheli a szív- és érrendszeri betegeket és az idősebbeket, különösen, ha a nagyon meleg időjárás magas páratartalommal jár együtt (Törő, 2010). Tartós meleg esetén növekszik az embólia és a szívinfarktus kockázata, erősödik a gyulladási hajlam, alvászavar jelentkezik, növekszik a baleseti kockázat (Fülöp, 2008). A magas páratartalom a test hőszabályzó rendszerére hat azáltal, hogy az izzadás párolgását csökkenti. A nedves, meleg légtömegek migréنت, fejfájást, véralvadás változást, trombózist, embóliát, szívinfarktust okozhatnak. Komoly veszélyt jelent az extrém alacsony páratartalom is, hiszen a magas hőmérsékletre a test fokozott verejtéktermeléssel reagál, ami rendkívül

gyorsan elpárolog a testfelszínről. Ez a folyamat néhány órán belül a test kóros kiszáradásához vezethet (WMO¹, 1992). Erős széllel járó napos időjárás esetén jellemző a fejfájás, görcshajlam, vérnyomáscsökkenés és különféle alvászavarok. A vérnyomás csökkenése következtében fantomfájdalmak lépnek fel.

Tartós hideg

Az emberi szervezet úgy reagál a hidegre, hogy a bőrben és a testfelszín közelében levő erek összehúzódnak. A véráram fenntartása a szűkebb erekben fokozza a szív megterhelését. Az összehúzódnak nem szállítanak elegendő tápanyagot a bőr szöveteinek, és a tartós hidegnek való kitettség miatt az erek megbénulnak, majd elernyednek. Az elernyedés miatt ismét kitágulnak, így a vér a perifériák felé áramlik nagy mennyiségben, leadva környezetének a meleget. A tartós nedves, hideg időjárás a vérnyomás emelkedését, koszorúverőér-elégtelenséget okoz, a szívinfarktus kockázata nő (Törő, 2010). A hideg évszakban az ízületi gyulladás és a reumatológiai kórképek rosszabbodnak, a panaszok fokozódnak, erősödik a görcshajlam.

2.4. A szél hatása az emberi szervezetre

A szél fontos eleme a hőérzet kialakulásának, mivel a széljárás napi változása jelentősen befolyásolja a hőmérsékletjárást (Lányi, 1990). Ezen kívül a bőr és a nyálkahártyák hűtése és kiszáradása révén játszik szerepet. A hőérzeti hőmérséklet a nyugvó levegő azon hőmérséklete, amelynek ugyanolyan hűtő hatása van a fedetlen emberi testre, mint az adott szélesség és hőmérséklet mellett (Törő, 2010). Minél nagyobb a szélesség, annál jelentősebb környezeti hatótényezővé válik, amely különösen hideg körülmények között nagyon erős hőelvonást eredményezhet (Havenith, 2005). Szeles idő okozhat fejfájást, álmatlanságot, a kedélyállapot változását. Hideg, szeles időjárás esetén pedig a szabadban tartózkodók vagy hajléktalanok körében a halálos kimenetelű baleseti eredetű kihűlések száma megemelkedik (Törő, 2010).

Az emberi szervezet számára kellemetlen szelek Közép-Európában a fön, Észak-Amerikában a chinook és a Santa Ana (Fülöp, 2008). Az ún. fönhatás teljesen még nem tisztázott biometeorológiai szempontból, hatása Magyarországon csak az Alpokalján figyelhető meg. Ingerültség, nyugtalanság, alvászavarok, asztmás rohamok, fejfájás és migrén tünetet produkálhatnak az érzékenyebb embereknél (Fülöp, 2008). Gyakoriak a

¹ WMO: World Meteorological Organization, Meteorológiai Világszervezet

szív- és érrendszeri panaszok, trombózis, embólia, valamint a műtéti hegeknél fellépő fájdalmak.

2.5. A légnyomás hatása az emberi szervezetre

A légnyomás csökkenése és az ebből következő oxigénhiányos állapot mérséklődése erősíti a vénás pangás kialakulását, az alvadásos tényezők aktivitása akár 2-8-szorosára növekedhet (Törő, 2010). Alacsonyabb légnyomás mellett jelentősen csökkenhet a vér oxigénszállító képessége. Az artériás vér parciális oxigén nyomásának csökkenése egy egészséges szervezetre nézve általában ártalmatlan. Valamely légúti betegségben szenvedők esetén azonban veszélyes a légnyomás és az oxigénellátás nagymértékű csökkenése, amely akár halálos kimenetelű is lehet. Az állapotot súlyosbítja az alsó végtagokban kialakuló vénás pangás és a nem megfelelő folyadékfogyasztás, ami tromboembóliás szövődményekhez, tüdőembólia kialakulásához vezethet (Törő, 2010). A nyomáscsökkenés miatt levertség, depresszió, alvási zavarok, szédülés, fejfájás, sebheg- és fantomfájdalmak jelentkeznek (Zimmermann, 1999).

Magas légnyomás anticiklonális helyzetben fordul elő. Nyári anticiklon esetén például nincsenek dinamikus változást okozó időjárási folyamatok, ezért nem lépnek fel időjárásfüggő panaszok. A hőség azonban megterheli a szív- és érrendszeri betegeket (Fülöp, 2008). Téli anticiklonális helyzetben éjszaka jelentősen lehül a felszín közeli rétegben a levegő, és gyakran hőmérsékleti inverzió alakulhat ki. Az inverzió felső határa megakadályozza az átkeverődést és a levegőcserét a felette levő levegővel. Így az alsó pár száz méterben feldúsulhatnak a légszennyező anyagok, szmog alakulhat ki főleg a nagyobb városokban (Leighton, 1971).

2.6. A légszennyezettség hatása az emberi szervezetre

A levegő tisztasága az emberi egészség megőrzésében az egyik legfontosabb tényező. Az 1950-es években ismerték fel, hogy a levegőszennyezés szerepet játszik a krónikus légzőszervi és allergiás megbetegedésekben (Pemberton és Goldberg, 1954). A legfontosabb gáznemű szennyező anyagok az ipari tevékenység, a közlekedés és tüzelés által kibocsátott szén-monoxid, kén-dioxid, valamint a nitrogén-oxidokból fotokémiai reakciók során keletkező ózon. A magas ózontartalom növeli az asztmában szenvedők érzékenységét az allergén hatásokra, gyerekeknél hozzájárul magának az asztmának a kifejlődéséhez (Sousa et al, 2013). Az időjárási helyzetek, az áramlások iránya és erőssége

jelentősen meghatározza a légszennyezettség mértékét. A télen kialakuló inverziós helyzet során fokozódik a szennyezettség. A legjobb levegőminőség a hidegfront átvonulás, illetve a ciklon hátoldalán tapasztalható időjárási helyzetben észlelhető (Klein és Hartmann, 1993). Nyári szél- és csapadékmentes napokon, a városi hősziget kialakulását elősegítő helyzetekben a por koncentrációja emelkedik. A kardiovaszkuláris megbetegedések kialakulásának kockázatát a szálló por 10 µm-nél kisebb átmérőjű részecskéi (PM10) fokozzák (Pöschl, 2005).

2.7. Időjárási frontok hatása az emberi szervezetre

Az időjárási front nem más, mint két különböző tulajdonságú légtömeg érintkezési felületén a levegőtömegek légnyomásának, hőmérsékletének és páratartalmának jelentős változása (Czelnai, 1988). Jól ismert, hogy a meteorológiai frontok sok ember egészségi állapotára befolyást gyakorolnak. Elváltozások főleg frontérzékeny embereknél jelentkeznek. Amikor a frontok áthaladnak, az egyes betegségek száma megemelkedik, ennek alapján feltételezhető, hogy összefüggés van a különböző meteorológiai frontok és a kiváltott kóros folyamatok között (Zimmerman, 1999). A frontok által kiváltott hatás elsősorban a vegetatív idegrendszert érinti.

A melegfront hatása a szervezetre

A melegfrontot kísérő páratartalom emelkedés és légnyomás csökkenés hatására a szimpatikus idegrendszer kerül irritált állapotba (Zimmermann, 1999). Fokozódik az anyagcsere, szaporább lesz a szív működés, emelkedik a vércukorszint, halmozódnak a vérzéses kórformák (Csiszár et al., 1976). A betegek álmatlanságról, nyugtalanságról, ingerlékenységről panaszkodnak, és a depressziós tünetek megjelenése is gyakoribb. A szívbillentyű elégtelenségben szenvedők nehézlégzése fokozódik. A vérben emelkedik a fehérvérsejtek száma, a kalciumszint emelkedik, a káliumtartalom csökken, ami súlyosabb esetekben izomgyengeséghez, légszomjhoz, szívelégtelenséghez vezethet (Fülöp, 2008).

A hidegfront hatása a szervezetre

A hidegfrontot kísérő páratartalom csökkenésének a légnyomás növekedésének hatására a paraszimpatikus idegrendszer izgalma fokozódik (Zimmermann, 1999). Ilyenkor erősödnek a reumás és migrén jellegű fájdalmak, csökken a vércukorérték, emiatt a

betegek álmoságra panaszkodnak. Az alvás mélyebb, a reflexidő meghosszabbodik, emiatt növekszik a baleseti kockázat. Mindezek mellett növekszik a görcskészség, fokozódik a trombóziskészség, halmozódnak az asztmás rohamok (*Fülöp, 2010*).

3. A tüdőbetegségek és kapcsolatuk a meteorológiai viszonyokkal

A szakirodalomban számos publikációt találni, amely a különböző pulmonológiai betegségek és a meteorológiai változók, időjárási helyzetek közötti kapcsolatot vizsgálta. A számítógépek kapacitásának gyorsütemű fejlődése lehetőséget adott az összetett és számításigényes statisztikai módszerek alkalmazására. Az orvosi tanulmányokban is egyre gyakrabban alkalmazták azon módszereket, melyek képesek a valóságot jobban közelítő összefüggések feltárására (*Bártfai*, 1986). A korábbi vizsgálati eredmények ismertetése előtt röviden bemutatjuk a négy vizsgálandó tüdőbetegséget. A betegségeket eddig nagyrészt külön-külön vizsgálták, így sorrendben haladva először a krónikus obstruktív tüdőbetegséggel, majd az asztmával, a tüdőembóliával, s végül a légmellel foglalkozunk.

3.1. Krónikus obstruktív tüdőbetegség (COPD)

A krónikus obstruktív tüdőbetegség (Chronic Obstructive Pulmonary Disease; COPD) az alsó légutak tartós beszűkülésével járó betegség. A COPD valójában két, a légzőrendszert gyengítő betegség egyidőben való jelentkezéseként áll elő (TSZK² és ISZK³, 2008). Az egyik az idült hörghurut (bronchitisz), ami a tüdő hörgőinek gyulladt, beszűkült állapota; a másik a tüdőtágulás (emfizéma), ami a tüdőszövet és a léghólyagocskák tágulásával jár. A légutat érő káros behatások (pl. dohányzás) miatt a hörgők nyálkahártyája gyulladásba jön, megduzzad, izmai összehúzódnak, mirigyei pedig fokozott váladéktermeléssel reagálnak. A COPD alsó légúti szűkületet képez, amely elsősorban a kilégzést nehezíti meg. A nehezebb kilégzés miatt a levegő bennreked a tüdőben, ami egy idő után tüdőtágulást hoz létre (*Magyar*, 2005).

A COPD a felnőtt lakosság 4-7%-át érinti a fejlett országokban, és sajnos a betegek száma folyamatosan emelkedik. A halálokok rangsorában jelenleg világszerte a 4-6. helyen áll, 2020-ra várhatóan a 3. leggyakoribb halálókká válik a világon (TSZK és ISZK, 2008). Magyarországon pontos adatok nincsenek, de a becsült betegszám 400-500 ezer lehet. 2005 végén a tüdőgondozók nyilvántartásában szereplő COPD-s esetek száma közel 76 000 volt, azonban a hazai nyilvántartás főként csak a súlyos, rendszeresen kórházi kezelést igénylő eseteket tartalmazza (*Magyar*, 2005).

A COPD kialakulásában számos külső és szervezeti tényező játszik szerepet. Belső tényezők közül a gének, az A vércsoport és a kis születési súly említhető meg.

² TSZK: Tüdőgyógyászati Szakmai Kollégium

³ ISZK: Infektológiai Szakmai Kollégium

Legfontosabb külső tényező az aktív dohányzás: az esetek 85-90%-ában a dohányzás játszik fő szerepet. A különböző levegőszennyező anyagok – kén-dioxid, nitrogén-dioxid, ózon, klórgáz, halogén tartalmú szerves gázok – belégzése is okozhat COPD-t. Szilárd szennyező anyagok közül a dohányfüst hamuja, valamint a bányászatban és a nehéziparban keletkező különböző porok játszanak szerepet a kialakulásban. A tüdőfunkciót csökkenthetik a fafeldolgozásnál keletkező növényi törmelékek, a malomiparban a gabonából, a textiliparban a természetes és a szintetikus szálakból képződő porok (Tamási és Magyar, 2010).

A COPD tünetei a fizikai terhelésnél jelentkező légzési nehézség, a gyakori köhögés, a reggeli köpetürítés és esetenként a sípoló légzés. A betegség többnyire visszafordíthatatlan, hörgőszűkülettel és a tüdőszövet károsodásával, tüdőtágulással jár. A betegség rosszabbodása és a meteorológiai változók kapcsolatának feltárására több vizsgálatot is kezdeményeztek különböző országokban. A következőkben néhány vizsgálati eredményt mutatunk be.

Donaldson et al. (1999) egy éven keresztül (1995-1996) figyelték a különböző spirométer értékeket (FVC⁴, FEV1⁵ és PEF⁶ hörgőtágító gyógyszerek után) 76, közepes és súlyos COPD-s betegnél London keleti részén. A FEV1 és az FVC értékek hányadosa jellemzi a tüdő működését, egészségi állapotát. Meteorológiai változók közül a benti- és a kinti hőmérsékletet, a relatív nedvességet és a szélsébséget vették figyelembe. A tüdőfunkciót mérő paraméterek romlása a benti- és kinti hőmérséklet csökkenésével pozitív korrelációt mutatott, míg a relatív nedvesség és a szélsébség esetén nem volt ilyen kapcsolat. Ezen kívül az FVC és a relatív nedvesség között negatív korrelációt figyeltek meg, a PEF és a szélsébség között pedig pozitív korrelációt.

Chen et al. (2004) 3,5 év időszakát, azaz 1995 júniusától 1999 márciusáig vizsgálták a COPD-vel kórházi felvételre került 65 év feletti betegeket Vancouverben. Elemzéseik során a kórházi ápolás időszakában a PM10, a PM2,5⁷ koncentrációját, a hőmérsékletet és a relatív nedvességet vették figyelembe. A kórházi felvétel időpontját, valamint a kétnapos időbeli eltolást vizsgálták a távozás és a felvétel közötti időszakban. A hőmérséklet és a relatív nedvesség esetén nem találtak statisztikai kapcsolatot.

⁴ FVC: vitálkapacitás mértéke: az a gáztérfogat, amit maximális belégzési helyzetből olyan erővel és mélységgel fújunk ki, amilyennel az csak lehetséges

⁵ FEV1: erőltetett kilégzési másodperc-térfogat: a maximális belégzés szintjéről indított erőltetett kilégzési manőver első másodpercére eső térfogat

⁶ PEF: kilégzési csúcsáramlás: az erőltetett kilégzés során az első 10 ms-ban fennálló maximális áramlás

⁷ PM2,5: 2,5 µm-nél kisebb aeroszol részecske

Összefüggést fedeztek fel viszont a légszennyezők koncentrációja és a kórházi esetszámok között. Érdekes módon a nitrogén-dioxid koncentrációs értéke a feltárt kapcsolatot bontotta, ezzel együtt vizsgálva az összefüggés már nem bizonyult statisztikailag szignifikánsnak.

Ko et al. (2007) a különböző légszennyező anyagok időbeli viszonyát vizsgálták 2000 és 2004 között Hong Kongban regisztrált COPD-s kórházi betegfelvételekkor. A légszennyező anyagok közül a NO₂ (nitrogén-dioxid), a SO₂ (kén-dioxid), az O₃ (ózon), a PM10 és a PM2,5 koncentrációját figyelték. Szignifikáns kapcsolatot találtak mind az öt légszennyező anyag és a betegfelvételek között. Eredményeik alapján a SO₂-, a NO₂- és az O₃-koncentráció hatása a hideg időszakban (decembertől márciusig) nagyobb volt, mint a meleg időszakban.

Ferrari et al. (2012) azt nézték meg, hogy a légnyomás, a páratartalom, a napsugárzás, a hőmérséklet és a szélesség mennyire befolyásolja a COPD-ben szenvedők kórházi felvételének számát Németországban. A vizsgált időszak 2006 és 2007 között volt. Elemzéseik alapján a betegfelvétel 1%-os növekedése (103 beteg) 0,72 °C hőmérsékletváltozással és 2 hPa-os felszíni légnyomásváltozással járt együtt. Ugyancsak kimutatták, hogy a betegfelvételben bekövetkező 1%-os csökkenés viszont a globálsugárzás változásával volt összefüggésben. A szélesség és a páratartalom változása csak Németország északi részén mutatott szignifikáns kapcsolatot a napi esetszámmal.

3.2. Asztma (asthma bronchiale)

Az asztma (orvosi nevén asthma bronchiale) a tüdőbe vezető főbb légutak – elsősorban a hörgők – krónikus (véglegesen nem gyógyítható) gyulladással megbetegedése (TSZK, 2010). A betegségnek eltérő típusai és súlyossági fokai léteznek, melyek jól kezelhetők. Az irodalomban általánosan elfogadott definíció a következő (WHO, GINA⁸, 2006): „Az asztma a légutak krónikus gyulladással megbetegedése, amelynek kialakulásában számos gyulladással megbetegedő sejt és sejttermék szerepet játszik. A gyulladással és következményes légúti hiperreaktivitással eredményeként visszatérően lépnek fel sípoló légzéssel, nehézlégzéssel, mellkasi feszüléssel, köhögéssel járó epizódok főként éjszaka, vagy kora reggel. A tünetek kiterjedt, változó mértékű légúti obstrukcióval kapcsolatosak, ami spontán vagy gyógyszeres kezelés hatására legtöbbször reverzibilis”.

⁸ GINA: Global Initiative for Asthma, az asztma kezelésével foglalkozó nemzetközi irányelv

Magyarországon a regisztrált asztmás betegek száma 2003-ban meghaladta a 170 000 főt, 2008-ban pedig kb. 230 000 beteget regisztráltak (*Tamási és Magyar, 2010*). 2011-ben a tüdőbeteg-gondozó intézetek által nyilvántartott asztmások száma 262 000 fő volt (*Csoma et al., 2012*) Az asztmás betegek aránya 1980 óta több mint tízszeresére emelkedett a fővárosban. Az asztma becsült előfordulási gyakorisága világszerte mintegy 300 millió ember, és a WHO⁹ előrejelzése szerint 2025-re további 100 millió asztmás emberrel kell számolni. Az asztma főként két korcsoportot érint: a fiatal gyermekeket és a 40 év feletti felnőtteket.

A betegség fő oka pontosan nem tisztázott, de gyakran társul szénanáthával, köthártya-gyulladással, gyógyszerérzékenységgel, valamint allergiás kórjelenségekkel. Az életminőséget jelentősen rontó rohamokat leggyakrabban kiváltó tényezők: légúti bakteriális és vírusos fertőzések, légúti allergének (pollenek, poratka, gomba-spórák, állatszőr), hideg levegő, fizikai terhelés, irritánsok (dohányfüst, parfüm), pszichés stressz, a légszennyezés (SO₂, ózon, nitrogén-vegyületek) és nem szteroid gyulladáscsökkentők (*Magyar et al., 2002*). A genetikai tényezők is sokat számítanak: *Magyar és Vastag (2005)* vizsgálatai alapján ahol az egyik vagy mindkét szülő asztmás, ott a gyermekek 15,8%-a, illetve 28,6%-a asztmás, míg a nem asztmás szülők gyermekei között csak 8%-os az előfordulás.

Az asztma idült betegség, a panaszok kialakulása rendszeres gondozással, preventív gyógyszeres terápiával legtöbbször megelőzhető, a tünetek kezelhetők, de a betegség nem gyógyítható. A külső tényezők nagy szerepet játszanak az asztma kialakulásában, ezen kívül súlyosbíthatják az asztmás rohamokat. A hatások erősségének meghatározásához jó néhány vizsgálatot végeztek, melyek közül párat itt is ismertetünk.

Rossy et al. (1993) a súlyos asztmás rohamok kialakulását vizsgálták az időjárás, a pollen és a légszennyező anyagok függvényében Finnországban. Egy évig tartó vizsgálati időszakban, a betegek kórházba szállítási napján a meteorológiai változók értékét (hőmérséklet, páratartalom, légnyomás, csapadék), a légszennyező anyagok koncentráció szintjét (NO₂, SO₂, H₂S), és a pollenkoncentrációt (nyír, éger, fenyő, fűz) mérték. Elemzéseik alapján több asztmás eset fordult elő télen, mint nyáron. A pollenkoncentrációval nem találtak statisztikai kapcsolatot. A meteorológiai változók közül csak a hőmérséklettel állapítottak meg gyenge negatív korrelációt. A legerősebb

⁹ WHO: World Health Organization, Egészségügyi Világszervezet

szignifikáns összefüggést az asztmás esetek száma és a NO₂-koncentrációsint között mutattak ki.

