

SIPOS BENEC, KREINICKER KATA
TDK MUNKA



BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
TERMÉSZETTUDOMÁNYI KAR
GEOMETRIA TANSZÉK

TDK MUNKA



BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
TERMÉSZETTUDOMÁNYI KAR
GEOMETRIA TANSZÉK

SIPOS BENCE, KREINICKER KATA

AZ IDŐJÁRÁS HATÁSÁNAK
VIZSGÁLATA A SÜRGŐSSÉGI
BETEGELLÁTÓ OSZTÁLYRA
NEUROLÓGIAI PROBLÉMÁKKAL
FELVETT PÁCIENSEK ESETÉN

Konzulens:

dr. Szilágyi Brigitta
docens

dr. Lovas Gábor
helyettes osztályvezető főorvos

Budapest, 2022.

Tartalomjegyzék

Jelölések jegyzéke

1. Bevezetés	1
2. Szakirodalmi áttekintés	3
2.1. Időjárás és migrén	3
2.2. Időjárás és epilepszia	5
2.3. Időjárás és stroke, agyvérzés	6
2.4. Péczely-féle makroszinoptikus osztályozás	7
3. Adatok	12
4. Módszerek	13
4.1. Statisztikai tesztek	13
5. Eredmények	15
5.1. Migrén	18
5.2. Epilepszia	21
5.3. Stroke	23
5.4. Összevont neurológiai vizsgálatok	25
5.5. Időjárás hatása a betegek beérkezésének időpontjára	29
6. Összefoglalás	31
Irodalomjegyzék	33

Jelölések jegyzéke

Péczely-féle időjárás kódok

Jelölés	Megnevezés, értelmezés
C	ciklon
c	hidegfront (cold)
w	melegfront (warm)
z	zonális
m	meridionális
M	Mediterrán
A	anticiklon
B	Brit
F	Fennoskandináv
n	északi (north)
e	keleti (east)
s	déli (south)
w	nyugati (west)

1. fejezet

Bevezetés

Sokszor hallani a hétköznapi szóhasználatban, hogy egy-egy fejfájás, dekoncentrált állapot okának az időjárást, a frontokat jelölik meg az emberek. Ilyenkor leggyakrabban a migrént hozzák elő, mint problémát, ami a felnőtt lakosság 14%-át érinti. Mindazok ellenére, hogy milyen gyakran hallunk embereket az időjárásra panaszkodni, az irodalomban igen eltérő eredményeket találunk az időjárás és ezen problémakör kapcsolatára. A helyenként tapasztalható ellentmondásosság mellett, a kardiovaszkuláris kórképek és az időjárási paraméterek kapcsolatát elemző publikációk számához képest a neurológiai kórképek esetén sokkal kevesebb eredményt találunk. Dolgozatunkban az időjárási paraméterek együttes és külön-külön való hatását kívánjuk vizsgálni a neurológia körébe tartozó kórképek esetén. Kitüntetett célunk volt, hogy a hagyományos, gyakoriságok számításán alapuló metódusokon túl olyan matematikai eljárásokat alkalmazzunk, amelyekről pontosabb eredményeket várhatunk.

Az időjárást leginkább nem orvosi szempontból szokták vizsgálni. Az éghajlat és az éghajlattal általánosan használt elnevezése a klíma, illetve klimatológia. Gyakran szinonimaként tekintenek a meteorológiára. Ez azonban egy szűkebb kategória, a légkör fizikai folyamataival foglalkozik. Mindkét szó görög eredetű, Arisztotelész munkásságához kötődik. Ezen tudományterületen belül a bioklimatológia és a biometeorológia foglalkozik a légköri környezet élő szervezetre gyakorolt hatásaival. A kettő között az eltérést csak a különböző lépték adja. A kimondottan emberi szervezetre gyakorolt élettani és kórélettani hatásokkal a humán bioklimatológia foglalkozik. Ez a részterület viszont már szoros kapcsolatban áll az orvostudománnyal.[1]