Marks et al. (2001) azt vizsgálták, hogy a zivatarok mennyire befolyásolják az asztmás rohamok súlyosságát Ausztráliában. A vizgálathoz az asztmás roham napján (n=49) és egy véletlenszerűen kiválasztott kontrollnapon (n=191) figyelték az időjárás változását. A viharok és az egyidejűleg érkező hideg- és melegfrontok esetén léptek fel gyakrabban asztmás rohamok. Az összes asztmarohamos nap 33%-án volt frontátvonulás, míg a kontrollnapoknak csak a 3%-án. Ezen kívül a pollenadatokat is egybevetették a rohamok súlyosbodásával. Azt találták, hogy a viharok kifutó szele 4-12-szeresére is megnövelte a pollenkoncentrációt a felszín közelében egy keskeny sávban, ami az asztmás rohamok súlyosbodásához vezetett.

Desqueroux et al. (2002) 1995 és 1996 között figyelték meg 60, súlyos asztmában szenvedő középkorú beteget Párizs környékén. Orvosi felügyelet mellett figyelték a betegek állapotát és minden asztmás rohamot feljegyeztek. A légköri változók közül a NO₂-, a SO₂-, a PM10- és az O₃-koncentráció, a hőmérséklet, a relatív nedvesség és a pollenek hatását vizsgálták. A PM10 és az ózon esetén találtak kapcsolatot az asztmás rohamok gyakoriságával. A PM10 koncentrációjának növekedésével az asztmás rohamok száma is emelkedett, amelyek az emelkedés után három nap késéssel léptek fel. Az elemzések alapján télen ez a hatás statisztikailag szignifikáns, nyáron viszont nem. Az ózon esetén 10 µg/m³ mértékű koncentrációnövekedés jelentősen összefüggött a két nappal későbbi asztmás rohamok számának növekedésével.

Ivey et al. (2003) az 1997 és 1999 között asztmás panaszok miatt a sürgősségi ellátásban részesülő kiskorú és felnőtt (65 év alatt) betegek számát vizsgálta (n=45 842) Trinidadban. Az összefüggés kereséséhez felhasznált meteorológiai változók: átlagos szélesség, relatív nedvesség, átlagos légnyomás, maximum- és minimumhőmérséklet, valamint a maximum- és minimumhőmérséklet közti különbség háromnapos mozgóátlaga. Az elemzések közel hasonló befolyásolási tényezőket tártak fel gyerekek és felnőttek esetén. Mindkét csoportra jellegzetes évszakonkénti különbségeket azonosítottak. A kapott korrelációs együtthatók viszonylag kicsik, de statisztikailag szignifikánsak. Összességében az esetszámokkal pozitív korrelációt mutatott a relatív nedvesség és a hőmérséklet-különbség, míg negatív korrelációt a légnyomással, a minimumhőmérséklettel és a szélsebességgel tapasztaltak. Gyerekek esetén a légnyomással, felnőtteknél a relatív nedvességgel állapítottak meg bővebb összefüggést. Mindkét korosztály esetén további

meghatározó kapcsolatot találtak a hőmérséklet-különbség és a minimumhőmérséklet esetén.

3.3. Tüdőembólia (pulmonalis embolia)

Embólia akkor jön létre, amikor valamelyik ér üregében idegen test jelenik meg, és az elzárja az áramló vér útját. Tüdőembóliát többnyire az alsó végtag vagy a kismedence mélyvénáinak trombotikus folyamataiból elszabaduló vérrögök okoznak, ahogy a tüdőbe jutva érelzáródás alakul ki (KSZK¹⁰, 2008). Vérrögön kívül számos más anyag, például zsír, magzatvíz, tumor, légbuborék vagy bármilyen idegen test okozhat érelzáródást.

A kórházi felvételre került összes beteg közül kb. 1%-ban fordul elő tüdőembólia, azonban a váratlanul elhunyt esetek közel 5%-ában bizonyítható a tüdőembólia a halál okaként (*Goldhaber et al.*, 1999). A tüdőembólia 100 000 lakosra nézve átlagosan 50-100 esetben fordul elő. Az Amerikai Egyesült Államokban évente összesen mintegy 300 000 haláleset következik be, a betegséget csak az esetek harmadában sikerül diagnosztizálni még a beteg életében (*Heit et al.*, 2002).

A tüdőembólia tünetei hirtelen lépnek fel. A tünetek függnak attól, hogy a tüdőartériák milyen mértékben záródnak el, és hogy milyen a beteg általános egészségi állapota. Azok, akik például COPD-ben szenvednek, sokkal súlyosabb tüneteket produkálnak. A kis embólusok nem mindig járnak tünettel, de néhány esetben hirtelen légszomj léphet fel.: a légzés szaporává válik, a beteg szorong, nyugtalan, pánikroham törhet rá (*Magyar*, 2000). A nagyobb érelzáródások éles mellkasi fájdalmat okoznak, elsősorban belégzéskor. Néha a tüdőembólia első jelei a szédülés érzése, ájulás vagy görcsök. A tünetek oka, hogy hirtelen a szív nem képes elég oxigén dús vért szállítani az agyhoz és a többi szervhez, s akár szívritmuszavar is felléphet. Kezelés nélkül a tüdőembólián átesett betegek felénél várható újabb embólia (KSZK, 2008). A véralvadásgátló kezeléssel az ismétlődés esélye csökkenthető. Tüdőembóliás betegeknél is vizsgálták a környezeti hatások befolyásait, néhány eredményt a következőkben ismertetünk.

Becker et al. (1978) retrospektívan vizsgálták az időjárási tényezőket a betegfelvétel függvényében 1917 és 1966 közötti időszakra. Ez alatt az 50 év alatt összesen 915 tüdőembóliás beteget diagnosztizáltak a Jénai Orvostudományi Egyetem Sebészeti

¹⁰ KSZK: Kardiológiai Szakmai Kollégium

Klinikáján. Az elemzések során nem találtak összefüggést a tüdőembólia előfordulása és a hőmérséklet (a napi maximum- és minimumhőmérséklet, illetve a köztük levő hőmérséklet-különbség), vagy a légköri nyomás között. A tüdőembólia előfordulása ugyanakkor szignifikánsan magasabb volt azokon a napokon, amikor nagy esőzések (több mint 10 mm csapadék) és magas vízgőznyomás (9-10 hPa) értékek fordultak elő. A tromboembóliás szövődmények enyhébbek voltak 8-9 hPa körüli páratartalom, 70%-os relatív nedvesség és kis csapadékmennyiség mellett.

Nagy-Britanniában *Clauss et al.* (2005) a tüdőembólia gyakoriságát vetették egybe az időjárási tényezőkkel 1998 februárja és 2002 októbere között. Összesen 2071, tüdőszcintigráfiával¹¹ bizonyított esettel egyidejű időjárási viszonyok elemzése során az esőzéssel, a gőznyomással és a légszennyeződés fokával jelentős, szignifikáns, pozitív korrelációt találtak. Ezek közül a legjelentősebb kapcsolatot a vízgőznyomással fedezték fel. Vizsgálataik alapján nem volt összefüggés a tüdőembolizáció gyakorisága és a légnyomás, a páratartalom, valamint a hőmérséklet között. Eredményeiket azzal magyarázták, hogy a légszennyeződés mikrorészecskéi, továbbá az eső- és páracseppek belégzése kondenzációs felületként viselkedve trombózishoz, majd embolizációhoz vezethetnek.

Törökországban *Oztuna et al.* (2008) a tüdőembólia szezonális változását vizsgálták meteorológiai változók függvényében. A légköri nyomás, a hőmérséklet és a páratartalom alakulása mellett nézték a betegek számának változását. A vizsgált 2001. június és 2006. május közötti időszakban összesen 206 beteget diagnosztizáltak tüdőembóliával. Az öt év alatt a legtöbb eset (29) májusban fordult elő. A négy évszak közül tavasszal (72) és ősszel (51) fordult elő a legtöbb eset, az évszakok közötti különbség statisztikailag szignifikáns. Statisztikailag szignifikáns korrelációt tártak fel az esetek bekövetkezése és a légnyomás, valamint a páratartalom között.

Staskiewicz et al. (2010) vizsgálatának célja az volt, hogy elemezzék a meteorológiai tényezők befolyását férfi- és nőbetegeknél. A 400 beteg orvosi adatai a lengyelországi Lublini Orvostudományi Egyetem klinikájáról származott, a betegeket 2007-2008 időszakban kezelték tüdőembóliával. A vizsgálat során nem találtak jelentős különbséget a tüdőembóliás epizódok évszakai eloszlásában. Szignifikáns negatív korrelációt tapasztaltak férfi betegeknél a tüdőembóliás esetek és a légköri nyomás, valamint a levegő páratartalma között.

¹¹ Tüdőszcintigráfia: tüdő vérkeringésének vizsgálata radioaktív izotóppal jelölt gyógyszeranyag segítségével

3.4. Légmell (pneumothorax – PTX)

Normál körülmények között a mellüregben a nyomás alacsonyabb, mint a tüdőben. Ha a mellhártya lemezei közé, azaz a mellhártyaüregbe levegő kerül, a két mellhártya közötti, tüdőt tartó vákuum megszűnik. A tüdő részlegesen vagy teljesen összeesik, súlyos légszomj lép fel, légmell (pneumothorax) alakul ki. Főleg a férfiakat érinti a betegség: mintegy háromszor-ötször nagyobb az arányuk a nőkhöz viszonyítva. Dohányos betegeknel egyértelműen gyakoribb, a betegek több mint 90%-a dohányzik (SSZK¹², 2008).

A légmellet kialakulás szempontjából több csoportba oszthatjuk, ezek közül a legfontosabbak:

- Primer (spontán) légmell: kialakulásának oka ismeretlen. Leggyakoribb a 20–40 év közötti férfiaknál, ezen kívül gyakran a magas, vékony testalkatú személyeket érinti. Kora tavasszal és késő ősszel gyakoribb a kialakulása (SSZK, 2008). A primer légmell gyakorisága 15-20 beteg/100 000 lakos/év.
- Szekunder légmell: a tüdő egyéb megbetegedésének következménye, mint például COPD, bakteriális, vírusos, gombás fertőzések (Smit *et al.*, 1999, Huang *et al.*, 2007). Az állapot ilyenkor gyakran súlyos, akár életveszélyes is lehet, mert a tüdő működése az alapbetegség miatt már eleve károsodott.
- Traumás légmell: iatrogén (orvosi kezelésből származó) vagy baleseti eredetű lehet.
- Feszülő légmell: a mellürben egyirányú szelep alakul ki. A mellkasi kép gyorsan változik és a légzés hirtelen válhat elégtelenné. Gyakrabban alakul ki sérülést szenvedett betegeknel, vagy gépi lélegeztetés illetve újraélesztés során.

A tünetek nagyrészt függnnek attól, hogy mennyi levegő került a mellürbe, a tüdő mennyire esett össze, és milyen volt a beteg tüdőfunkciója még a légmell keletkezése előtt. A panaszok és tünetek a légmell nagyságától, a beteg korától, a korábbi tüdőbetegségtől függően enyhébbek vagy súlyosabbak lehetnek (Mihóczy, 2003). Az enyhe légzészavartól és enyhe mellkasi fájdalomtól kezdve a súlyos légzészavarig, sokkig és életveszélyes szívmegállásig minden előfordulhat. A leggyakoribb, hogy hirtelen éles mellkasi fájdalom, légszomj és időnként erőteljes száraz köhögés lép fel. A légmell megszüntetése függ a betegség súlyosságától, például kis kiterjedésű légmell esetén elegendő a pihentetés. Súlyosabb eseteknel mellkasi szívódrain behelyezésével vagy műtéti úton lehetséges

¹² SSZK: Sebészeti Szakmai Kollégium

megszüntetni a légmellet, de a betegség hajlamos a kiújulásra. Az időjárásban bekövetkező változások főleg a spontán eredetű légmell kialakulásában játszanak szerepet. A fontosabb vizsgálati eredményeket ismertetjük a következőkben.

Smit et al. (1999) vizsgálata Amszterdamban 1991 és 1993 közötti 115 spontán pneumothorax kialakulását tekintette. Elemzések során szoros kapcsolatot mutattak ki a spontán légmell gyakorisága és a viharok előfordulása között. Viharokat követően egy, illetve két nappal a légmell előfordulási gyakorisága szignifikánsan magasabb, aminek oka feltehetően az, hogy viharok idején gyorsan változnak a légkörben a nyomásviszonyok. A légköri nyomás hirtelen csökkenése okozta transzpulmonális nyomásemelkedés a léghólyagocskák tágulásához vezet, ami bizonyos egyéneknél a léghólyagok könnyebb repedésével, és a sérülésen keresztül a levegőnek a tüdőből a mellhártya két lemeze közé kerülésével járhat.

Bulajich et al. (2005) 659 légmelles és légmellel járó COPD-s beteget vizsgáltak egy ötéves periódusban. A meteorológiai tényezők közül a légnyomást, a külső hőmérséklet változását, valamint az időjárási helyzetet vették figyelembe. A légmelles esetnapokat a három nappal előtti időjárási helyzettel vetették egybe, majd azokkal a napokkal, amikor nem volt légmelles eset. Az elemzés során megállapították, hogy a spontán légmell kialakulása nem függ jelentősen az évszaktól. Nem volt szignifikáns különbség a légmelles napok és a nem légmelles napok között a hőmérséklet és a légnyomás változásában. A spontán légmell kialakulása pozitív korrelációt mutatott anticiklonális helyzetkor fellépő meleg és száraz időjárással, valamint hidegfront elvonulásával.

Alifano et al. (2007) légnyomás és a napi átlaghőmérséklet esetleges hatását vizsgálta a spontán légmell előfordulási gyakoriságára. A négy éves tartó időtartam alatt Bolognában a betegek száma 294 volt. Az elemzés kimutatta, hogy a légmell gyakorisága szignifikánsan magasabb volt nagyobb, mint kisebb napi légnyomás-ingadozás esetén. A spontán légmell szignifikánsan gyakrabban fordult elő viharral járó időjárási viszonyok közepette, mint vihar nélküli napokon.

Obuchi et al. (2011) 2000 és 2009 között 317 spontán légmelles esetet vizsgáltak Japánban. A légmelles napokat és az eset nélküli napokat összehasonlították a légnyomással, a csapadék mennyiségével, a hőmérséklettel, a páratartalommal, a napsütéses órák számával, valamint a tájfun és a villámlás előfordulásával. A napsütéses órák számával az esetszám csökkenése, a két nappal korábbi hőmérséklettel az esetszám növekedése korrelált. A villámlást követő nappal szignifikánsan korrelált a légmelles

esetek bekövetkezése. A szokatlan időjárási jelenségnek tekinthető tájfunok azonban nem befolyásolták a légmelles esetek számát.

4. A vizsgálathoz felhasznált meteorológiai adatok

Az elemzéseink során két klimatológiai adatbázist használtunk fel: az E-OBS¹³ és a CarpatClim adatbázist. Az E-OBS idősorai lefedik a teljes, 1997-2014 között vizsgált időszakot, de csak kevesebb időjárási elemre vonatkoznak. Ezzel szemben a CarpatClim csak 2010-ig tartalmazza az adatsorokat, azonban jóval több változóval rendelkezik. A különböző időjárási hatások minél szélesebb körű elemzéséhez mind a két adatbázis együttes használatát szükségesnek találtuk.

4.1. Az E-OBS adatbázis

Minden éghajlati vizsgálat előfeltétele a minél pontosabb mérési adatokból előállított referencia adatbázis. Éppen ezért a regionális klímamodellezéssel kapcsolatos ENSEMBLES projekt (*van der Linden és Mitchell, 2009*) keretein belül létrehozták az ún. E-OBS adatbázist (*Haylock et al., 2008*), amely Európa szárazföldi területeire kiterjedő nagy felbontású, rácsponti adatbázis. A szükséges állomási adatsort az ECA&D¹⁴ (<http://eca.knmi.nl>) projekt részeként gyűjtötték össze a KNMI¹⁵ vezetésével. Az adatbázis 1950-től 2014-ig tartalmazza a napi minimum-, maximum- és átlaghőmérsékletet, csapadékmennyiséget és tengerszinti légnyomást. Az adatbázis előállítása három fő lépésben történt (*Haylock et al., 2008*): először a havi csapadékösszegeket és a havi hőmérsékleti középértékeket interpolálták, utána a napi anomáliákat optimális interpolációval határozták meg, végül egyesítették az így kapott becsléseket. A lefedett terület nagysága az é.sz. 25°-75°, ny.h. 40°-k.h. 75° által határolt szárazföldi térség. Az E-OBS kétféle rácstípust, és ezen belül két felbontást tartalmaz:

- 0,22°-os és 0,44°-os felbontású elforgatott rácshálózatot
- 0,25°-os és 0,5°-os horizontális felbontású szabályos rácshálózat

A felhasznált hőmérsékleti- és légnyomási mérőhálózat közel 3500 állomást tartalmaz, melynek száma folyamatosan bővül. Ezek közül azonban – 2010 októberéig bezárólag – csak 416 állomásról érhetők el nyomási adatok, és mindössze 147 állomás rendelkezik legalább 50 éves adatsorral (*van den Besselaar et al., 2011*). A tengerszinti légnyomás térben homogénebb a többi időjárási változóhoz képest, ezért a rácspontra való interpoláláshoz sincs szükség annyi állomás adatsorára, mint más esetekben.

¹³ ENSEMBLES Observations gridded dataset, ENSEMBLES rácsponti adatbázis

¹⁴ ECA&D: European Climate Assessment and Dataset, Európai éghajlati értékelés és adatbázis

¹⁵ KNMI: Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, Holland Királyi Meteorológiai Intézet

Magyarországról csak a budapesti állomásról származik nyomási adatsor 1971.01.01-től 2009.12.31-ig. A környező országok közül Szlovákiában 8, Romániában 1, Ukrajnában 4, Szerbiában 28, Horvátországban 14, Szlovéniában 37 állomásról állnak rendelkezésre nyomási adatsorok. Ezek közül sem mindegyik tartalmaz 2014-ig tartó adatsort. A hőmérsékleti és csapadékösszeg adatok ennél sokkal több állomásról származnak, jelenleg több mint 3500 állomást tartalmaz az adatbázis. A legsűrűbb közreadott hálózattal Nagy-Britannia, Hollandia és Svájc rendelkezik; míg Spanyolországban, Afrika északi részén, a Balkán-térségben és Skandinávia északi részén a legritkább a felhasználható állomások hálózata. Magyarországról a napi hőmérsékleti adatokat (minimum-, maximum- és középhőmérséklet) 17 állomásról, míg a csapadékösszegeket 16 állomásról szolgáltatnak. 2014-ig azonban csak 12 állomásról vannak hőmérsékleti adatok és 11 állomásról csapadékadatok. Az E-OBS rácshálózatát tekintve Budapest területe két rácscellát fed le – melyek az é.sz. 47,625° k.h. 19,125° és az é.sz. 47,375° k.h. 19,125° középpontokkal adhatók meg –, így a két rácsponti érték átlagával számolunk a vizsgálat során. A felhasznált meteorológiai változókat az *1. táblázat* foglalja össze.

1. táblázat: Az E-OBS adatbázisból felhasznált meteorológiai változók

Változó jele	Változó leírása	Mértékegység
pp	tengerszinti légnyomás	hPa
tn	napi minimumhőmérséklet	°C
tg	napi átlaghőmérséklet	°C
tx	napi maximumhőmérséklet	°C
rr	napi csapadékmennyiség	mm

4.2. A CarpatClim adatbázis

A változatos domborzati sajátosságokkal, természeti adottságokkal rendelkező Kárpát-régió éghajlati viszonyainak egységes leírása egy nagy területet lefedő, finom felbontású klimatológiai adatbázis létrehozását igényelte. Ennek érdekében a JRC¹⁶ 2010-ben pályázatot írt ki, melyet egy kilenctagú konzorcium nyert el.

A résztvevő szervezetek:

- Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ), Magyarország, konzorciumvezető
- Szlovák Hidrometeorológiai Szolgálat (SHMU), Szlovákia

¹⁶ JRC: Joint Research Center Institute for Environment and Sustainability, Közös Kutatóközpont Környezet és Fenntarthatóság Intézete

- Szerb Köztársasági Hidrometeorológiai Szolgálat (RHMS), Szerbia
- Cseh Hidrometeorológiai Intézet (CHMI), Csehország
- Meteorológiai és Vízgazdálkodási Intézet (IMGW), Lengyelország
- Ukrán Hidrometeorológiai Intézet (UHMI), Ukrajna
- Környezetvédelmi Minisztérium, Nemzeti Környezetvédelmi Kutató és Fejlesztő Intézet (DDNIRD), Románia
- Központi Meteorológiai és Geodinamikai Intézet (ZAMG), Ausztria
- Szent István Egyetem (SZIE), Magyarország

A CarpatClim projekt (<http://www.carpatclim-eu.org/pages/home/>) célja a Kárpát-régió éghajlatának részletes tér- és időbeli vizsgálata harmonizált adatok és egységes módszertan alapján. Ennek megvalósítására hozták létre a térséget lefedő ellenőrzött minőségű, homogenizált, interpolált, napi skálájú meteorológiai paraméterek rácsponti adatbázisát. A projekt három fő célkitűzése részletesebben (Szalai *et al.*, 2013):

- A Kárpát-régióra vonatkozó adatok homogenizált és térben ábrázoló idősorainak hozzáférhetőségének és elérhetőségének javítása. Ehhez szükséges az adatok folyamatos szolgáltatása, ellenőrzése és homogenizálása.
- A Kárpát-régió országaira vonatkozó klímaadatok harmonizációja, mely során az országonkénti adathomogenizáció mellett az országhatárok menti területeken külön elvégezték a harmonizálást.
- Klímaatlasz és weboldal készítése, az adat-hozzáférés biztosítása az éghajlat jelenlegi állapotának tanulmányozása, valamint alkalmazott klimatológiai vizsgálatok céljából.

A projekt megvalósítása az OMSZ Éghajlati Osztályán kifejlesztett adathomogenizálási – MASH¹⁷ (Szentimrey, 2011) – és interpolációs – MISH¹⁸ (Szentimrey és Bihari, 2007) – eljárásokon alapul.

Az adatbázis fontosabb jellemzői:

- Lefedett időintervallum: 1961-2010
- Térbeli kiterjedés: é.sz. 44° és 50°, k.h. 17° és 27°
- Időbeli felbontás: 1 nap
- Térbeli felbontás: 0,1° × 0,1°-os horizontális felbontás

¹⁷ MASH: Multiple Analysis of Series for Homogenization, Adatsorok homogenizálásának összetett analízise

¹⁸ MISH: Meteorological Interpolation based on Surface Homogenized Data Basis, Meteorológiai interpolációs rendszer

A CarpatClim adatbázisban Budapest területe 12 rácscellát fed le, így a meteorológiai változók elemzéseinkkor felhasznált értékei a 12 rácscella átlagából határoztuk meg. A CarpatClim adatbázis több mint 20 különböző meteorológiai paramétert tartalmaz, de ebből néhány származtatott mennyiség. Jelen dolgozatban 13 elemet használunk fel, amelyeket a 2. táblázatban tüntetünk fel.

2. táblázat: A CarpatClim adatbázisból felhasznált meteorológiai változók

Változó jele	Változó leírása	Mértékegység
pair	felszíni légnyomás	hPa
tmin	napi minimumhőmérséklet	°C
tavg	napi átlaghőmérséklet	°C
tmax	napi maximumhőmérséklet	°C
pr	napi csapadékösszeg	mm
pvap	vízgőznyomás	hPa
rh	relatív nedvesség	%
cc	felhőborítottság	tizedek
sun	napfénytartam	órák
grad	globálsugárzás	J/cm ²
ws2	átlagos szélesség 2 m-es magasságban	m/s
ws10	átlagos szélesség 10 m-es magasságban	m/s
wd10	szélirány 10 m magasságban	°

4.3. A két adatbázis összehasonlítása

Ahhoz, hogy pontosabb képet kaphassunk arról, hogy milyen hatással van az időjárás és változás az egyes tüdőbetegségekre, fontos, hogy minél több meteorológiai elem pontos értékét ismerjük. Szükség volt a két klimatológiai adatbázis együttes használatára, mivel az E-OBS adatbázis a vizsgált időszak végéig (2014. július 31.) tartalmazza az adatokat, azonban csak az alapvető paramétereket (légnyomás, minimum-, maximum- és átlaghőmérséklet, csapadék). Ezen kívül a rácsfelbontása durvább, az adatok minőségi ellenőrzése kisebb mértékű. Ezzel szemben a CarpatClim adatbázis az E-OBS-nál több meteorológiai paraméter adatait tartalmazza, finomabb rácsfelbontással rendelkezik és az adatsorok szisztematikus homogenizáláson estek át. Hátránya, hogy csak 2010-ig bezárólag tartalmazza az adatsorokat. Az előbbieken felsorolt tulajdonságok miatt van szükség a két klimatológiai adatbázis párhuzamos használatára.

3. táblázat: Az E-OBS és a CarpatClim adatbázisban szereplő meteorológiai idősorok korrelációs együtthatói. A piros színnel jelzett korrelációs értékek az alkalmazott t-próba alapján 95%-os szinten szignifikánsak. Sárga háttér jelzi az abszolút értékben 0,7-nél nagyobb korrelációs együtthatókat. Az átlóban elhelyezkedő vastag vonallal keretezett cellák a két adatbázis azonos paramétereit közötti korrelációt mutatják.

	pair	tmin	tavg	tmax	pr	pvap	rh	cc	sun	grad	ws2	ws10	wd10	CarpatClim
pp	0,994	-0,29	-0,24	-0,20	-0,32	-0,26	-0,08	-0,31	0,13	-0,05	-0,30	-0,30	-0,12	pair
tn	-0,34	0,999	0,98	0,94	0,11	0,94	-0,41	-0,19	0,47	0,69	-0,02	-0,02	0,05	tmin
ta	-0,29	0,98	0,999	0,99	0,05	0,93	-0,53	-0,32	0,59	0,78	-0,06	-0,06	0,04	tavg
tx	-0,25	0,94	0,99	0,998	0,01	0,90	-0,60	-0,41	0,67	0,83	-0,10	-0,10	0,03	tmax
pr	-0,33	0,10	0,03	-0,01	0,95	0,17	0,29	0,35	-0,28	-0,13	0,05	0,05	-0,09	pr
pvap	-	-	-	-	-	-	-0,26	-0,17	0,41	0,63	-0,14	-0,14	-0,003	pvap
rh	-	-	-	-	-	-	-	0,66	-0,80	-0,77	-0,12	-0,12	-0,10	rh
cc	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,86	-0,63	0,11	0,11	-0,05	cc
sun	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,90	-0,06	-0,06	0,07	sun
grad	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,03	-0,03	0,08	grad
ws2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	0,42	ws2
ws10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,42	ws10
wd10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	wd10
E-OBS	pp	tn	ta	tx	pr	pvap	rh	cc	sun	grad	ws2	ws10	wd10	

A 3. táblázat a két adatbázis változóinak korrelációját mutatja. Minden meteorológiai elempárra meghatároztuk a korrelációs együttható értékét, s a statisztikai t-próba (Dévényi és Gulyás, 1988) segítségével azt is megvizsgáltuk, hogy ezek a lineáris kapcsolatok 95%-os szinten szignifikánsak-e. A felhasznált meteorológiai változók rövidítéseit tüntettük fel a 3. táblázatban, a leírások az 1., illetve a 2. táblázatban találhatóak. A felső rész a CarpatClim idősorainak egymással vett korrelációját tartalmazza, míg az alsó rész az E-OBS adatsoraiét. Az átlóban elhelyezkedő vastag vonallal keretezett cellák a két adatbázis azonos paramétereit közötti korrelációt mutatják. A korrelációs együtthatók statisztikai vizsgálatához t-próbát használtunk. Pirossal jelöltük a statisztikailag szignifikáns korrelációkat, ezen belül azokat a korrelációs együtthatókat, amelyek meghaladták a 0,7 értéket, sárga háttérrel emeltük ki.

A két adatbázis azonos elemeinek korrelációs vizsgálatok az E-OBS adatbázis értékeit is csak 2010-ig néztük. A napi minimum-, maximum- és középhőmérséklet esetén a 2000-2010 időszak havi átlagértékeitől vett anomáliával számoltuk a korrelációt, míg a nyomás- és csapadékértékeknél a napi adatsorokkal dolgoztunk. A két adatbázis azonos meteorológiai elemei között a várakozásainknak megfelelően szignifikáns, magas

korrelációt állapítottunk meg. A legnagyobb korrelációs együtthatók a hőmérsékleti adatoknál adódtak.

Az adatbázison belüli elemek közötti korrelációvizsgálat azt jelzi, hogy mind az E-OBS, mind a CarpatClim esetén a maximumhőmérséklet és a csapadék között nincs szignifikáns statisztikai kapcsolat, és a többi hőmérsékleti idősor is csak gyengén korrelál a csapadékkal. Mind a két adatbázisnál természetesen a hőmérsékleti adatok között legmagasabb a korrelációs együtthatók értékei (0,9-et meghaladó). A nyomás és a többi változó között negatív (-0,05 és -0,32 közötti) szignifikáns korreláció adódott. Kivételt csak a napsütéses órák száma képez, de a korrelációs együttható értéke itt is csak 0,13. A csapadékértékek a nyomással, a napsütéses órák számával és a globálsugárzással mutatnak negatív korrelációt. A globálsugárzás és a napsütéses órák száma nyilvánvalóan erősen összefügg, korrelációs együtthatójuk igen magas, 0,9 értékű. A sugárzási paraméterek (napsütéses órák száma, globálsugárzás) pozitív szignifikáns korrelációt mutatnak a hőmérsékleti értékekkel, és negatív szignifikáns korrelációt a felhőborítottsággal és a relatív nedvességgel. Pozitív szignifikáns korreláció figyelhető meg továbbá a hőmérsékleti változók értékei és a vízgőznyomás között, és valamennyivel kisebb mértékben a relatív nedvesség összefügg a hőmérsékletekkel. Feltűnő, hogy a 2 m-es és a 10 m-es szélesség korrelációs együtthatója 1, aminek az az oka, hogy egyik értéket a másiktól számolták.

5. A vizsgálathoz felhasznált betegadatok

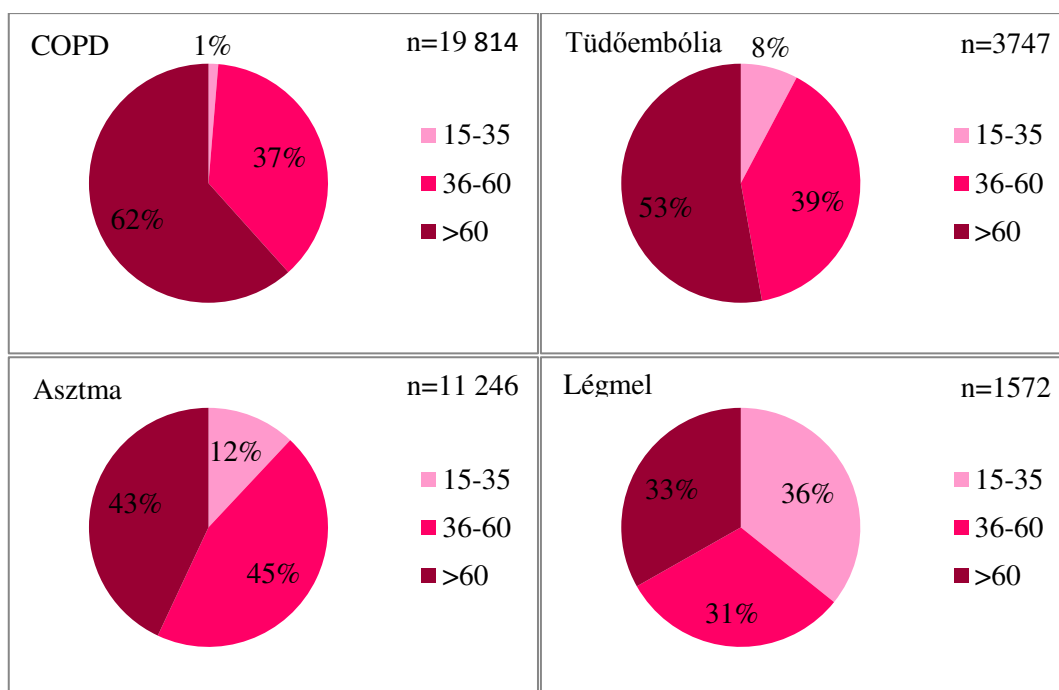
A szakdolgozathoz felhasznált betegadatbázist a Semmelweis Egyetem Igazságügyi és Biztosítás-orvostani Intézete bocsátotta rendelkezésünkre. Az adatbázis tartalmazza az 1997.01.01-től 2014.07.31-ig tartó időszakban Budapesten kórházi kezelésben részesült betegek adatait. A legfontosabbak: születési dátum, nem, kórházba való felvétel és távozás időpontja, diagnózisok BNO-kódja¹⁹ külön a négy vizsgálandó betegsége (COPD – krónikus obstruktív tüdőbetegség; asztma – asthma bronchiale; tüdőembólia; légmell – pneumothorax, ptx). Az esetszámok jelentősen eltérnek: a legtöbb COPD-vel diagnosztizált betegből volt (n=19 814), ezt követi az asztmás (n=12 414), a tüdőembóliás (n=3747), végül a légmelles betegek száma (n=1752). Az esetszámok ilyen nagy eltérése miatt a betegségek relatív gyakoriságával számolunk a dolgozat során.

A közel 18 éves megfigyelési időszak összesen 6421 napot tett ki. A teljes időszakban kórházi felvételi napokat tekintve COPD-vel felvett kórházi eset 5487 (85%) napon fordult elő, míg asztmás betegfelvétel 4610 (72%) napon volt. Tüdőembóliás eset 2525 (39%) napon, a légmelles napok száma 1189-ra (19%) tehető. A zárójelben a százalékos arányt tüntettük fel.

A pácienseket először koruk szerint vizsgáltuk meg. COPD-nél 17 év és 107 év között mozgott a betegek kora. Asztmánál az életkor 15 és 101 év között volt. Tüdőembólia esetén a legfiatalabb beteg 16 éves, a legidősebb 97 éves volt, míg légmell esetén 15 és 95 éves. Ezek alapján a négy betegsége egységesen három korcsoportra osztottuk az embereket: az első csoport a 15 és 35 év közötti korosztályt, a második a 36 és 65 év közötti betegeket tartalmazza, míg a harmadik csoport a 65 évnél idősebbeket foglalja magában. Az *1. ábra* a korcsoport szerinti relatív gyakoriságot ábrázolja a négy légúti betegsége. COPD-nél még kevesebb a fiatalok aránya, mindössze 1%-ot tesz ki, ugyanakkor a 65 évnél idősebbek aránya 62%-os. COPD a dohányzók 20%-ában, valószínűleg a genetikai szempontból a betegsége hajlamos egyéneknél jelentkezik, általában 40 éves kor felett (*Tamási és Magyar, 2010*). Az előfordulási gyakoriság a teljes lakosságban a 65–69 éves korcsoportban közel ötszöröse a 40–44 éves korcsoporténak (*Magyar, 2005*). Az asztma is túlnyomóan az idősebb korosztályokat érinti, az összes esetet tekintve 88%-os a két korcsoport együttes relatív gyakorisága. Megfigyelhető, hogy a tüdőembólia a 35 évnél idősebb korosztályoknál gyakoribb: legnagyobb arányban a 65 év felettieket (53%), majd a középkorúakat (39%) kezelték. Az érelzáródás kialakulásának

¹⁹ BNO-kód: betegségek nemzetközi osztályozására szolgáló kódrendszer

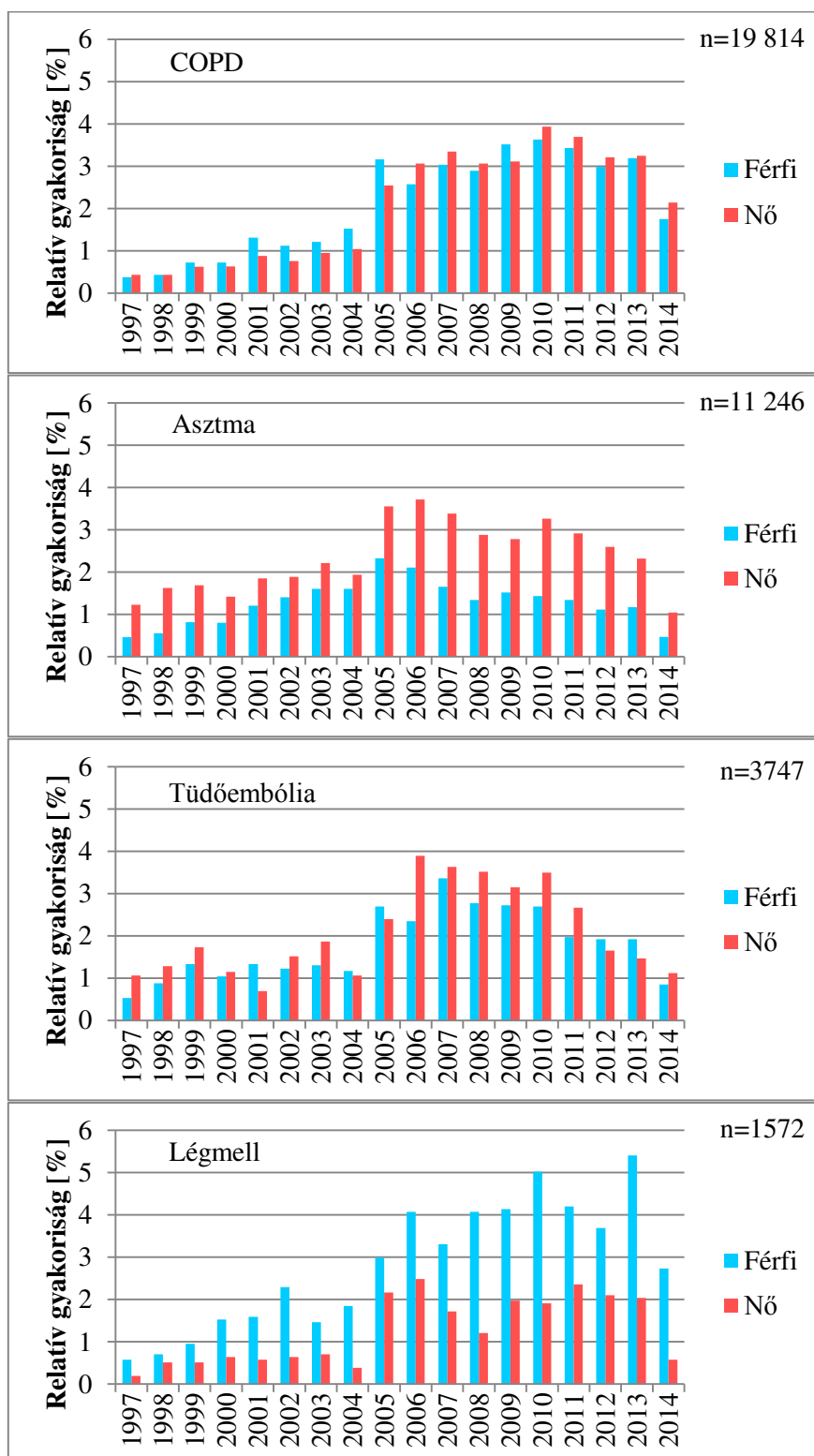
egyik fő tényezője az immobilizáció, melynek különféle okai lehetnek: műtét, súlyos szívbetegség, mozgáskorlátozottságot okozó betegségek. A kockázat az életkorral együtt növekszik (*Wells et al., 2001*). Légmell esetén a korosztályok aránya közel hasonló, de elsősorban fiataloknál (20-30 év), illetve idősebb korosztálynál (60-70 év) gyakori. Ezek mellett baleseti, illetve iatrogén (orvosi kezelésből származó) úton is kialakulhat légmell (SSZK, 2008).



1. ábra: Korcsoport szerinti relatív gyakoriság COPD, asztma, tüdőembólia és légmell esetén

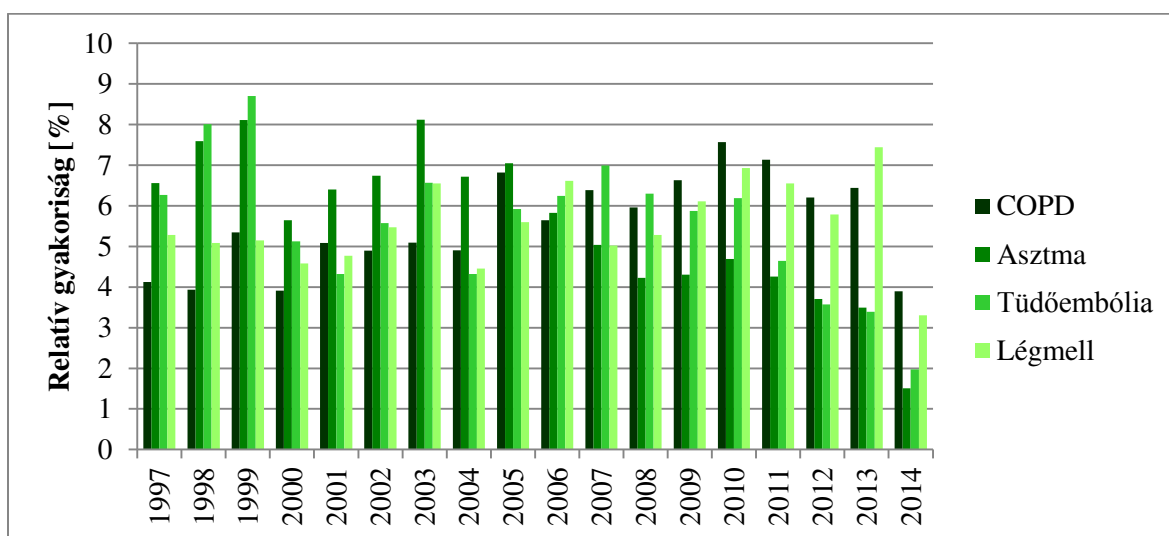
A 2. ábrán nemek szerinti éves bontásban vizsgáltuk a betegeket. Látható, hogy 2005. után ugrásszerűen megnő mind a férfi, mind a nő betegek száma. Ez azzal magyarázható, hogy az adatbázis 2005-ig tartalmaz olyan pácienseket, akiknek a nemét nem ismerjük, mivel a kapott digitális adatbázisban nem történt meg ennek az adatnak a rögzítése. Visszaesés a 2014. évben tapasztalható, ugyanis az adatbázis csak július 31-ig terjed. COPD-s betegeknél 2005-ig a férfi betegek vannak magasabb arányban, utána pedig a nők. Mindkét nem esetén 2010-ben fordult elő a legtöbb eset: nők aránya 3,9%, férfiaké 3,6%. Asztmás eseteknél több nő beteg volt az egész időszakban, legmagasabb arányuk 2006-ban 3,7% volt. A férfiak legmagasabb aránya (2,3%) egy évvel korábbra, 2005-re esett. A grafikonról leolvasható, hogy tüdőembóliás eseteknél a legtöbb évben a nők aránya volt magasabb, csak négy évben fordult elő több férfi beteg. Nőknél az egész időszakra nézve legmagasabb arány (3,9%) a 2006-os évben volt, a férfiaknál 2007-ben (3,6%). Az esetszámban 2010-től folyamatos csökkenés figyelhető meg. Légmellel kezelt

betegség között a férfiak száma jóval több: évente akár 3-4-szeres különbség is előfordulhat a nőkhöz viszonyítva (Miller és Harvey, 1993). Ezen belül a férfiak kiugróan magas aránya 2010-ben és 2013-ban is megfigyelhető, az esetszámok évente erősen ingadoznak.