Az időjárás minden ember életében jelen van, mindenkire hat valamilyen formában. Az egyes megbetegedések mögötti rizikófaktoroknál viszont nem, vagy nem igen szokták figyelembe venni. Kutatásunkban a legnagyobb neurológiai betegségcsoportok (agyi keringési zavarok, epilepszia, migrén) esetén vizsgáltuk az időjárás szerepét. Egy sürgősségi betegellátó osztályra (SBO-ra) került páciensek napi esetszáma, valamint az

időjárási paraméterek, illetve azok összesített hatása között kerestünk összefüggéseket. Ehhez a Péczely-féle makroszinoptikus időjárás osztályozást vettük alapul.

A szinoptikus osztályozási rendszerek már közel 80 éves múltra tekintenek vissza Európában. Először Baur hozott létre munkatársaival egy 21 időjárási típusból álló rendszert. Osztályozásuk alapjául a tengerszintre számított légnyomás szolgált. [2] 1952-ben Hess és Brezowsky teljesen átdolgozta ezt a tipizálást.[3] Hamarosan egyre több országban készültek ezekhez hasonló munkák. Ausztriában Lauscher dolgozott ki egy rendszert, amely a Kelet-Alpok időjárási helyzetét gyűjti össze, Svájcban pedig Schüepp készített el egy új tipizálást. Az osztályozások nehézségét az adja, hogy a földrajzi elhelyezkedés nagy mértékben befolyásolja az időjárás alakulását. A korábban felsorolt rendszerek többnyire csak a közép-európai térségre alkalmazhatóak. Jenkinson és Collins munkája, valamint az azt tökéletesítő Lamb alkotta osztályozás a Brit-szigetekre készült. [4] Ez a tipizálás tehát figyelembe veszi a szigetek sajátosságait, a vízfelszín közelségét és annak módosító hatásait.

2. fejezet

Szakirodalmi áttekintés

A szakirodalmi áttekintésünket 3 fő területre bontottuk: migrén, epilepszia, stroke és agyvérzés. Elemzésünket az időjárás és a migrén kapcsolatának vizsgálatával indítjuk.

2.1. Időjárás és migrén

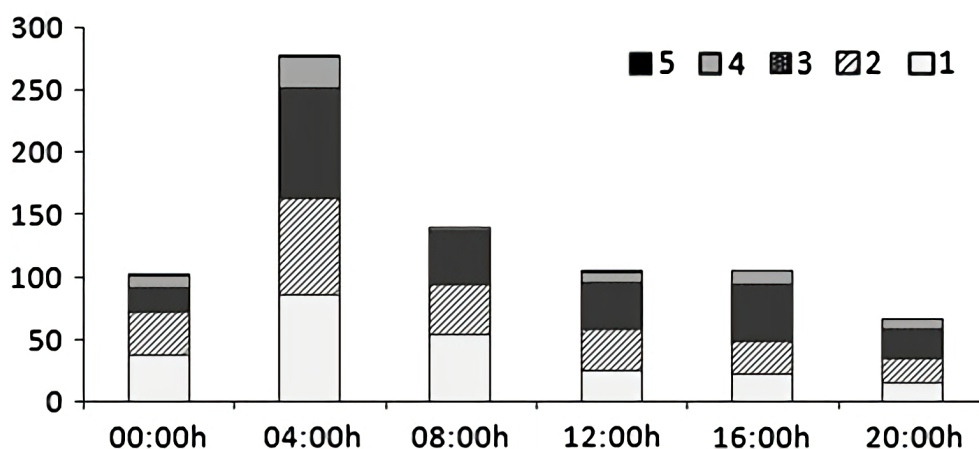
Wenyuan és munkatársai 98 fő bevonásával vizsgálatot végeztek Bostonban arra vonatkozóan, hogy a különböző levegőszennyezettségi és meteorológiai mutatók milyen hatással vannak a migrén kialakulására. Az átlagosan személyenként 45 napig tartó vizsgálat során arra derült fény, hogy kapcsolat fedezhető fel a magasabb páratartalom esetén az áprilistól szeptemberig tartó időszakban. A magas ózon- és szén-monoxid értékek esetén a hideg időszakban (október és március között) növekedtek meg az esetszámok. Érdekes módon az ózon és a relatív páratartalom szintje később a modellezésünk során nem bizonyult szignifikánsnak, ami azt mutatja, hogy ezek hatása szinte elhanyagolható. Ez a kutatás megmutatta azt, hogy nem csak az értékeket érdemes figyelembe venni, hanem azok időtől való függését (szezonálisát) is. [5]