2. ábra: Férfiak és nők éves aránya 1997 és 2014 között COPD, asztma, tüdőembólia és légmell esetén

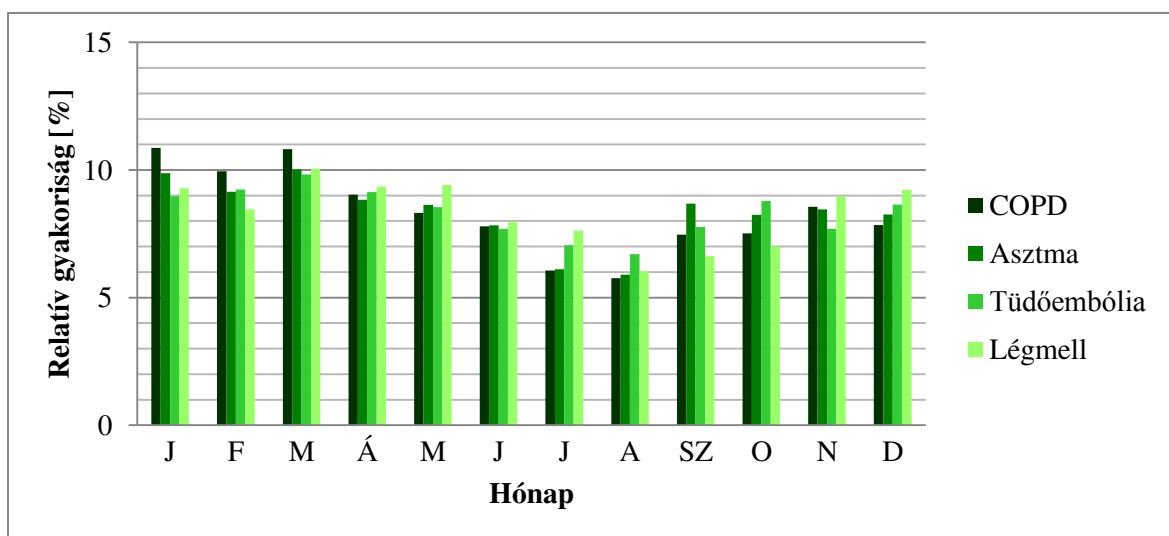
A 3. ábrán az egyes légúti betegségben szenvedők évek szerinti relatív gyakoriságát ábrázoltuk, amely már tartalmazza az ismeretlen nemű pácienseket is. A 2014. év csak a július végéig felvett kórházi eseteket foglalja magába. COPD-nél a kórházi felvételek számában a 2005. évtől emelkedés figyelhető meg. Az egész időszakra nézve a kórházi kezelésben részesült betegek aránya 2010-ben volt a legnagyobb. A tíz legfőbb halálok közül ez az egyetlen olyan, amelyiknél a halálozási mutatók egyre romlanak, ami leginkább a dohányzási szokásokkal függ össze. Az enyhébb stádiumú betegek nem fordulnak orvoshoz a terhelésre jelentkező panaszaikkal, rendszerint úgy gondolják, hogy a kezdeti fáradékonyság, nehézlégzés, köhögéses tünetek banálisak, és egyszerűen csak a korrallal, vagy túlsúlyukkal, edzetlenségükkel magyarázhatók (Kovács, 2014). A grafikon alapján az asztmával kezelték aránya a vizsgált időszak második felében kisebb, mint az elsőben. 1999-ben és 2004-ben fordult elő a legtöbb eset, közel 8%-os aránnyal mind a két évben. Tüdőembóliás eseteknél megfigyelhető a '90-es évek végi nagy arány, a legtöbb beteg is 1999-ben vették fel. A legkevesebb eset pedig 2001-ben és 2004-ben volt, azonos (4,3%) arányban. 2010 után azonban visszaesés tapasztalható az esetszámban. Légmellel diagnosztizált betegek esetén 2000-es évek előtt közel azonos arányok voltak, de utána a relatív gyakoriságok folyamatosan ingadoznak. Kiugróan magas arány 2013-ban figyelhető meg, 7%-os relatív gyakorisággal.



3. ábra: Betegfelvétel éves relatív gyakorisága 1997 és 2014 között COPD, asztma, tüdőembólia és légmell esetén

A 4. ábrán a betegek havi eloszlását látjuk a teljes időszakra nézve a négy betegsége. Itt is érdemes megjegyezni, hogy 2014. év csak júliusig tart. Megállapítható, hogy a gyakoriságoknak évi menetük van: legtöbb eset a téli és tavaszi hónapokban

fordult elő, visszaesés pedig július-augusztus környékén tapasztalható. COPD esetén a legmagasabb értékek január-március környékén fordultak elő, mind a három hónapban 10% körüli vagy annál nagyobb. A téli tüzelés, a közlekedés növeli a szennyezőanyag-koncentrációt, amely állapotromlást idéz elő a betegeknél (*Bhowmik et al., 2005*). Romlást okozhat még a hideg, szeles időjárás, a hőmérséklet hirtelen változása, a magas páratartalom, a sűrű köd és a nagy meleg (*Tamási és Magyar, 2010*). Asztmás esetek gyakorisága téli és tavaszi hónapokban magasabb a többihez képest. A betegség tünetei tavasszal a nagyobb pollenkoncentráció miatt erősödhetnek. Ismert továbbá, hogy a villámlással járó viharokat követően az asztma okozta kórházi felvételek gyakorisága magasabb, feltehetően az elektromos kisülések által előállított magasabb ózonkoncentráció miatt (*Newson et al., 1997*). Az asztmás rohamok kiváltója lehet továbbá a száraz, a téli hideg, illetve az erősen párás levegő, valamint a köd. Tüdőembóliánál őszi és tavaszi időszakokban volt a legnagyobb arány, márciusban a 10%-ot meghaladta. Légmell tavaszi és téli időszakban a leggyakoribb, itt is márciusban volt a legnagyobb arány (10%). Szoros kapcsolat mutatható ki a spontán légmell kialakulása és a viharok gyakorisága között, mivel a nyomásviszonyok gyors változása növeli a spontán légmell keletkezését (*Alifano et al., 2007*). A grafikonon jól megfigyelhető, hogy mindegyik betegségnél augusztusban volt a legkevesebb kórházi eset, de egész nyáron és a kora őszi hónapok esetén is kevesebb beteg került kórházba.



4. ábra: Esetek havi eloszlása 1997 és 2014 között tüdőembólia, COPD, asztma és légmell esetén

6. A vizsgálati módszerek és eredmények

Ahhoz, hogy minél jobban meg tudjuk állapítani az egyes meteorológiai paraméterek esetén, hogy mekkora hatással vannak az egyes pulmonológiai betegségekre, többféle vizsgálati módszert is alkalmaztunk. A következőkben ezeket tekintjük át röviden.

6.1. Vizsgálati módszerek

Első lépésként a betegadatbázisban szereplő adatokat rendeztük aszerint, hogy hányszor fordult elő azonos számú betegfelvétel a négy betegség esetén. Az így csoportosított adatokhoz hozzacsatoltuk az adott napon előforduló meteorológiai változók értékeit és egyes paramétereknél az értékek egy, illetve két nap alatti változásait. Az időben nem folytonos időjárási elemeknek – csapadék, felhőborítottság, szélsébség 2 m-es és 10 m-es magasságban, szélirány – nem vizsgáltuk a megelőző napokhoz viszonyított változását. A CarpatClim adatbázis esetén csak 2010-ig bezárólag tekinthettük a betegadatbázis adatait, míg az E-OBS esetén a teljes időszakot figyelembe vettük. Ezután az adatok statisztikai eloszlását vizsgáltuk. Az esetszám függvényében intervallumokba osztottuk a meteorológiai változók értékeit, a változók értékeitől függött a teljes az intervallum részekre bontása. Mind a négy betegségekre azonosan négy osztályt hoztunk létre: az eset nélkülit, az egy, a kettő, valamint a három vagy annál több napi esetszám szerint. Ahhoz, hogy az eredményeket össze lehessen majd hasonlítani, az abszolút előfordulási gyakoriság mellett a relatív gyakoriságokat is kiszámoltuk. A relatív gyakoriságokat grafikusán is ábrázoltuk. Első körben az azonos esetszámú napokon előforduló értékeket ábrázoltuk, majd az ehhez képest egy és két nap alatt bekövetkezett meteorológiai változásokat egy diagramon ábrázoltuk. Így azonban nem kaptunk jelentősen eltérő eredményt, ezért más közelítéssel is ábrázoltuk elemzéseink eredményét. A kevés betegfelvételű napok esetén lényeges változásokat nem találtunk, ezért csak az eset nélküli és a sokesetes napokon előforduló értékeket hasonlítottuk össze egymással. Az eloszlásokra ezek után meghatároztuk, hogy azonos eloszlásból származnak-e. Ehhez mindegyik meteorológiai elemre elvégeztük a Kolmogorov-Szmirnov kétmintás próbát (*Dévényi és Gulyás, 1988*) 95%-os szignifikancia szint mellett.

Ezután az elemzések során az egyes betegségek esetszámait alapján alakítottuk ki a vizsgálandó osztályokat. A kialakított osztályok szerint csoportosítottuk a meteorológiai elemek értékeit. Az egynapos és a kétnapos változásokat az aznapi értékekkel hasonlítottuk össze, szórásdiagramokat készítettünk mindegyik betegség minden osztályára. Az egyes

osztályokban előforduló sok adat miatt a kapott szórásdiagramok nem voltak elég áttekinthetők, emiatt a szórásdiagramon meghatározott egyes rácscellákba eső értékeket számoltuk össze az egynapos és a kétnapos változásokat tekintve. Az így összeszámolt értékek relatív gyakoriságát vettük, amelyeket oszlopdiagramon ábrázoltunk.

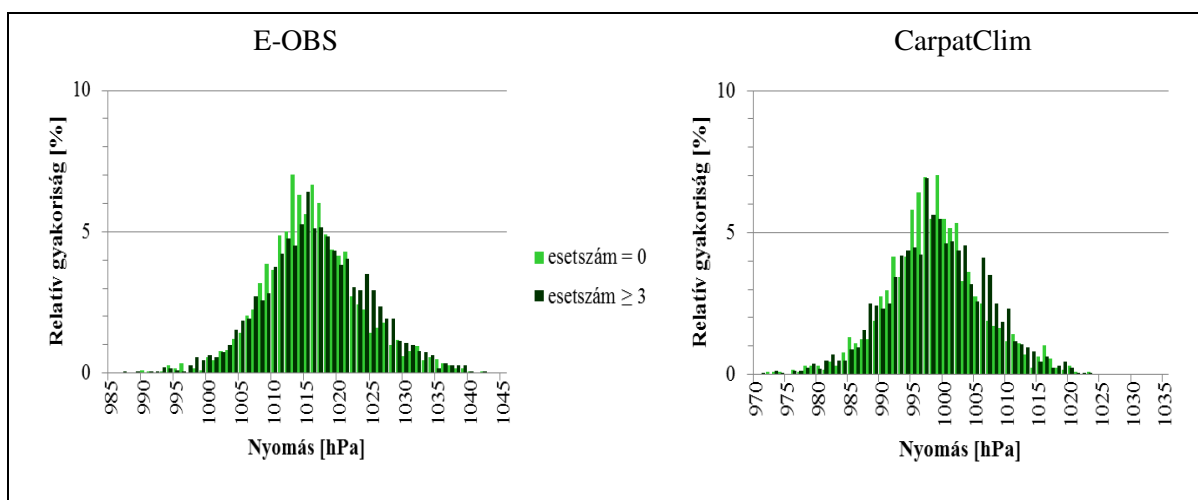
A betegfelvételekhez kapcsolódó aznapi meteorológiai viszonyokat jellemző értékeket először öt csoportra osztottuk, (a csoportokat az adott meteorológiai elem által felvett értékek függvényében alakítottuk ki). Ezeket meghatározó tényezőként tekintettük, és további hatásként a megelőző napokhoz viszonyított változásokat négy intervallumra bontva ábrázoltuk. Ezután már csak az eset nélküli és az összbetegszámtól függően kialakított legnagyobb esetszámú csoportokhoz tartozó adatsorokat tekintettük. Az így kapott grafikonokról – a jelentősebb eltérések kiemelése érdekében – a szélsőértékeket vizsgáltuk meg, s a korábban kialakított öt csoport helyett csak hármat néztünk, melyeket különböző színekkel jelöltük. Ahhoz, hogy össze lehessen hasonlítani az eset nélküli napokon levő adatokat azokkal az értékekkel, amikor a napi esetszám nagy volt, csak a negatív és pozitív változások relatív gyakoriságát ábrázoltuk egy diagramon. Ezt a módszert a kétnapos és az egynapos változásra külön-külön végeztük el. Az elkészített ábrák nagy száma és a szakdolgozat terjedelmi korlátai miatt szükség volt az eredmények szelektálására. Így az egyes meteorológiai elemeknél főleg azokat a diagramokat mutatjuk be részletesebben, ahol valamilyen nagyobb eltérést tapasztaltunk.

6.2. Nyomás hatása a vizsgált tüdőbetegségekre

Nyomási értékek vizsgálata esetén fontos megemlíteni, hogy a CarpatClim adatbázisban felszíni légnyomási értékek szerepelnek, míg az E-OBS tengerszintre átszámított légnyomási idősorokat tartalmaz – ebből következően az aktuális nyomási értékekben nagyobb különbségek jelennek meg az elemzés során.

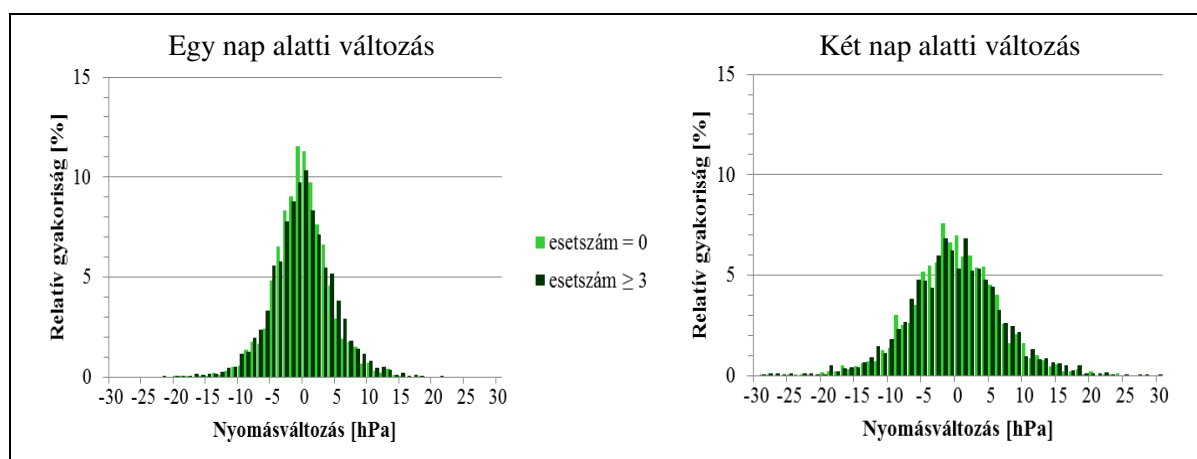
Az 5. ábrán az asztmás betegekre vonatkozóan látható a nyomási értékek eloszlása a két adatbázis alapján. Megfigyelhető, hogy azokon a napokon, amikor kettőnél több asztmás eset következett be, nagyobb relatív gyakorisággal bírtak a szélsőséges légnyomási értékek, mint az eset nélküli napokon. A COPD-s és az embóliás eseteknél is ugyanilyen tendenciát figyeltünk meg. Légmennél, mivel kevés (79) napon fordult csak elő kettőnél több napi esetszám, ezért nem lehetett egyértelműen megállapítani. Az E-OBS adatbázis idősorainál a legnagyobb különbség az eset nélküli és a sokesetes napok gyakorisága között az 1025 hPa környékén tapasztalható, míg a CarpatClim-nél az

1007 hPa környékén. Ennek ellenére a Kolmogorov-Szmirnov statisztikai próba alapján az eset nélküli és a sokesetű napok eloszlása között szignifikáns eltérést nem kaptunk egyik adatbázisra sem.



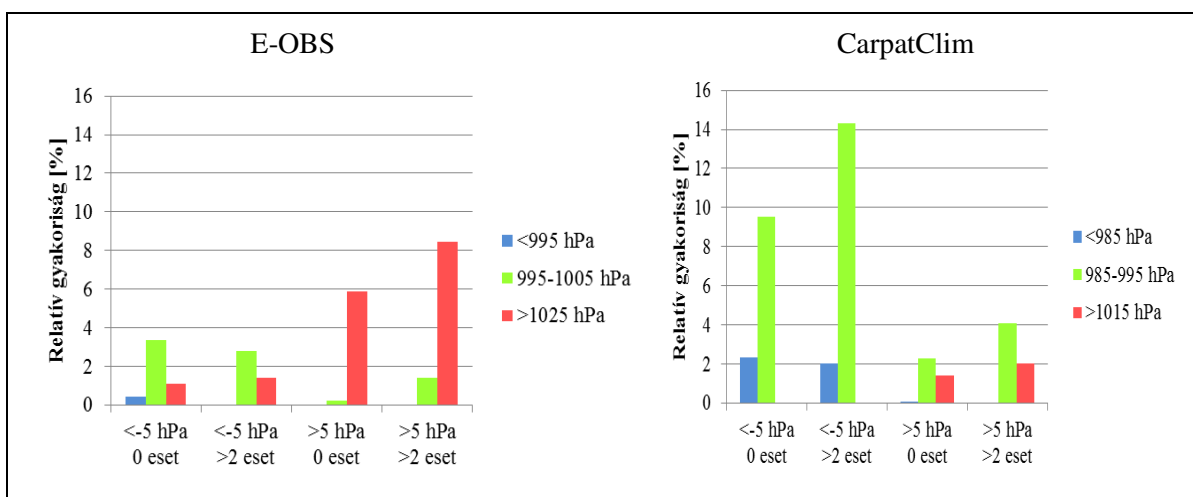
5. ábra: Nyomásértékek eloszlása 0 és legalább 3 asztmás beteg felvételének napján az E-OBS (balra) és a CarpatClim (jobbra) adatai alapján

A 6. ábrán az E-OBS idősorokból meghatározott egy és két nap alatti nyomásváltozások eloszlását hasonlíthatjuk össze azon időszakokra, amikor nem került sor asztmás beteg felvételére, illetve amikor több betegfelvétel is történt. Az egy- és kétnapos nyomásváltozás esetén sok asztmás esettel jellemezhető napokhoz tartozó értékek gyakorisága nőtt nagyobb, legalább 15 hPa nyomásváltozáskor az eset nélküli napokhoz képest. A másik három betegségnél is hasonló eredmények adódtak.



6. ábra: A nyomás egy nap alatti (balra) és két nap alatti (jobbra) változása 0 és legalább 3 asztmás beteg felvételének napján az E-OBS adatai alapján, 1997-2014

A szórásdiagramokon meghatározott kategóriák alapján a légmelles betegekhez vonatkozó kétnapos változást ábrázoló diagramokat mutatjuk be (7. ábra). Megfigyelhető, hogy az E-OBS esetén kis tengerszinti légnyomások (<995 hPa) alig fordultak elő, míg CarpatClim-nél a kis felszíni légnyomásértékek (<985 hPa) is megjelennek. Az E-OBS adatoknál az alacsonyabb nyomási értékek további csökkenése esetén kevésbé jelentkeztek légmelles betegek, míg a CarpatClim esetén ennek ellentéte észlelhető. A magas nyomás (E-OBS esetén 1025 hPa felett, CarpatClim esetén 1015 hPa felett) további emelkedése esetén több légmelles esetet regisztráltak. A kapott eredmények Smit *et al.* (1999) és Alifano *et al* (2007) eredményeivel összhangban azt jelzik, hogy a nyomásváltozás (csökkenés és növekedés) egyaránt befolyásolja a spontán légmell kialakulását.