Az American Headache Society által kiadott The Journal of Head and Face Pain folyóiratban megjelent cikk 77 ember adatait vizsgálta 2-24 hónapig. A résztvevők nagyjából fele bizonyult időjárás-érzékenynek, miközben majdnem kétharmaduk azt gondolta, hogy állapota függ az időjárástól. Ebben a kutatásban nemcsak az aznapi értékeket vették figyelembe, hanem az 1-3 nappal azt megelőzőeket is. Létrehoztak időjárási mintázatokat, hasonlóan a Péczely-féle makroszinoptikus osztályozáshoz, viszont ezeket tisztán a mért értékekből állították elő. Részcsoportokra bontással nem találtak különbséget az időjárásra érzékeny és nem érzékeny, férfiak és nők, 50 év alattiak és felettiek csoportjai között. A vizsgálataikhoz használt matematikai módszerek megkérdőjelezhető pontosságúak, mivel a validációt is a tanító adatokon végezték. Továbbá a kérdéssor szubjektivitása is

nehezítette a kiértékelésüket. Vizsgálataikban három időjárási faktort különböztettek meg: 1. hőmérséklet és páratartalom, 2. nyomás-, hőmérséklet-, páratartalom-változás, 3. nyomás, nyomásváltozás több napon keresztül. [6]

Kimoto és munkatársai 2011-ben azt vizsgálták, hogy az Utsunomiya meteorológiai állomás 10 km közelében lakó 28 páciens miként reagál a nyomás változására. Vizsgálataikat egy éven keresztül végezték, a nyomás alakuláshoz pedig egy ± 2 napos időablakot használtak. Állításuk szerint, ha a nyomás a vizsgált naphoz képest két nappal később 5 hPa-lal nőtt, akkor a migrének aránya csökkent. Abban az esetben, ha a következő nap 5 hPa-t meghaladóan csökkent a nyomás, a fejfájások előfordulása megnövekedett. [7]

Jan Hoffmann munkatársaival 20 véletlenszerűen kiválasztott beteget kért meg, hogy egy éven keresztül vezessenek naplót a migrénes eseteikről. Az érintettek 4 órás időközönként számoltak be a fejfájás gyakoriságáról, helyéről, időtartamáról és intenzitásáról. Ez utóbbit egy 5 fokozatú skálán kellett jelölniük, ahol a 0 a nincs fejfájásnak, az 5-ös fokozat pedig a maximális intenzitásnak felelt meg. A migrén detektálásának időbeli megoszlására szignifikáns különbségek adódtak. A legtöbb fejfájást reggel 4 órakor érzékelték, a legkevesebbet pedig este 8 órakor és éjfélkor rögzítették. Intenzitásukban szintén a reggeli időpontok voltak súlyosabbak. Ezt láthatjuk a következő ábrán. Vízszintes tengelyen a 4 órás időintervallumok, függőleges tengelyen pedig a rögzített megbetegedések száma látható intenzitás szerint színezve.



2.1. ábra. Migrénes esetek napi eloszlása

A hónapok esetében szignifikáns különbséget nem tudtak kimutatni. A legtöbb esetet januárban rögzítették, míg a legkevesebbet augusztusban. Ami az időjárási paraméterek illeti, a légnyomás és a migrénes periódusok kezdete között nem találtak szignifikáns összefüggést. Ezzel szemben a hőmérséklet szignifikánsan alacsonyabb, a páratartalom pedig szignifikánsan magasabb volt az időszakok elején. Ugyanezen időjárási paraméterek vezettek magasabb intenzitású migrénekhez. [8]

2014-ben hasonló módszerekkel újabb kutatást végeztek. Ezúttal 100 migrénes esetet vizsgáltak, ugyancsak 12 hónapon keresztül, 4 órás időközönként. Az egy napon belüli

megoszlás kapcsán a korábbi méréseiket igazoló eredményeket kaptak. A legtöbb esetet hajnali 4 órakor (9,1%) és reggel 8 órakor (9%) jegyezték fel. A legkevesebb rögzített eset pedig este 8 órakor (4,8%), valamint éjfélkor (3,3%) fordult elő. A meteorológiai változók és a migrénes események előfordulása között nem tudtak szignifikáns kapcsolatot megállapítani. [9]

A fentiek is mutatják, hogy a kis esetszámon elvégzett vizsgálatok milyen különböző eredményeket hozhatnak. Ezért is tartottuk fontosnak, hogy kutatásainkat nagy esetszámmal végezzük. Meg kell továbbá említeni, hogy egy adott területet teljes egészében lefedő vizsgálatról van szó, tehát minden érintett csak az általunk monitorozott sürgősségi betegellátó osztályt kereshette fel, így ez a mérésünket nem torzította.

2.2. Időjárás és epilepszia

Puskás János és munkatársai a makroszinoptikus időjárási típusok és az epilepsziás rohamok kapcsolatát kutatták. Munkájuk alapjául a Péczy-féle időjárásosztályozás szolgált. Több, mint 1600 epilepsziás rohamot vizsgáltak meg 4 év alatt. Ezen időszak alatt a napi roham átlaga 1,1 volt. Eredményeik szerint a 7 anticiklonális esetből két naptípusnál (10; 12) volt átlag feletti érték, ezek szignifikáns különbséget mutattak. Az eredmény akár meglepő is lehet, hiszen ezen helyzetek esetében kiegyensúlyozott időjárás, stabil légrétegzettség a jellemző. A változékony időjárás inkább a ciklonális eseteknél jellemző, itt a hatból három naptípus (4; 6; 7) emelkedett ki, ezek közül viszont egyik sem volt szignifikáns. Vegyük azonban figyelembe, hogy a kis napi esetszám nagy torzító tényezője lehet egy ilyen kutatásnak. [10]

Az Epilepsy Climate Change Consortium összefoglalói alapján a hőmérséklet, a páratartalom és a napsütéses órák száma befolyásolhatja a rohamok előfordulását. Vizsgálataik alapján a csökkenő hőmérséklet, alacsony nyomás és a magas páratartalom növeli a kockázatot. Szerintük a beltéri környezet hatását is érdemes vizsgálni, hiszen az emberek jelentős része nem a szabadban dolgozik. Szintén fontosnak tartották, hogy megvizsgálják a rohamgátló gyógyszerek hatásosságát, miként változtatja azt az időjárásváltozás. Ezeket a vizsgálatokat azonban csak nagyon kis esetszámmal végezték el. A másik érdekes megállapításuk, hogy napsütéses időben jelentősen csökken a rohamok száma. Tudomásunk szerint a globális felmelegedés hatásai még nem ismertek az epilepsziás rohamokkal küzdőknél. [11]

A mi adatainkhoz hasonlóan Lisszabonban is készült egy vizsgálat, 2015-ben. Az év folyamán több, mint 300 epilepsziás esetet regisztráltak, és ezek kapcsolatát vizsgálták a hőmérséklettel, a nyomással, a relatív páratartalommal, a szélességgel, a csapadékkal és a napsütéses órák számával. A nagyon alacsony napi esetszám miatt viszont

nehéz megállapítani azt, hogy a számításaik mennyire valós képet adnak a betegség időjárás általi érintettségével kapcsolatban. A véletlenszerűséggel nem foglalkoztak, azt feltételezték, hogy minden egynél több eset háttérében az időjárás áll. Télen, alacsony hőmérséklet, magas nyomás, kevesebb napsütéses óraszám és magas páratartalom mellett több epilepsziás rohamot regisztráltak. [12]