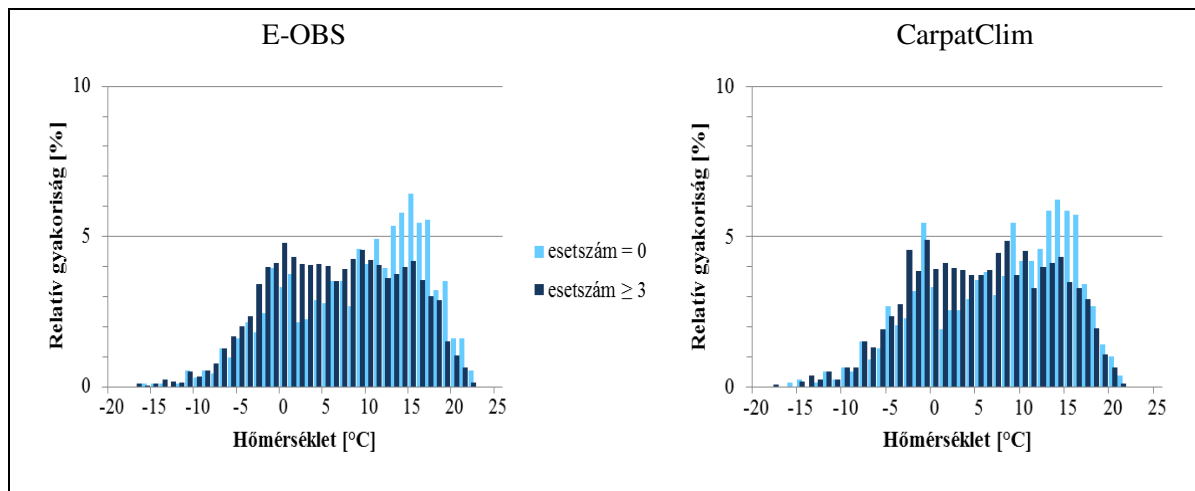
7. ábra: Nyomási értékek két nap alatti jelentősebb változásainak aránya 0 és 2-nél több légmelles beteg felvételének napján az E-OBS (balra) és a CarpatClim (jobbra) adatai alapján

6.3. Hőmérséklet hatása a vizsgált tüdőbetegségekre

A 3. fejezetben ismertetett vizsgálatok során is a hőmérséklet volt az egyik alapvető meteorológiai elem, melynek kimutatható hatását keresték. Jelen dolgozatban a minimum-, maximum- és az átlaghőmérsékletre kapott eredményeket tekintjük át.

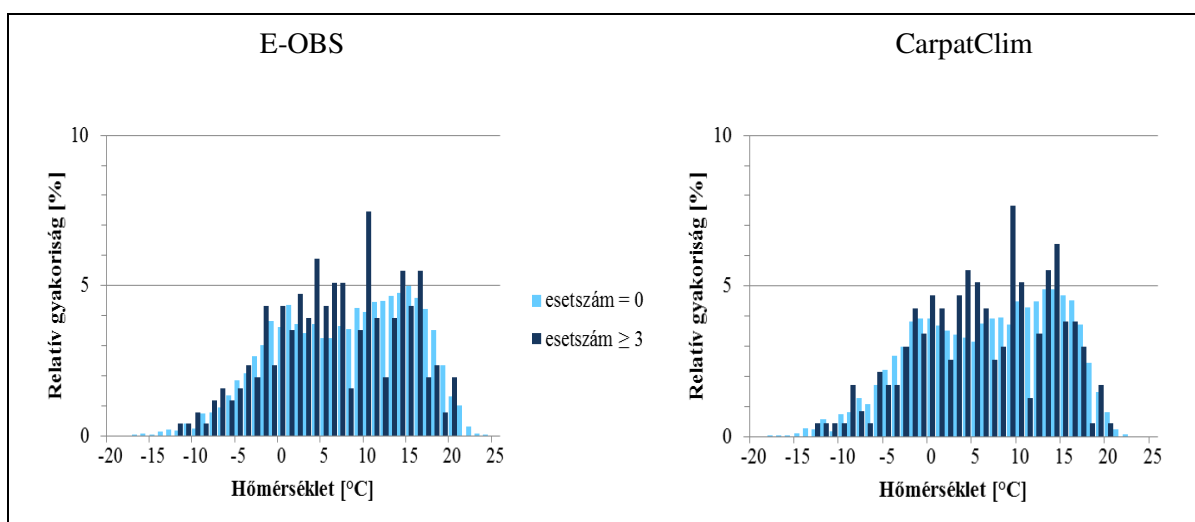
A 8. ábra hasonlítja össze a két adatbázis idősorai alapján a minimumhőmérsékleti értékek eloszlását azokon a napokon, amikor egyáltalán nem volt COPD-s betegfelvétel, illetve legalább három COPD-s beteg felvételére került sor. Látszik, hogy az eset nélküli napokon előforduló hőmérsékleti értékek relatív gyakorisága a 13-20 °C közötti intervallumban a legmagasabb. Azokon a napokon, amikor legalább három eset fordult elő, az eloszlás inkább az alacsony, 0 °C körüli hőmérsékletek felé mozdult el. A grafikonokról leolvasható eltérések ellenére a statisztikai próba alapján az E-OBS és a CarpatClim esetén

sem adódott szignifikáns különbség az eset nélküli és a sok esetszámú napok idősorainak eloszlásában.



8. ábra: Minimumhőmérsékleti értékek eloszlása 0 és legalább 3 COPD-s beteg felvételének napján az E-OBS (balra) és a CarpatClim (jobbra) adatai alapján

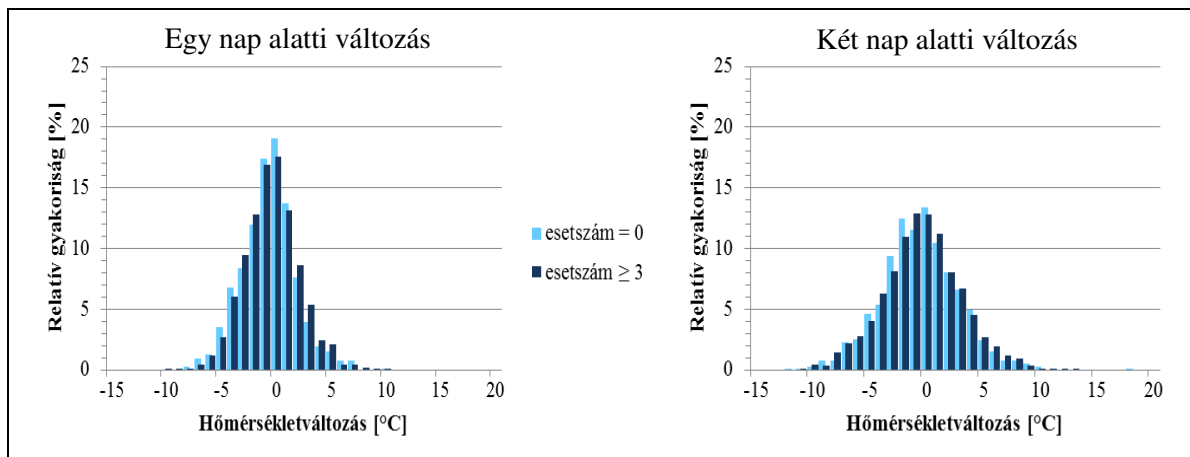
A tüdőembóliás esetekre vonatkozóan a napi minimumhőmérsékletek eloszlását mutatja a 9. ábra. Látható, hogy a nagy napi esetszámú napokon sokkal szabálytalanabb az eloszlás, mivel kevés ilyen nap szerepel a vizsgált időszakban. A grafikonok alapján nem lehet egyértelműen eldönteni, hogy a hidegebb vagy a melegebb időszakban gyakoriabbak azok a napok, amikor több eset fordult elő.



9. ábra: Minimumhőmérsékleti értékek eloszlása 0 és legalább 3 tüdőembóliás beteg felvételének napján az E-OBS (balra) és a CarpatClim (jobbra) adatai alapján

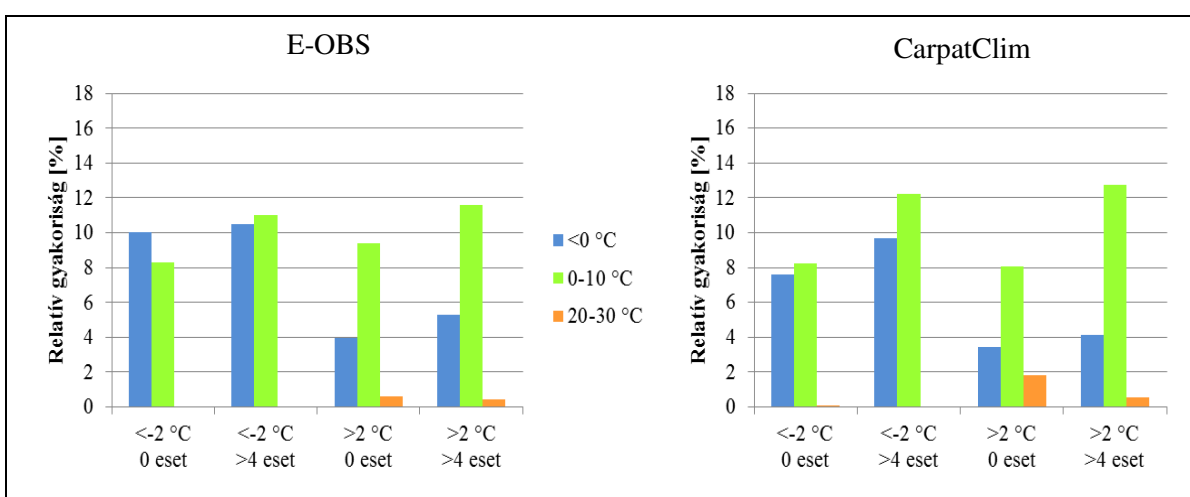
Az egy- és a kétnapos hőmérsékleti változás eloszlását mutatja a 10. ábra a több COPD-s beteg, illetve a COPD-s betegfelvétel nélküli napok esetén. Látható, hogy a

legalább 3 esetszámú napokon a pozitív változások relatív gyakorisága valamelyest nagyobb. A másik három betegségnél is ugyanez a tendencia figyelhető meg.



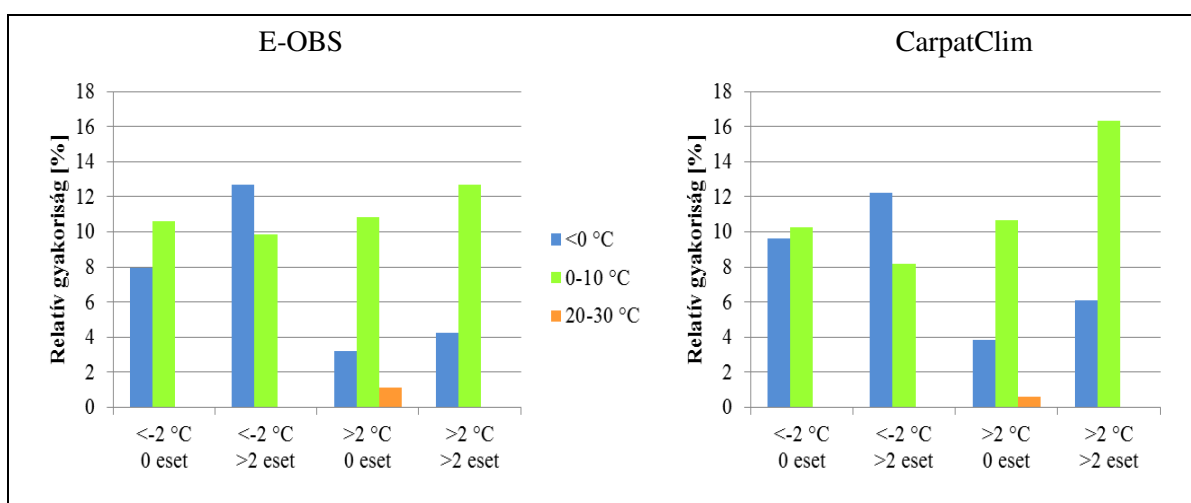
10. ábra: A minimumhőmérséklet egy nap alatti (balra) és két nap alatti (jobbra) változása 0 és legalább 3 COPD-s beteg felvételének napján a CarpatClim adatai alapján, 1997-2010

A 11. ábrán a szórásdiagramokon meghatározott kategóriák alapján a nagyobb kétnapos változást összegző diagramok láthatók négynél több COPD-s betegfelvétel, illetve COPD-s betegfeltétel nélküli napokon. Az eredmények azt jelzik, hogy a 10 °C alatti hőmérsékleti értékeknél a nagyobb mértékű hőmérsékletváltozással – elsősorban a melegedéssel – növekedett a COPD-s betegfelvételi napi esetszám. A 20-30 °C közötti magasabb hőmérsékleteknél a további melegedés esetén valamelyest kisebb arányú volt a napi 4-nél több COPD-s, mint a COPD-s betegfelvétel nélküli napokon.



11. ábra: Minimumhőmérsékleti értékek két nap alatti jelentősebb változásainak aránya 0 és 4-nél több COPD-s beteg felvételének napján az E-OBS (balra) és a CarpatClim (jobbra) adatai alapján

Légmelles eseteknél (12. ábra) a fagypont alatti napi minimumhőmérséklet jelentősebb csökkenésekor nagyobb relatív arány adódott a légmelles betegfelvétel nélküli napokhoz viszonyítva, míg a 0-10 °C közötti hőmérsékleti tartományban valamelyest kisebb. Nagyobb relatív gyakoriságú volt a jelentősebb melegedés 0 °C és 10 °C alatti napi minimumhőmérsékletek esetén is azokon a napokon, amikor sok légmelles beteg felvételére került sor, mint amikor egyáltalán nem volt légmelles betegfelvétel. A 20 °C feletti minimumhőmérséklet esetén viszont valamelyest kisebb volt a további melegedés relatív gyakorisága. Amint a grafikonokról leolvasható, hasonló következtetések vonhatók le a két adatbázis idősorait alapul véve.

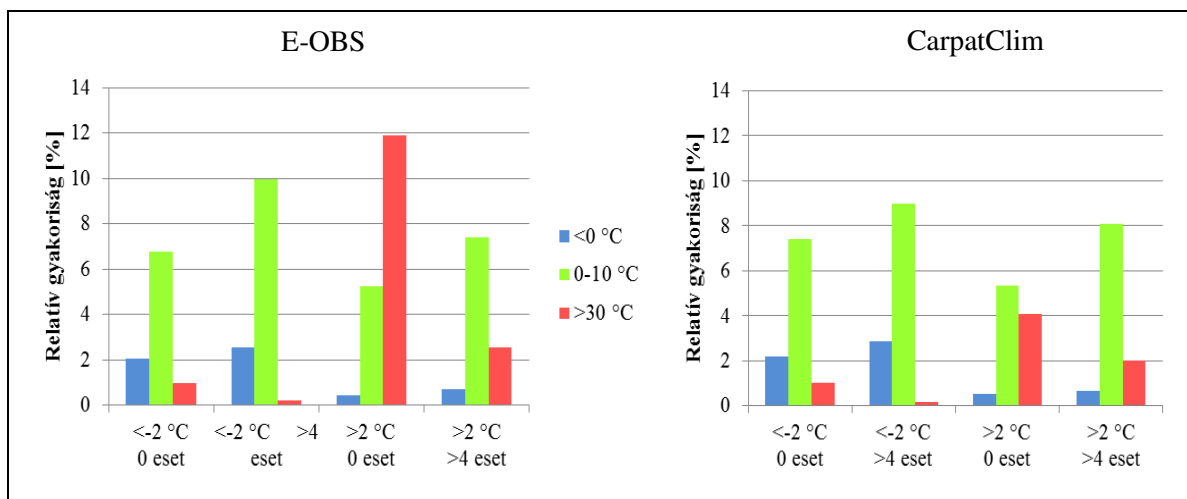


12. ábra: Minimumhőmérsékleti értékek két nap alatti jelentősebb változásainak aránya 0 és 2-nél több légmelles beteg felvételének napján az E-OBS (balra) és a CarpatClim (jobbra) adatai alapján

A maximumhőmérséklet elemzésekor kapott eredményeink alapvetően hasonlóak a minimumhőmérsékletnél megfigyeltékhez mind a négy vizsgált tüdőbetegség esetén.

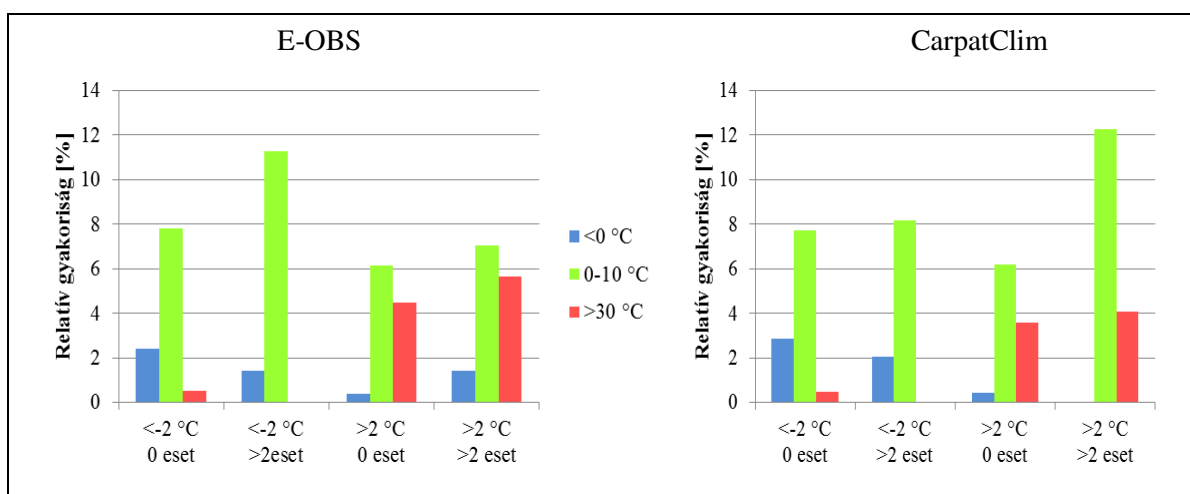
A 13. ábra a jelentősebb a kétnapos hőmérsékletváltozásra vonatkozó relatív gyakoriságokat hasonlítja össze magasabb és alacsonyabb napi maximumhőmérsékletek esetén azokra a napokra, amikor több COPD-s betegfelvétel történt, illetve amikor egyáltalán nem került sor ilyenre. A fagypont alatti hőmérséklet további csökkenésének és növekedésének is némileg nagyobb volt a relatív aránya 4-nél több COPD-s beteg felvételekor, mint betegfelvétel nélküli napokon. A 0-10 °C közötti napi maximumhőmérsékleti tartományban ez a különbség jóval kifejezettebb. Szembetűnő eltérés figyelhető meg a CarpatClim és az E-OBS adatsorok alapján készített elemzésben a 30 °C feletti magas hőmérsékleti tartományban: a további melegedés relatív gyakoriságaiban jóval nagyobb a jelentkező különbség a betegfelvétel nélküli és sok

betegfelvételi napok között az E-OBS használata esetén. Összességében mindkét éghajlati adatbázis azt jelzi, hogy nagyobb melegben a további pozitív hőmérsékletváltozás aránya kisebb volt azokon a napokon, amikor négynél több COPD-s esetet regisztráltak, mint amikor egyetlen ilyen sem fordult elő. Asztmára és tüdőembóliára is hasonló eredményeket kaptunk.



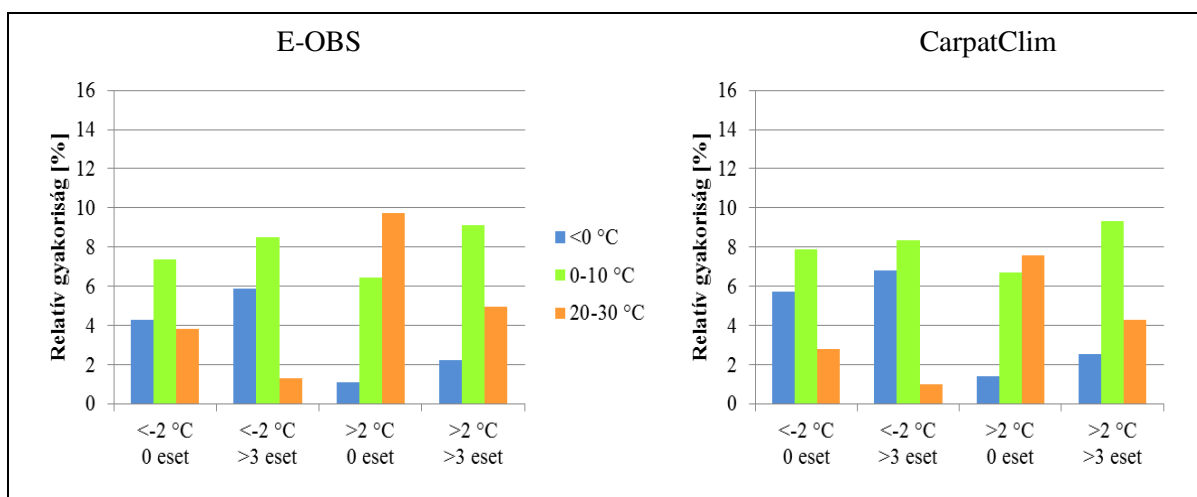
13. ábra: Maximumhőmérsékleti értékek két nap alatti jelentősebb változásainak aránya 0 és 4-nél több COPD-s beteg felvételének napján az E-OBS (balra) és a CarpatClim (jobbra) adatai alapján

Légmelles betegeknél (14. ábra) – a COPD-s betegekkel ellentétben – a 30 °C feletti hőmérsékletek további növekedéséhez tartozó relatív gyakoriság valamelyest nagyobb volt a napi kettőnél több esetszámú napokon. Bulajich et al. (2005) elemzéseivel ellentétben itt a hőmérséklet változása hatással bírt a napi betegfelvételi esetszámra.