Ruhenstroh-Bauer és munkatársai 4 paramétert vizsgáltak: hőmérséklet, páratartalom és zivatarelektromosság két különböző frekvencián (28 kHz és 10 kHz). A hőmérséklet és a páratartalom kapcsán nem találtak kapcsolatot, viszont a 28 kHz-es frekvencia pozitív korrelációs együtthatót adott, a 10 kHz-es pedig negatívát. [13]

2.3. Időjárás és stroke, agyvérzés

Egy hongkongi kutatócsoport 1999-2006 közötti ICD-kódok (International Classification of Diseases) alapján retrospektív vizsgálatokat végzett. Arra voltak kíváncsiak, hogy a légszennyezettségi adatok milyen hatással vannak a stroke előfordulási valószínűségére. Több, mint 23 000 esetet elemeztek. Kimutatásaikhoz visszamenőlegesen 2 hét méréseit értékelték ki, ahol azt találták, hogy 1 °C hőmérséklet csökkenés esetén 1,6%-kal nőtt meg az intenzív osztályra kerülők aránya, alacsonyabb hőmérséklet esetén pedig igen jelentős volt a normál esetszámhoz képest az eltérés. Eredményeik alapján a nőkre nagyobb, a fiatalokra viszont sokkal kisebb hatást gyakorolt az időjárásváltozás. A mi adatsorunknál tapasztaltakhoz hasonlóan a heti esetszámok periodicitást mutattak (vasárnap alacsonyabb). A hidegebb hónapokban jóval magasabb esetszámot regisztráltak. [14]

Harun Gunes és munkatársainak vizsgálata szerint az ellátásba való bekerülés napján lévő időjárás egyik esetben sem mutatott szignifikáns kapcsolatot az esetszámokkal, viszont a bekerülést megelőző 3 napban a maximális szélesebséggel találtak összefüggést. Minél nagyobb volt a szélesebség, annál nagyobb volt a bekerülés valószínűsége. Az időjárás-változás hatása ugyancsak nem mutatott kapcsolatot a napi neurológiai jellegű problémákkal, kivéve a légnyomás esetén: alacsony légnyomás esetén az esetszámok növekedést mutattak. Azt azonban fontos megjegyezni, hogy a napi esetszámok 0-3 közötti értékeket vettek fel. Figyelembe véve, hogy a napi esetszámok csak egész értékeket vehetnek fel, nem zárhatjuk ki a véletlenszerűséget sem. Továbbá vegyük észre, hogy megállapításuk az előző tanulmány eredményeivel ellentmondásban van, abban éppen a magas légnyomást jelölték meg rizikófaktorként. [15]

Cowperthwaite és Burnett nem talált szignifikáns kapcsolatot a napi esetszámok és az időjárási paraméterek között, pedig több, mint 196 000 esetet vizsgáltak meg 2004-2008 között, szerte az Amerikai Egyesült Államok területén. [16]