14. ábra: Maximumhőmérsékleti értékek két nap alatti jelentősebb változásainak aránya 0 és 2-nél több légmelles beteg felvételének napján az E-OBS (balra) és a CarpatClim (jobbra) adatai alapján

A napi középhőmérsékletek eloszlásainak elemzésekor a másik két hőmérsékleti paraméterhez hasonló megállapításokra jutottunk mind a négy vizsgált tüdőbetegség esetén. Nemcsak az aznapi, hanem az egy, illetve két nappal korábbi időpontoktól vett hőmérsékletváltozások eloszlása is általában hasonló az egyes betegségeknel. A napi nagyobb beteg-esetszámhoz tartozó relatív gyakorisági értékek hűvösebb időjárási viszonyok esetén inkább a hőmérséklet emelkedésével állnak kapcsolatban. Ugyanakkor melegebb időjárási viszonyok fennállásakor viszont kisebb a jelentősebb hőmérsékletváltozások relatív aránya a sok betegfelvételű napokon, mint a betegfelvétel nélküli napokon. Ezt illusztrálja a 15. ábrán az asztmás betegekkel kapcsolatban látható kétnapos hőmérsékleti változások relatív gyakoriságait összehasonlító két grafikon.

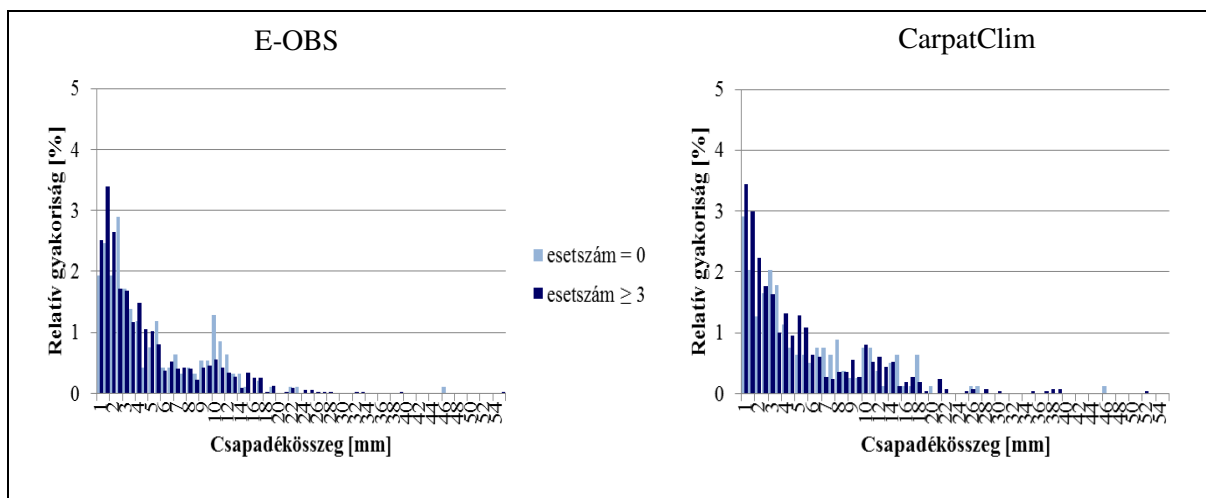


15. ábra: Középhőmérsékleti értékek két nap alatti jelentősebb változásainak aránya 0 és 3-nál több asztmás beteg felvételének napján az E-OBS (balra) és a CarpatClim (jobbra) adatai alapján

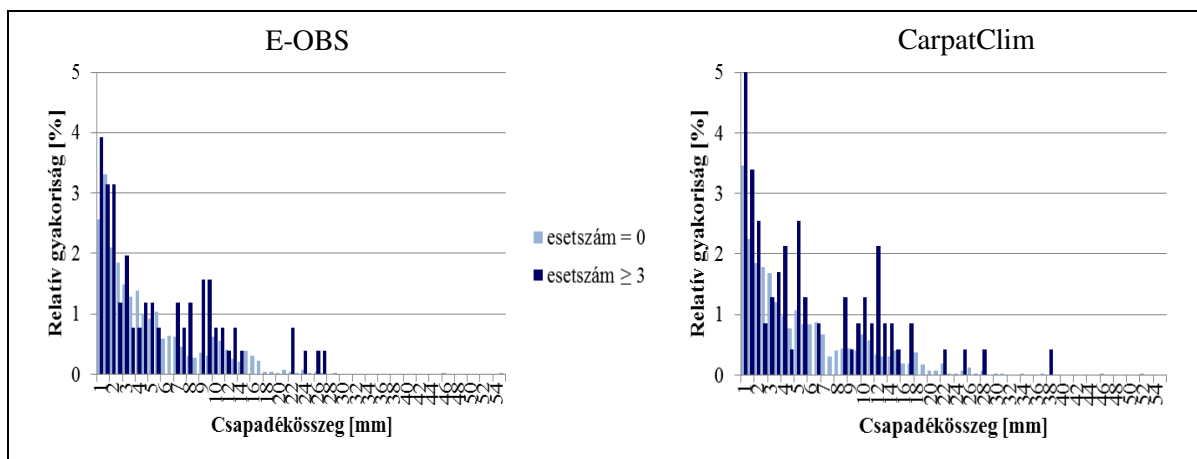
6.4. Nedvességi karakterisztikák hatása a vizsgált tüdőbetegségekre

Csapadékmennyiség a betegfelvételek napján jellemző értékeket vizsgáltuk meg, mivel a megelőző napoktól vett változások nem értelmezhetők a napi csapadék idősor diszkrét volta miatt. Az elemzés során az 1 mm alatti csapadéktételeket nem vettük számításba, mivel ezekhez a csapadékmentesnek tekinthető napokhoz képest a többi napi csapadékösszeg relatív gyakorisága elenyésző lett volna, és így az eloszlásbeli esetleges különbségeket még kevésbé lehetett volna azonosítani a betegfelvétel nélküli és a sok betegfelvételű napok között. Példaként egy tüdőbetegség, a COPD-s betegek nagyobb száma esetén adódó csapadékmennyiségek eloszlását mutatjuk be a betegfelvétel nélküli napokra kapott eloszláshoz viszonyítva a 16. ábrán. Megfigyelhető, hogy a kisebb

(1-2 mm) csapadéértékeknél a relatív gyakoriság valamelyest nagyobb volt azokon a napokon, amikor sok eset fordult elő (>4), mint amikor egyáltalán nem került sor COPD-s betegfelvételre. A 10-15 mm közötti nagyobb napi csapadékösszegek tartományában viszont már a betegfelvétel nélküli napokon volt nagyobb a relatív arány, amikor az E-OBS adatsorral a teljes vizsgált időszakra számoltunk. A CarpatClim adatokat figyelembe véve ugyanez nem figyelhető meg, a néhány mm-es csapadékmennyiség felett a két eloszlás összességében kevésbé tér el a nagyobb betegszámú és a betegfelvétel nélküli napokon. Érdekes, hogy szélsőségesen nagy napi csapadék értékeinél (pl. 46 mm körül) a nullától különböző relatív gyakoriság inkább a betegfelvétel nélküli napokhoz kapcsolódik. Ez összefüggésben lehet azzal, hogy a csapadék kimossa a levegőből a légszennyező aeroszol részecskék egy részét (Wei et al., 2015). Az asztmás betegfelvételekhez kapcsolódó csapadékösszegeket elemezve is hasonló tendenciát figyeltük meg. Becker et al. (1978) eredményeivel összhangban azt kaptuk, hogy a tüdőembóliás betegek száma 10 mm-nél nagyobb napi csapadékösszegekkor nagyobb volt, mint a betegfelvétel nélküli napokon (17. ábra). Légmell esetén is hasonló eredményeket kaptunk.

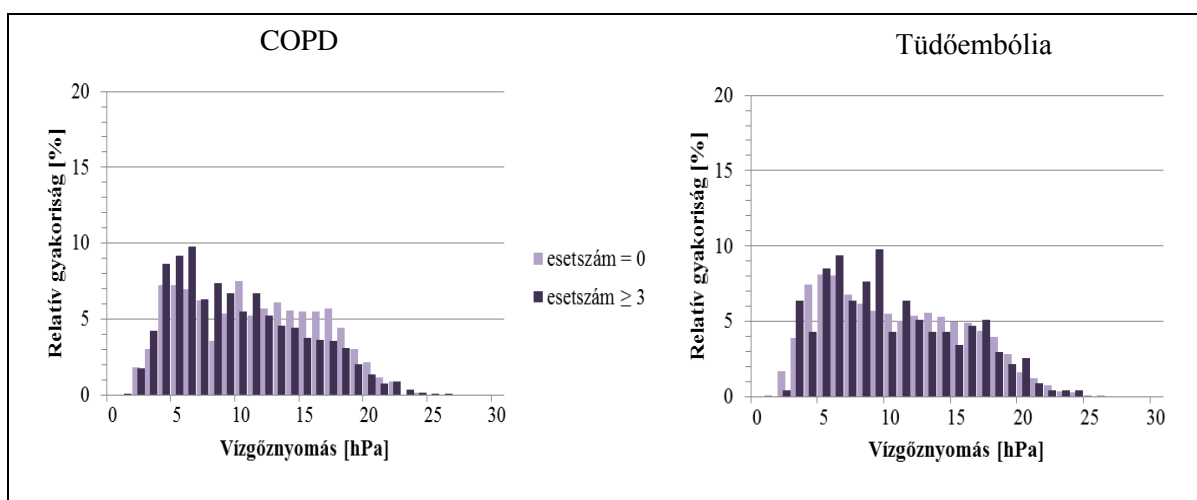


16. ábra: Csapadéértékek eloszlása 0 és legalább 3 COPD-s beteg felvételének napján az E-OBS (balra) és a CarpatClim (jobbra) adatai alapján



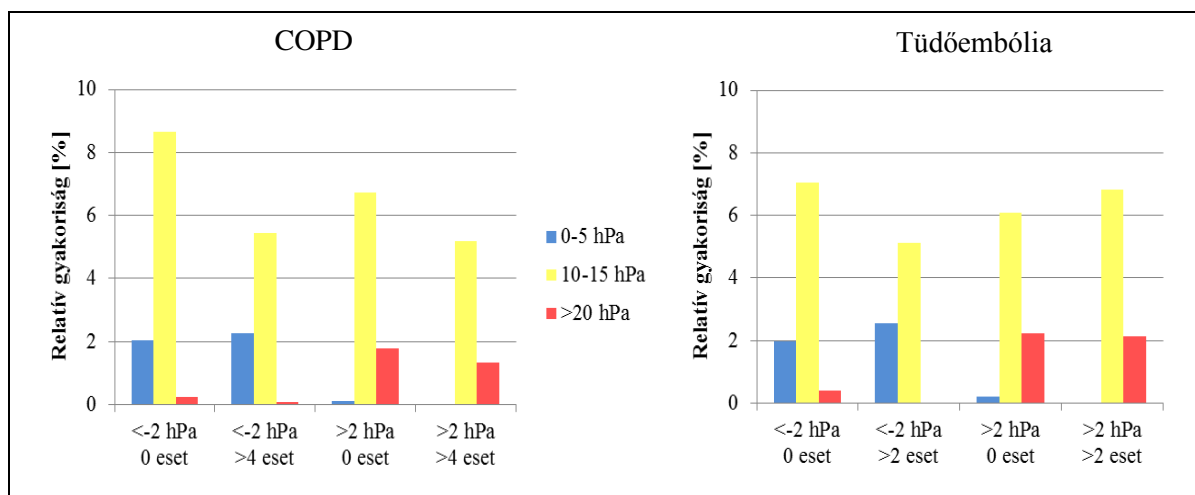
17. ábra: Csapadékvértékek eloszlása 0 és legalább 3 tüdőembóliás beteg felvételének napján az E-OBS (balra) és a CarpatClim (jobbra) adatai alapján

Vízgőznyomási idősorokat csak a CarpatClim adatbázis tartalmaz, ezért csak ezeket tudtuk figyelembe venni az elemzések során. A felrajzolt grafikonokon (18. ábra) megfigyelhető, hogy nagyobb számú COPD-s, illetve tüdőembóliás betegfelvétel esetén a vízgőznyomási értékek eloszlása eltérő képet mutat. COPD-nél a naponta legalább 3 betegfelvételű napokon az egyes intervallumok relatív gyakorisága 11 hPa-ig valamelyest nagyobb, a fölött kisebb, mint a betegfelvétel nélküli napokon. A sokkal kisebb összesetszámú tüdőembólia esetén az egyes vízgőznyomási intervallumok relatív aránya kevésbé szabályos képet mutat, de *Becker et al.* (1978) és *Clauss et al.* (2005) eredményeihez hasonlóan eredményeink azt jelzik, hogy alapvetően az alacsonyabb vízgőznyomás kevésbé gyakori a több betegfelvétellel jellemezhető napokon.



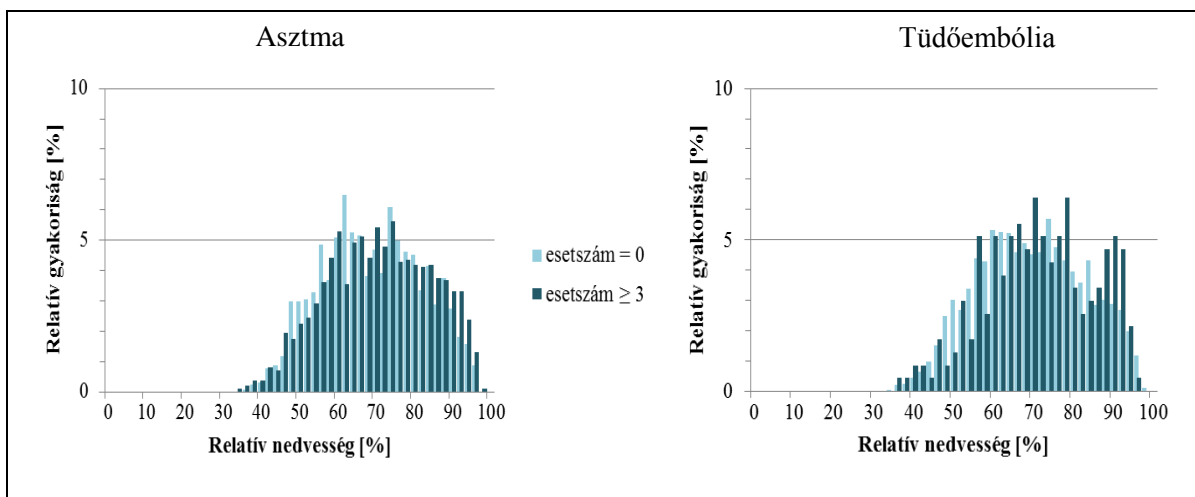
18. ábra: Vízgőznyomási értékek eloszlása 0 és legalább 3 COPD-s (balra), illetve tüdőembóliás beteg (jobbra) felvételének napján a CarpatClim adatai alapján, 1997-2010

COPD esetén a 10-15 hPa-os intervallumba eső értékek jelentősebb kétnapos változásához – akár a vízgőznyomás csökkenéséhez, akár a növekedéséhez – kisebb relatív gyakoriságok kapcsolódnak azokon a napokon, amikor sok beteg felvételére sor került, mint amikor egyáltalán nem történt betegfelvétel (19. ábra). A másik két kiemelten vizsgált intervallumba eső napi vízgőznyomási értékeknél számottevő különbség nem adódott. Ugyanezt állapítottuk meg asztmára és légmellre is. Tüdőembóliánál azonban a közepes vízgőznyomási értékek jelentősebb emelkedéséhez némileg nagyobb relatív arány tartozik a napi 2-nél több betegfelvételű napokon, mint a betegfelvétel nélküli napokon.

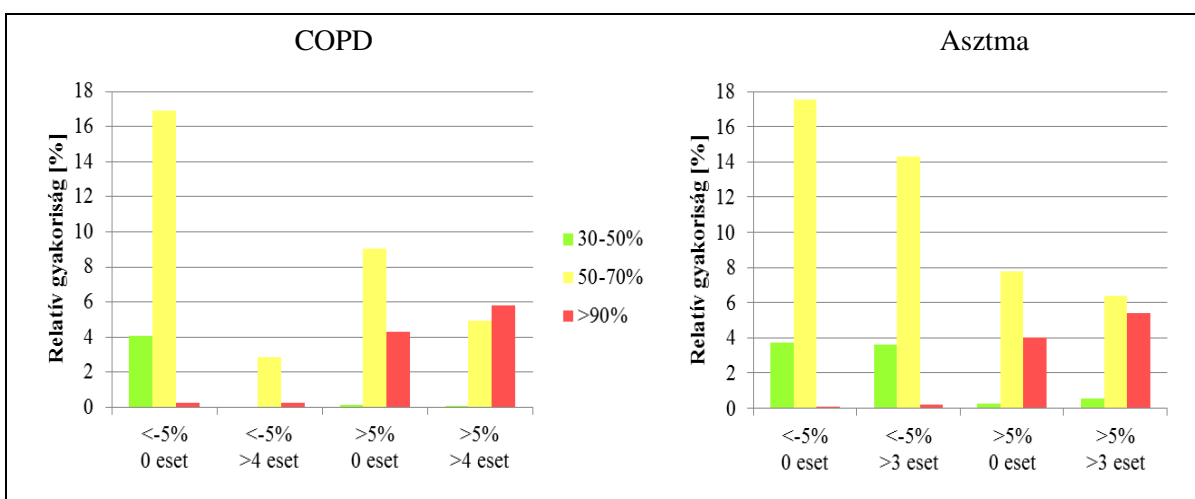


19. ábra: Vízgőznyomási értékek két nap alatti jelentősebb változásainak aránya 0 és 4-nél több COPD-s beteg (balra), illetve 0 és 2-nél több tüdőembóliás beteg (jobbra) felvételének napján a CarpatClim adatai alapján, 1997-2010

A relatív nedvesség hatását tekintve mind a négy vizsgált tüdőbetegsége általánosságban jellemző, hogy az alacsonyabb – 60% alatti – relatív nedvesség értékek esetén némileg kisebb, a magasabb – 80% feletti – relatív nedvességi viszonyok esetén valamelyest nagyobb volt a betegfelvételek száma, mint azokon a napokon, amikor nem történt betegfelvétel. A relatív arányok összehasonlítását szemlélteti a 20. ábra, ahol az asztmás és a légmellés nagyobb számú betegfelvételek napjain, illetve a betegfelvétel nélküli napokon regisztrált relatív nedvességek eloszlásai láthatók. Az asztmához képest a tüdőembóliás eseteknél kapott relatív gyakoriságok kissé magasabbak voltak 90% feletti relatív nedvességnél.