2.4. Péczely-féle makroszinoptikus osztályozás

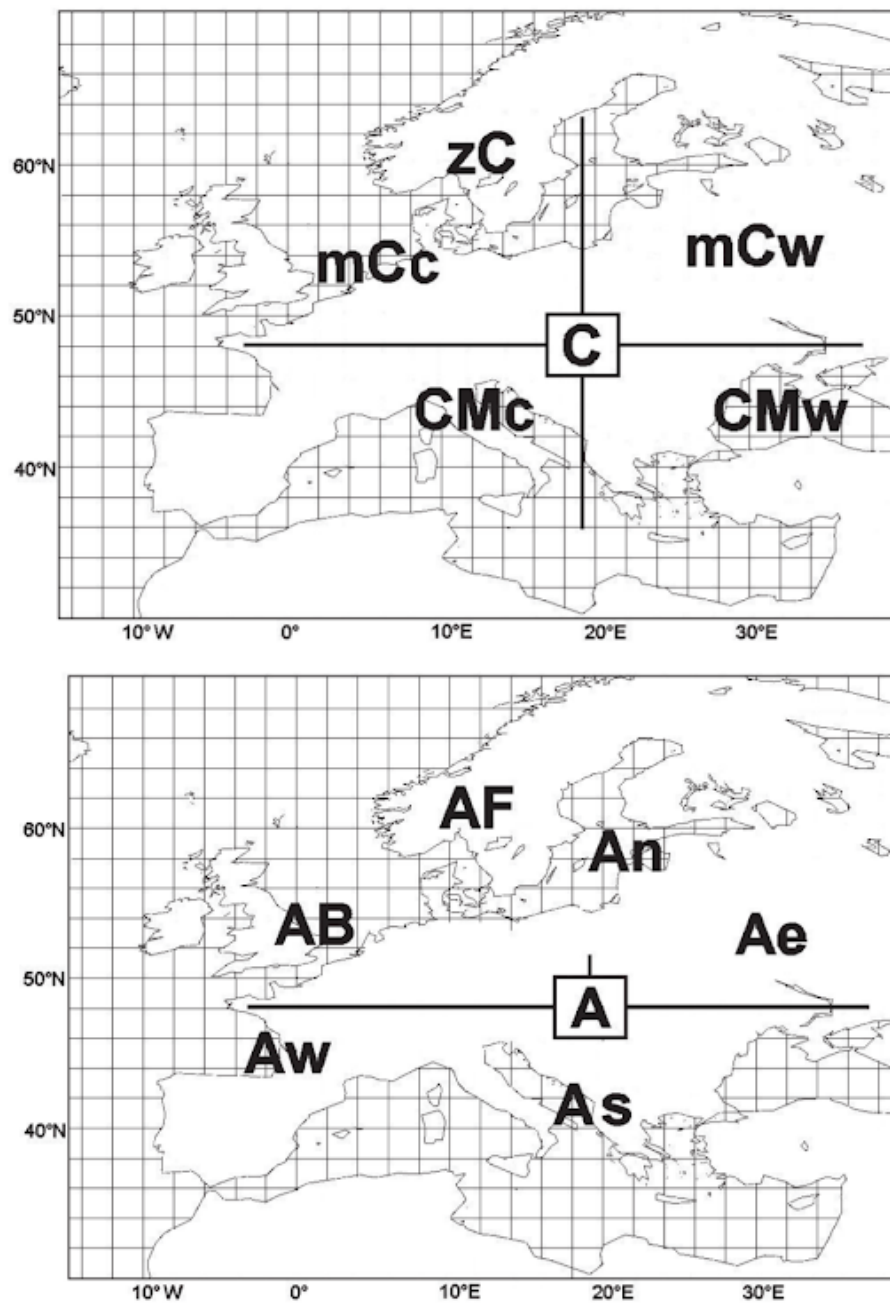
Saját vizsgálatainkhoz a Péczely-féle makroszinoptikus osztályozást vettük alapul. [17], [18], [19] Az időjárás egy rendkívül komplex rendszer, magába foglalja a légkör fizikai tulajdonságait és folyamatait. Mivel a különböző időjárási tényezők egymással is szoros kapcsolatban állnak, éppen ezért ahhoz, hogy egyben lássuk a légköri paraméterek hatását a Péczely-tipizálásra támaszkodtunk. Ennek segítségével egyetlen kódban képet kapunk a hőmérsékleti, a légnyomásbeli, a légmozgási, a légnedvességi adatokról, sőt még a légszennyezettségi viszonyokról is. Péczely professzor eredeti munkája ugyan a Kárpát-medence térségére készült, figyelembe véve a medencejelleg sajátosságait, valamint a Földközi-tenger és az Alpok módosító hatásait, de tipizálása annyira logikus egységet alkot, hogy modellként más területek leírására is alkalmas lehet. Az egyes típusokat a mérsékelt övezet cirkulációs rendszereiből vezette le: meridionális északi, meridionális déli, zonális nyugati, zonális keleti és centrális alaphelyzetek. 13 eltérő makroszinoptikus helyzetet különböztetett meg. Az egyes típusok sorszáma egyben megfelel az időjárási helyzetek katalógusban megjelenő kódjának. Ezeket a típusokat a következő táblázatban foglaltuk össze a rájuk jellemző időjárási paraméterekkel együtt. Az áttekinthetőség érdekében szürkével jelölt mezőkben található időjárási helyzetek jelölik az anticiklon által befolyásolt napokat, a fehér mezők pedig azokat, amelyek esetében ciklonális hatás érvényesül. Ehhez a munkához hasonlóan A makroszkópikus időjárási viszonyok és kardiovaszkuláris problémák kapcsolatának vizsgálata című TDK dolgozat is az SBO-ra érkező betegszám alakulását elemzi. Munkánkban a Péczely-féle makroszinoptikus osztályozás tükrében vizsgáltuk meg a kardiovaszkuláris esetszámokat, majd az egyes klímaparamétereket (hőmérséklet, légnyomás, szélsébség stb.) külön-külön megvizsgálva újabb összefüggéseket állapítottunk meg. Az időjárás különböző fizikai paraméterei esetében igyekeztünk meghatározni egy-egy küszöbértéket, amely felett vagy alatt az átlagosnál több esetszámot regisztráltak. [20]