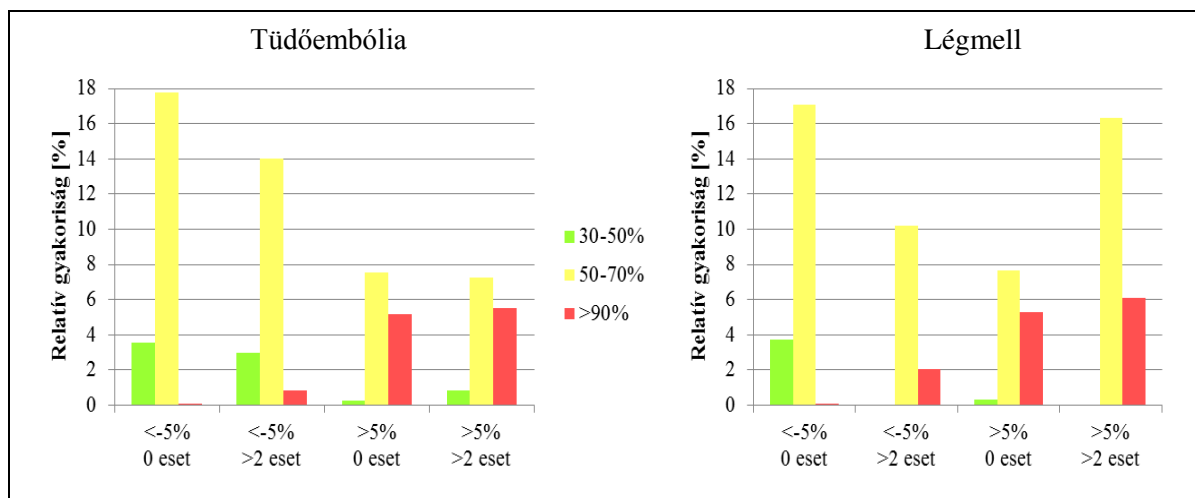
20. ábra: Relatív nedvességi értékek eloszlása 0 és legalább 3 asztmás (balra), illetve tüdőembóliás beteg (jobbra) felvételének napján a CarpatClim adatai alapján, 1997-2010



21. ábra: Relatív nedvességi értékek két nap alatti jelentősebb változásainak aránya 0 és 4-nél több COPD-s (balra), illetve 0 és 3-nál több asztmás beteg (jobbra) felvételének napján a CarpatClim adatai alapján, 1997-2010

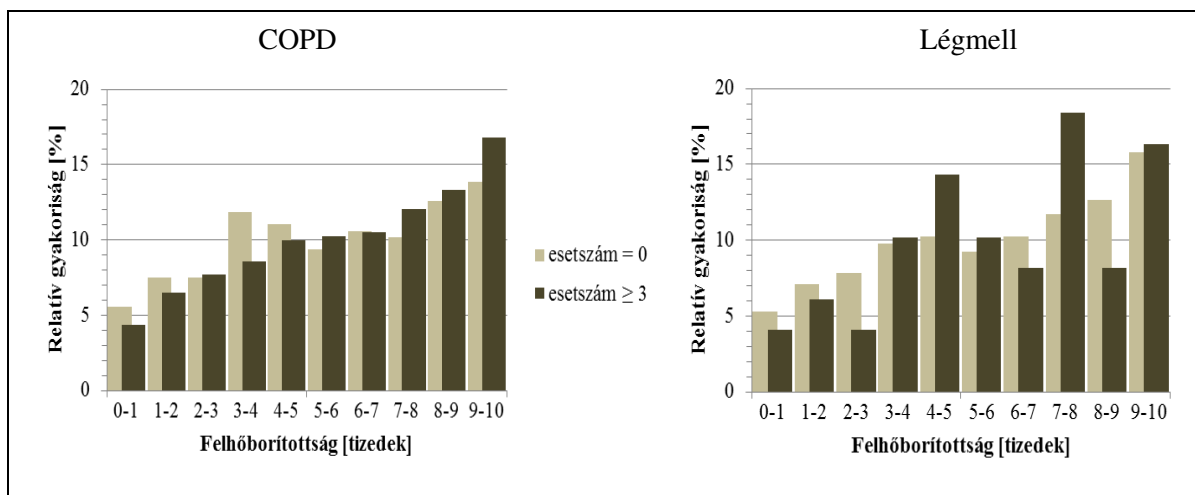
A relatív nedvesség kétnapos változása mindegyik vizsgált betegségnél hatással volt az esetszámra (21. és 22. ábra). Nagyobb számú COPD-s és légmelles betegfelvételek napján a száraz (30-50%-os relatív nedvesség) időjárási viszonyok esetén jelentkező értékek relatív aránya kisebb volt, mint a betegfelvétel nélküli napokon. A közepesnek tekinthető (50-70%-os intervallumba eső) értékek értékekhez kapcsolódó jelentősebb szárazodó tendencia relatív gyakorisága mindegyik vizsgált betegségnél egyértelműen kisebbnek adódott a több betegfelvételű napokon, mint amikor egyáltalán nem került sor betegfelvételre. Ugyancsak valamelyest kisebb volt az ezekhez kapcsolódó relatív nedvesség növekedések aránya – kivéve a kisebb összesetszámú a légmelles eseteket. A

90%-nál nagyobb relatív nedvességi értékek további növekedése mind a négy vizsgált betegségnél valamelyest nagyobb arányban jelentkezett, mint amikor nem történt betegfelvétel.



22. ábra: Relatív nedvességi értékek két nap alatti jelentősebb változásainak aránya 0 és 2-nél több tüdőembóliás (balra), illetve 0 és 2-nél több légmelles beteg (jobbra) felvételének napján a CarpatClim adatai alapján, 1997-2010

A felhőborítottság és a vizsgált betegségek közötti statisztikai kapcsolat feltárásához csak a CarpatClim adatbázisban rendelkezésre álló idősorokat használhattuk fel. A csapadékhoz hasonlóan ennél az időjárási elemnél sem értelmeztük az egyik napról a másikra történő változásokat. A 23. ábra a nagyobb számú COPD-s és légmelles betegfelvételekhez kapcsolódó eloszlásokat mutatja be a betegfelvételek nélküli napokhoz viszonyítva (az asztma és a tüdőembólia esetén a COPD-hez nagyon hasonló eloszlásokat kaptunk). A diagramról leolvasható, hogy a naponta kettőnél több COPD-s betegfelvételű napok kissé felhősebbek voltak, mint a betegfelvételű nélküli napok. Légmell esetén kis felhőborítottsági értékeknél az eset nélküli napok relatív gyakorisága volt nagyobb. Azokon a napokon, amikor sok eset következett be, a legnagyobb relatív gyakoriság a 7-8 tizednél volt.

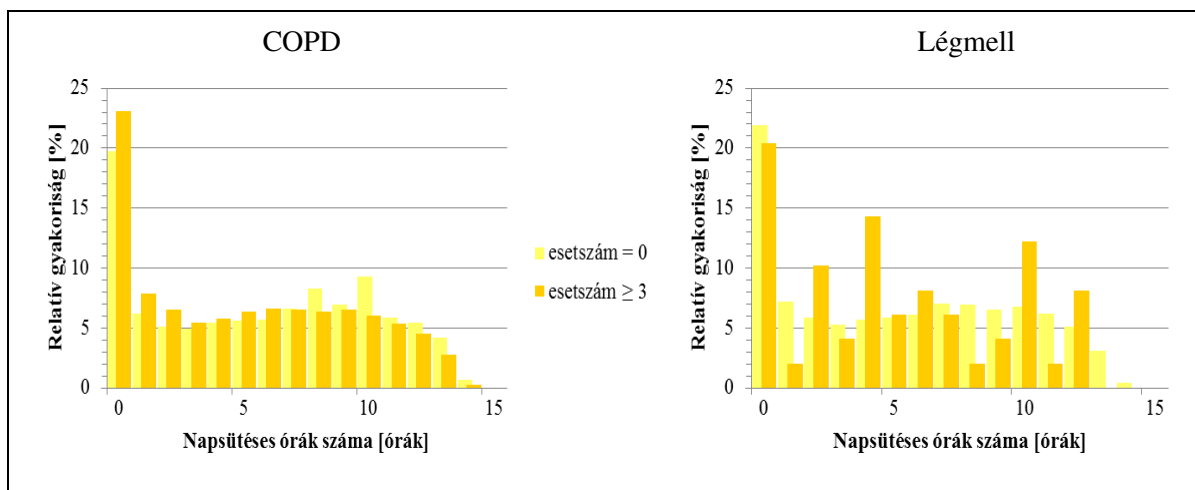


23. ábra: Felhőborítottsági értékek eloszlása 0 és legalább 3 COPD-s (balra), illetve légmell-es beteg (jobbra) felvételének napján a CarpatClim adatai alapján, 1997-2010

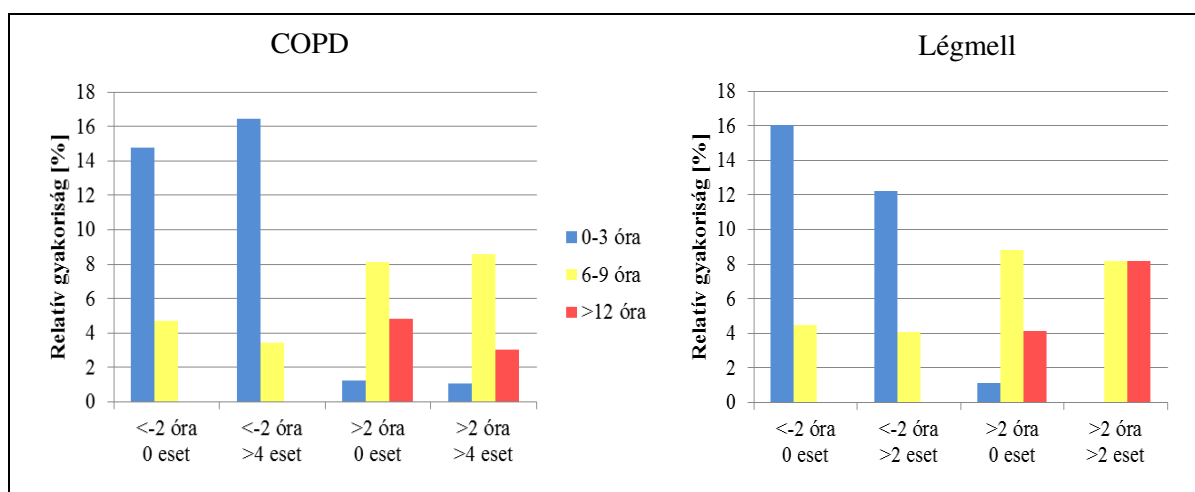
6.5. Sugárzási elemek hatása a vizsgált tüdőbetegségekre

A 24. ábrán a COPD-re és a légmell-re vonatkozóan a több betegfelvételű és a betegfelvétel nélküli napokon előforduló napsütéses órák számának eloszlását hasonlíthatjuk össze. A felhőzetre kapott eredményekkel összhangban – elsősorban a COPD-s betegfelvételek esetén – a kevesebb napsütéses óra felé tolódik el valamelyest az eloszlás a sokesetű napokon. A jóval kisebb összesetszám miatt a légmellre kapott relatív gyakoriságok kevésbé szabályos eloszlási képet mutatnak a COPD-s betegekre adódó eloszláshoz képest. Éppen ezért a légmell-es betegek esetén a magasabb napi napsütéses óraszámokhoz kapcsolódóan is fordultak elő nagyobb relatív arányok a betegfelvétel nélküli napokhoz viszonyítva, így egyértelmű eltolódás nem figyelhető meg a gyakorisági eloszlásban.

A 25. ábráról leolvasható, hogy COPD esetén a 0-3 óra közötti napi értékek további jelentősebb csökkenésének relatív gyakorisága kissé nagyobb a több betegfelvétellel jellemezhető napokon, mint a betegfelvétel nélküli napokon; míg légmell esetén valamelyest kisebb. A napi 12 óra további jelentősebb növekedése a több COPD-s betegfelvételű napokon némileg kisebb arányban jelentkezett, mint amikor egyáltalán nem került sor betegfelvételre. *Obuchi et al.* (2011) eredményeivel ellentétben sok légmell-es beteg felvételének időszakában a napsütéses órák nagyobb számának jelentősebb további növekedése relatíve többször fordult elő, mint a betegfelvétel nélküli napokon.



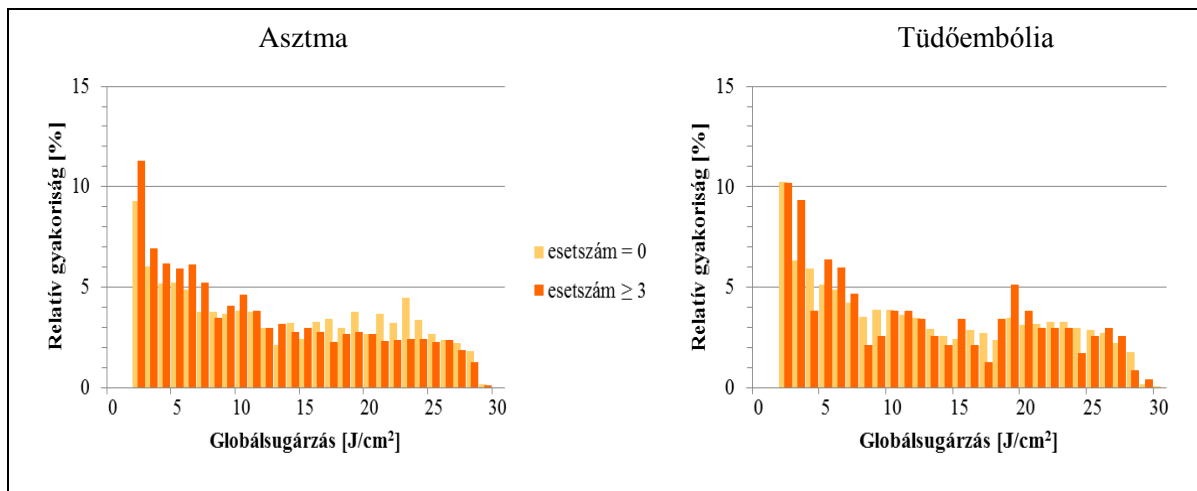
24. ábra: Napsütéses órák számának eloszlása 0 és legalább 3 COPD-s (balra), illetve légmellés beteg (jobbra) felvételének napján a CarpatClim adatai alapján, 1997-2010



25. ábra: Napsütéses órák számának két nap alatti jelentősebb változásainak az aránya 0 és 4-nél több COPD-s beteg (balra), illetve 0 és 2-nél több légmellés beteg (jobbra) felvételének napján a CarpatClim adatai alapján, 1997-2010

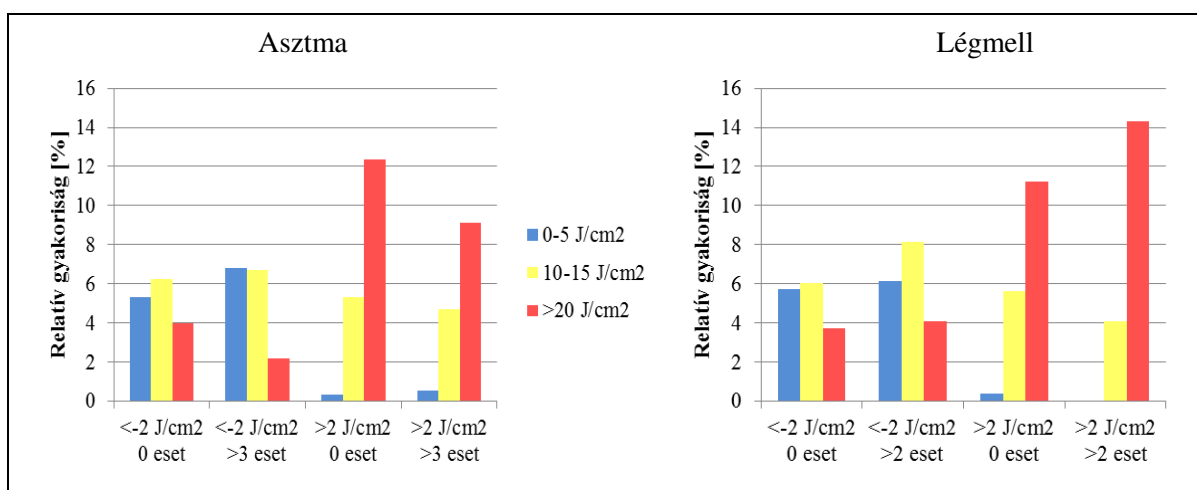
A 26. ábra az asztmára és a tüdőembóliára vonatkozóan hasonlítja össze a sok betegfelvételi napokon, illetve a betegfelvétel nélküli napokon előforduló globálsugárzási értékek eloszlását. Az előző időjárási elemhez hasonlóan itt is általánosságban mindkét betegségnél az eloszlás kisebb értékek felé tolódását figyelhetjük meg a nagyobb betegfelvételi időszakokban. Asztma és tüdőembólia esetén is a 6 J/cm^2 körüli kis értékek relatív gyakorisága valamelyest nagyobb a három vagy annál több napi esetszámú napokon a betegfelvétel nélküli időszakokhoz képest. A két betegség között a nagyobb globálsugárzási értékeknél tapasztalható némi eloszlásbeli különbség: 20 J/cm^2 környékén

asztmás eseteknél a relatív gyakoriság valamelyest kisebb az eset nélküli napokhoz képest, míg tüdőembóliás eseteknél fordított a helyzet.



26. ábra: Globálsugárzási értékek eloszlása 0 és legalább 3 asztmás (balra), illetve tüdőembóliás beteg (jobbra) felvételének napján a CarpatClim adatai alapján, 1997-2010

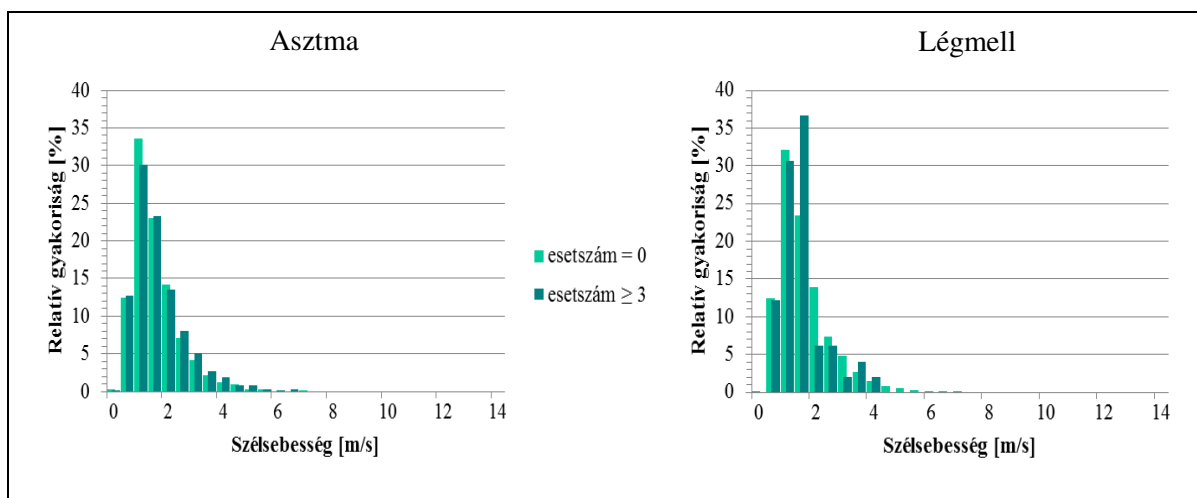
A 27. ábra elemzi a globálsugárzás és annak kétnapos jelentősebb mértékű változását asztma és légmell esetén. Az előbbihez nagyon hasonló eredményt kaptunk a COPD-s és a tüdőembóliás esetekre. A 20 J/cm^2 -nél nagyobb globálsugárzási érték további jelentősebb növekedése mind az asztmára, mind a légmellre: valamelyest eltérő relatív gyakoriságot eredményezett azokon a napokon, amikor sok betegfelvétel történt, mint amikor egyáltalán nem került ilyenre sor. Előbbi esetén némileg kisebbet, ezzel szemben az utóbbiaknál kissé nagyobbat.



27. ábra: Globálsugárzási értékek két nap alatti jelentősebb változásainak aránya 0 és 3-nál több asztmás beteg (balra), illetve 0 és 2-nél több légmellés beteg (jobbra) felvételének napján a CarpatClim adatai alapján, 1997-2010

6.6. Szélsébség és szélirányra vonatkozólag nem tudunk egyértelmű választ adni

Szélsébségre és szélirányra vonatkozólag nem tudunk egyértelmű választ adni arra, hogy milyen hatással vannak a tüdőbetegségekre. A 28. ábra jelzi az asztmás sokesetes napokra jellemző gyakorisági eloszlás kismértékű eltoldását a nagyobb átlagos szélsébségi értékek felé a betegfelvétel nélküli napokhoz képest (COPD-re és tüdőembóliára is hasonló eredményeket kaptunk). Légmell esetén a sokkal kisebb összesetszám miatt a kapott eloszlások nem mutatnak egyértelmű módosulást a nagyobb számú napi betegfelvételkor.



28. ábra: Szélsébség 2 m-en vett értékeinek eloszlása 0 és legalább 3 asztmás (balra), illetve légmelles beteg (jobbra) felvételének napján a CarpatClim adatai alapján, 1997-2010

7. Összefoglalás

E dolgozat célja az volt, hogy megmutassuk milyen hatással vannak a meteorológiai elemek a különböző tüdőbetegségekre. A vizsgált betegségek a következők voltak: a COPD (krónikus obstruktív tüdőbetegség), az asztma, a tüdőembólia, valamint a légmell. A Semmelweis Egyetem Igazságügyi és Biztosítás-orvostani Intézetétől kapott betegadatbázis 1997-2014 időszakban a kórházi kezelésben részesült tüdőbetegek adatait tartalmazza. Elemzéseinkhez felhasználtuk az E-OBS és a CarpatClim rácsponti adatbázisban szereplő időjárási elemek budapesti térséget reprezentáló néhány rácscellára átlagolt idősorait. A vizsgálat során különböző matematikai statisztikai módszereket alkalmaztunk. Ehhez meghatároztuk az egyes betegségekre a betegfelvételek napi számát, melyekhez hozzárendeltük az időjárási elemek aznapi értékeit, valamint a megelőző egy, illetve két naphoz viszonyított változását. Az egyváltozós vizsgálati lépés során a meteorológiai változók eloszlásait hasonlítottuk össze azokra a napokra vonatkozóan, amikor relatíve sok betegfelvételt regisztráltak, illetve amikor egyáltalán nem került sor az adott betegséggel diagnosztizált beteg felvételére. A kétváltozós vizsgálati lépésben az időjárási elemek szélsőségesebb értékeit és azok jelentősebb változásait tekintettük, s ezek együttes relatív gyakoriságait hasonlítottuk össze grafikus formában. Az eredményeket a következő pontokban foglaljuk össze:

- A vizsgálati időszakban a COPD-vel kezelt betegek 99%-a 35 évnél idősebb volt, míg a légmell kialakulása a beteg életkorától kevésbé függött, minden korosztályt egyaránt érintett a betegség.
- A nemek szerinti vizsgálatból kiderült, hogy a vizsgált időszak minden évében az asztmás betegek esetén a nők aránya volt a magasabb. Ezzel szemben a légmell inkább a férfiakat sújtó betegség. COPD és tüdőembólia esetén nem találtunk jelentősebb különbségeket.
- Az évek szerinti eloszlásból arra lehet következtetni, hogy a COPD-vel és légmellel diagnosztizált betegek kórházi felvétele 1997 és 2014 között nőtt.
- A pulmonológiai betegségek éven belüli eloszlásánál megállapítottuk, hogy a téli időszakban több kórházi betegfelvétel történt, mint a nyári időszakban. Mind a négy betegség esetén augusztusban volt a legkevesebb betegfelvétel.
- Kimutattuk, hogy azokon a napokon, amikor több betegfelvétel fordult elő, a légnyomás eloszlása a szélsőséges irányokba tolódott el a betegfelvétel nélküli

napokhoz képest. Ezen kívül a jelentősebb nyomásváltozás is hatással volt a napi esetszámmra, legfőképpen a légmelles és az asztmás betegek esetén.

- A hőmérsékletre vonatkozó eredmények azt mutatják, hogy COPD és asztma esetén az alacsonyabb, 0 °C környéki hőmérsékletek felé tolódott el az eloszlás azokon a napokon, amikor négynél több betegfelvétel volt. Ez igaz minimum-, maximum- és középhőmérsékleti értékekre is. Tüdőembóliás és légmelles betegfelvételnél nem lehetett pontosan megállapítani a kevés összesetszám miatt. A kapott eredmény összefüggésben áll a betegfelvételek éven belüli eloszlásával, a téli időszakban regisztrált nagyobb esetszámmal. A 10 °C alatti minimum-hőmérsékletek jelentősebb változása – akár a növekedése, akár a csökkenése – általánosságban nagyobb relatív gyakoriságú volt azokon a napokon, amikor több betegfelvétel történt. Ezzel szemben a 20 °C feletti értékek jelentősebb változására kisebb arányban került sor azokon a napokon, amikor több betegfelvétel volt. Ez leginkább a COPD-s betegfelvételkor adódó maximumhőmérsékleti eloszlásnál figyelhető meg. Kivételt képez a légmell, mivel ott 20 °C feletti hőmérséklet további jelentősebb növekedése a napi kettőnél több esetszámú napokon a betegfelvétel nélküli napokhoz viszonyítva.
- Vízgőznyomásnál alapvetően az alacsonyabb értékek némileg kevésbé gyakoriak a legalább 3 tüdőembóliás betegfelvételű napokon, mint a betegfelvétel nélküli napokon. Ezzel ellentétben a naponta több COPD-s betegfelvételes napokon a kisebb vízgőznyomási értékek relatív gyakorisága valamelyest nagyobbak adódott. A 10-15 hPa-os intervallumba eső vízgőznyomási értékek jelentősebb kétnapos változása csökkentette a napi 4-nél, illetve a 3-nál több betegfelvételi napokhoz tartozó relatív gyakoriságot COPD-s, illetve asztmás betegekénél.
- Mind a négy vizsgált tüdőbetegségre általánosságban jellemző, hogy az alacsonyabb – 60% alatti – relatív nedvesség értékek esetén némileg kisebb, a magasabb – 80% feletti – relatív nedvességi viszonyok esetén valamelyest nagyobb volt a betegfelvételek száma, mint azokon a napokon, amikor nem történt betegfelvétel.
- A felhőzet, a napsütéses órák száma és a globálsugárzás vizsgálatok kapott eredmények ezen időjárási elemek szoros kapcsolata miatt jelentősen összefüggenek. Megfigyelhető, a nagyobb felhőzet, a kevesebb napsütéses óra, illetve a kisebb globálsugárzás felé tolódik el valamelyest az eloszlás a sokesetes napokon a betegfelvétel nélküli napokhoz viszonyítva.

- A csapadék és a szél esetén nem kaptunk egyértelmű jelentősebb eloszlásbeli különbségeket a napi több betegfelvételű és a betegfelvétel nélküli napokra.

Elemzéseink során tehát megállapítottuk, hogy a különböző meteorológiai elemek és változásai hatással vannak a tüdőbetegségek kialakulására, illetve rosszabbodására. A hatás módjának és nagyságának megállapítása nehéz feladat, mivel az időjáráson kívül számos más tényező is befolyásolja a tüdőbetegek állapotát és annak változásait. Az eredmények pontosítása érdekében érdemes a további tervezett vizsgálatok során ezeknek a meteorológiai elemeknek az együttes hatását elemezni.

Köszönetnyilvánítás

Szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek, dr. Pongrácz Ritának a dolgozat elkészítésében nyújtott segítségéért. Köszönettel tartozom továbbá dr. Törő Klárának a betegadatbázis rendelkezésünkre bocsátásáért. Ezen kívül köszönöm családomnak, hogy mindenben támogattak.

Irodalomjegyzék

- Ambrus, A., 2009: A Hajdú-Bihar – Bihar Eurorégió népességi és egészségföldrajzi mutatóinak egyes aspektusai. *Studia Geographica*, 22. Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen, 119p.
- Alifano, M., Forti Parri, S.N., Bonfanti, B., Abu Arab, W., Passini, A., Boaron, M., Roche, N., 2007: Atmospheric Pressure Influences the Risk of Pneumothorax: Beware of the Storm! *Chest*, 131(6), pp. 1877-1882.
- Applegate, W.B., Runyan, J.W., Brasfield, L., 1981: Analysis of the 1980 heat wave in Memphis. *J. Am. Geriatr. Soc.*, 29, pp. 337-342.
- Bártfai, E., 1986: Az orvosmeteorológia mai helyzete Magyarországon. *Légekör*, 31. évfolyam, pp. 16-20.
- Becker, T., Schickedanz, H., Petrat, H., Rötze, R., 1978: Relationship between weather and incidence of pulmonary embolism. Longitudinal study of case histories occurring during a 50 year period. *Z. Erkr. Atmungsorgane*, 152, pp. 177-183.
- Bhowmik, A., Seemungal, T.A., Donaldson, G.C., Wedzicha, J.A., 2005: Effects of exacerbations and seasonality on exhaled nitric oxide in COPD. *Eur. Respir. J.*, 26, pp. 1009-1015
- Bulajich, B., Subotich, D., Mandarich, D., 2005: Influence of atmospheric pressure, outdoor temperature, and weather phases on the onset of spontaneous pneumothorax. *Ann. Epidemiol.*, 15, pp. 185-190.
- Chen, Y., Yang, Q., Krewski, D., Shi, Y., Burnett, R.T., McGrail, K., 2004: Influence of Relatively Low Level of Particulate Air Pollution on Hospitalization for COPD in Elderly People. *Inhalation Toxicology*, 16, pp. 21-25.
- Clauss, R., Mayes, J., Hilton, P., Lawrenson, R., 2005: The influence of weather and environment on pulmonary embolism: pollutants and fossil fuels. *Med Hypotheses*, 64(6), pp. 1198-1201.
- Csiszár, G., Szűcs, E., Tóth, K., Lőrincz, I., 1976: Meteorológiai tényezők hatásának tanulmányozása emberen. *Népegészségügy* 57, pp. 357-362.
- Csoma, Zs., Kovács, G., Ostoros, Gy., Sótér, Sz., Strausz, J., Zsarnóczay, I., 2012: Pulmonológiai intézmények 2011. évi epidemiológiai és működési adatai. *Korányi Bulletin*, 1, pp. 4-25.
- Czelnai, R., 1988: Bevezetés a meteorológiába II. Tankönyvkiadó, Budapest, 403p.
- Desquerox, H., Pujet, J-C., Prosper, M., Squinazi, F., Momas, I., 2002: Short-Term Effects of Low-Level Air Pollution on Respiratory Health of Adults Suffering from Moderate to Severe Asthma. *Environmental Research Section A*, 89, pp. 29-37.
- Dévényi, D., Gulyás, O., 1988: Matematikai statisztikai módszerek a meteorológiában. Tankönyvkiadó, Budapest, 443p.
- Donaldson, G.C., Seemungal, T., Jeffries, D.J., Wedzicha, J.A., 1999: Effect of temperature on lung function and symptoms in chronic obstructive pulmonary disease. *Eur. Respir. J.*, 13, pp. 844-849.
- Ferrari, U., Exner, T., Wanka, E.R., Bergemann, C., Meyer-Arneck, J., Hildenbrand, B., Tufman, A., Heumann, C., Huber, R.M., Bittner, M., Fischer, R., 2012: Influence of air pressure, humidity, solar radiation, temperature, and wind speed on ambulatory visits due to chronic obstructive pulmonary disease in Bavaria, Germany. *Int. J. Biometeorol.*, 56(1), pp. 137-143.
- Fülöp, A., 2008: Az időjárás egészségügyi hatásai. In: Holicska, Sz. (szerk.): Emberpróbáló időjárás – Orvosmeteorológia mindenkinek. Athenaeum 2000 Kiadó, Budapest, pp. 31-50.
- GINA, 2006: Global Strategy for Asthma Management and Prevention. 92p. Online elérhető: www.ginasthma.com

- Goldhaber, S.Z., Visani, L., De Rosa, M., 1999: Acute pulmonary embolism: clinical outcomes in the International Cooperative Pulmonary Embolism Registry (ICOPER). *Lancet*, 353, pp. 1386–1389.
- Havenith, G., 2005: Temperature Regulation, Heat Balance and Climatic Stress. In: Kirch, W., Menne, B., Bertollini, R. (szerk.): *Extreme Weather Events and Public Health Responses*. Springer-Verlag, Berlin, pp. 69–80.
- Haylock, M.R., Hofstra, N., Klein Tank, A.M.G., Klok, E.J., Jones, P.D., New, M. (2008), A European daily high-resolution gridded data set of surface temperature and precipitation for 1950–2006. *J. Geophys. Res.*, 113, pp. D20119
- Heit, J.A., O’Fallon, W.M., Petterson, T.M., 2002: Relative impact of risk factors for deep vein thrombosis and pulmonary embolism: A population-based study. *Arch. Intern. Med.*, 162(11), pp. 1245–1248.
- Huang, T.W., Cheng, Y.L., Tzao, C., Hsu, H.H., Chen, J.C., Lee, S.C., 2007: Factors related to primary bilateral spontaneous pneumothorax. *Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 55, pp. 310–312.
- Ivey, M.A., Simeon, D.T., Monteil, M.A., 2003: Climatic variables are associated with seasonal acute asthma admissions to accident and emergency room facilities in Trinidad, West Indies. *Clin. Exp. Allergy*, 33(11), pp. 1526–1530.
- Kalkstein, L.S., Valimont, K.M., 1987: Climate effects on human health. EPA Science and Advisory Committee Monograph no. 25389, Washington, pp. 52–122.
- Kardiológiai Szakmai Kollégium, 2008: Az Egészségügyi Minisztérium szakmai protokollja: Pulmonalis embolia. Budapest, 17p. Online elérhető:
http://www.kk.pte.hu/docs/protokollok/KARDPulmembo_P.pdf
- Keatinge, W.R., 1984: Increases in platelet and red cells counts, blood viscosity, and arterial pressure during mild surface cooling: factor in mortality from coronary and cerebral thrombosis in winter. *British Medical Journal*, 289, pp. 1405–1408.
- Kérdő, I., 1951: Időjárás és vegetatív idegrendszer. *Időjárás*, 55., pp. 136–144.
- Kis, Zs., 2006: Az időjárásváltozás hatása a hirtelen halálesetekre Budapesten az 1995-től 2004-ig terjedő időszakra, Szakdolgozat, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest (témavezetők: Pongrácz R., J.), 52p.
- Klein, S.A., Hartmann, D.L., 1993: The Seasonal Cycle Of Low Stratiform Clouds. *J. of Climate*, 6(8), pp. 1587–1606
- Ko, F.W., Tam, W., Wong, T.W., Chan, D.P., Tung, A.H., Lai, C.K., Hui, D.S., 2007: Temporal relationship between air pollutants and hospital admissions for chronic obstructive pulmonary disease in Hong Kong. *Thorax*, 62(9), pp. 780–785.
- Kovács, G., 2014: A COPD – egy aluldiagnosztizált népbetegség. Program a betegség jobb megismeréséért és ellátásáért. IME, XIII, pp. 23–26. Online elérhető:
http://www.imeonline.hu/article/2108/23_26.pdf
- Lányi, P., 1990: Vigyázat! Frontbetörés. *Medicina*, Budapest, 206p.
- Leighton, P., 1971: Introduction. In: Leighton, P.: *Photochemistry of Air Pollution*. Academic Press, New York, pp. 1–5.
- Magyar, P., 2000: Az asthma bronchiale klinikuma, felosztása, diagnózisa. In: Petrányi, Gy., Dobozi, A., Gergely, P., Pálóczi, K., Szegedi, Gy., Szemere, P. (szerk.): *Klinikai immunológia*. Medicina Könyvkiadó, Budapest, pp. 251–257.
- Magyar, P., Hutás, I., Vastag, E. (szerk.), 2002: *Pulmonológia*. Medicina Könyvkiadó, Budapest, 691p.
- Magyar P., Vastag E., 2005: *Pulmonológiai betegségek*. Semmelweis Kiadó, Budapest, 257p.

- Magyar, P., 2010: A légzőrendszer betegségei. In: Tulassay, Zs. (szerk.): A belgyógyászat alapjai 1. Medicina Könyvkiadó, Budapest, pp. 766-778. Online elérhető:
http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/2011_0001_524_A_belgyogyaszat_alapjai_1/adatok.html
- Marks, G.B., Colquhoun, J.R., Girgis, S.T., Koski, M.H., Treloar, A.B., Hansen, P., Downs, S.H., Car, N.G., 2001: Thunderstorm outflows preceding epidemics of asthma during spring and summer. *Thorax*, 56(6), pp. 468-471.
- Mihóczy L., 2003: Pulmonológia. In: Petrányi, Gy. (szerk.): Belgyógyászat. Tömör összefoglalás. Medicina Könyvkiadó, Budapest, 53p.
- Miller, A.C., Harvey, J.E., 1993: Guidelines for the management of spontaneous pneumothorax. *Br. Med. J.*, 307, pp. 114-116.
- Newson, R., Strachan, D., Archibald, E., 1997: Effect of thunderstorms and airborne grass pollen on the incidence of acute asthma in England, 1990–94. *Thorax*, 52, pp. 680-685.
- Nyirkos, P. (szerk.), 2005: Tényeken Alapuló Orvostudomány Módszertani Ajánlások. Melania Kiadó, Budapest, 2723p. Online elérhető:
<http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tkt/tenyeken-alapulo/adatok.html>
- Obuchi, T., Miyoshi, T., Miyahara, S., Hamanaka, W., Nakashima, H., Yanagisawa, J., Hamatake, D., Imakiire, T., Yoshinaga, Y., Shiraishi, T., Iwasaki, A., 2011: Does pneumothorax occurrence correlate with a change in the weather? *Surg. Today*, 41(10), pp. 1380-1384.
- Oztuna, F., Ozsu, S., Topbaş, M., Bülbül, Y., Koşucu, P., Ozlü, T., 2008: Meteorological parameters and seasonal variations in pulmonary thromboembolism. *Am. J. Emerg. Med.*, 26(9), pp. 1035-1041.
- Pemberton, J., Goldberg, C., 1954: Air Pollution and Bronchitis. *Br. Med. J.*, 2(4887), pp. 567–570.
- Pongrácz, R., Bartholy, J., Kis, Zs., Törő, K., Szlávik, N., Dunay, Gy., Keller, É., 2010: Budapesti hirtelenhalál esetek meteorológiai összefüggéseinek elemzése. III. Magyar Földrajzi Konferencia, Budapest, 12p. Online elérhető:
<http://geography.hu/mfk2006/pdf/Pongr%E1cz%20Rita3.pdf>
- Pöschl U., 2005: Atmospheric Aerosols: Composition, Transformation, Climate and Health Effects. *Angewandte Chemie International Edition*, 44, pp. 7520–7540.
- Rossi, O.V., Kinnula, V.L., Tienari, J., Huhti, E., 1993: Association of severe asthma attacks with weather, pollen, and air pollutants. *Thorax*, 48(3), pp. 244-248.
- Roth, G. R., 2000: Meteorológiáról mindenkinek. Magyar Könyvklub, Budapest, 293p.
- Sebészeti Szakmai Kollégium, 2008: Az Egészségügyi Minisztérium szakmai protokollja: Pneumothorax (légmell, ptx), Budapest, 7p. Online elérhető:
http://www.kk.pte.hu/docs/protokollok/SEBPneumothorax_P.pdf
- Smit, H.J., Devillé, W.L., Schramel, F.M., Schreurs, J.M., Sutedia, T.G., Postmus, P.E., 1999: Atmospheric pressure changes and outdoor temperature changes in relation to spontaneous pneumothorax. *Chest*, 116(3), pp. 676-681.
- Sousa S.I.V., Alvim Ferraz M.C.M., Martins F.G., 2013: Health effects of ozone focusing on childhood asthma: What is now known – a review from an epidemiological point of view. *Chemosphere*, 90, pp. 2051–2058.
- Staskiewicz, G., Torres, K., Czekajska-Chehab, E., Pachowicz, M., Torres, A., Radej, S., Opielak, G., Maciejewski, R., Drop, A., 2010: Low atmospheric pressure and humidity are related with more frequent pulmonary embolism episodes in male patients. *Ann Agric Environ Med*, 17(1), pp. 163-167.
- Szalai, S., Auer, I., Hiebl, J., Milkovich, J., Radim, T., Stepanek, P., Zahradnicek, P., Bihari, Z., Lakatos, M., Szentimrey, T., Limanowka, D., Kilar, P., Cheval, S., Deak, Gy., Mihic, D., Antolovic, I., Mihajlovic, V.,

Nejedlik, P., Stastny, P., Mikulova, K., Nabyvanets, I., Skyryk, O., Krakovskaya, S., Vogt, J., Antofie, T., Spinoni, J., 2013: Climate of the Greater Carpathian Region. Final Technical Report. Online elérhető: www.carpatclim-eu.org.

Szentimrey, T., 2011: Manual of homogenization software MASHv3.03, Hungarian Meteorological Service, Budapest, 64p.

Szentimrey, T., Bihari, Z., 2007: Mathematical background of the spatial interpolation methods and the software MISH (Meteorological Interpolation based on Surface Homogenized Data Basis). Proceedings from the Conference on Spatial Interpolation in Climatology and Meteorology, Budapest, Hungary, 2004, COST Action 719, COST Office, pp. 17–27.

Tamás, L., Magyar, P., 2012: Pulmonológiai kórképek szezonálisitása. In: Törő, K. (szerk.): Az éghajlatváltozás hatásai az emberi szervezetre. Medicina Könyvkiadó, Budapest, pp. 165-182.

Törő, K., 2010: A meteorológiai tényezők szerepe a mortalitásban. In: Törő, K. (szerk.): Az éghajlatváltozás hatásai az emberi szervezetre. Medicina Könyvkiadó, Budapest, pp. 219-235.

Tüdőgyógyászati Szakmai Kollégium, 2010: Az Egészségügyi Minisztérium szakmai irányelve: Az asztma diagnosztizálásáról, kezeléséről és gondozásáról. Budapest, 35p. Online elérhető: <http://www.kk.pte.hu/docs/protokollok/PULM-asztma.pdf>

Tüdőgyógyászati Szakmai Kollégium, Infektológiai Szakmai Kollégium, 2008: Az Egészségügyi Minisztérium szakmai protokolljai: A krónikus obstruktív légúti betegség (chronic obstructive pulmonary disease – COPD) diagnosztikája és kezelése. Budapest, 17p. Online elérhető: http://www.kk.pte.hu/docs/protokollok/TUDOCOPD_P.pdf

van den Besselaar, E. J. M., M. R. Haylock, G. van der Schrier, A. M. G. Klein Tank, 2011: A European daily high-resolution observational gridded data set of sea level pressure, J. Geophys. Res., 116, pp. D11110

van der Linden, P., Mitchell, J.F.B., 2009: Summary of research and results from the ENSEMBLES project. Met. Office Hadley Centre, Exeter, UK, 164p.

Wells, P.S., Anderson, D.R., Rodger, M., Stiell, I., Dreyer, J.F., Barnes, D., Forgie, M., Kovacs, G., Ward, J., Kovacs, M.J., 2001: Excluding pulmonary embolism at the bedside without diagnostic imaging: management of patients with suspected pulmonary embolism presenting to the emergency department by using a simple clinical model and D-dimer. Ann. Intern. Med., 135, pp. 98-107.

WMO, 1992: Climatic impacts and applications. No. 726, Chapter 6, pp. 72-80.

Zimmermann, I., 1999: Ember és időjárás. Radó Kiadó, Eger. 110p.

Internetes források:

Az Országos Meteorológiai Szolgálat honlapja:

http://www.met.hu/omsz/palyazatok_projektek/carpatclim/bevezeto/

A CarpatClim adatbázis honlapja:

<http://www.carpatclim-eu.org/pages/about/>

Az E-OBS adatbázis honlapja:

<http://www.ecad.eu/download/ensembles/ensembles.php>