Péczy-féle makroszinoptikus időjárás osztályozás			
1.	mCc	Meridionális ciklon hátoldali áramlásrendszere	A Kárpát-medence időjárását a Baltikum vagy Ukrajna fölött tartózkodó ciklon hátoldali áramlási rendszere alakítja. Hidegfronti tevékenységet lehet hozzá társítani. Nyári és téli csapadék egyaránt jellemzi. Alacsony légszennyezettség, stabil hőmérsékleti rétegzettség jellemző ezekre a napokra. A hőingás gyakran aperiodikus.
2.	AB	Anticiklon a Brit-szigetek térségében	Vagy az azori anticiklon északabbra vonulásával vagy sarki területekről délebbre helyeződő anticiklonok által alakul ki a jelenség. Gyakran hidegfrontok megjelenésével kísért. Élénk északi, északnyugati áramlást idéz elő térségünkben. Száraz, derült, tartósan meleg, párás időjárás, viszonylag nagy szélsőbesség jellemző ezekre a napokra.
3.	Cmc	Mediterrán ciklon hátoldali áramlásrendszere	Gyors mozgású mediterrán ciklon hidegfronti áramlásrendszere halad át, északi, északkeleti légmozgást eredményezve. Minden évszakban jelentős mennyiségű csapadék hullik. Alacsony légszennyezettség, szeles időjárás, aperiodikus napi hőingás jellemző ezen napokra. Az év túlnyomó részében lehűlést eredményez, de télen általában enyhülést hoz.
4.	mCw	Meridionális ciklon előoldali áramlásrendszere	A Földközi-tenger középső részei felett képződött, majd az Adria térségébe áthelyeződött ciklon határozza meg a Kárpát-medence időjárását. Zömében melegfronti hatások érvényesülnek. Tartós, lassú esőzések, nagy ködgyakoriság, szeles időjárás jellemző az őszi és téli időszakokra. Nyáron fülledtség és nagy légszennyezettség dominál.
5.	Ae	Anticiklon Magyarországtól keletre	Ukrajna fölött húzódó anticiklon hatására déli, délkeleti irányú légmozgás határozza meg a Kárpát-medence időjárását. Száraz, derült, esetenként fülledt helyzetet eredményeznek ezek a napok. A téli napok erős lehűléssel járhatnak, ilyenkor nagy légszennyezettség sem kizárt. Nagy periodikus hőmérsékleti ingás jellemzi.

Péczy-féle makroszinoptikus időjárás osztályozás			
6.	CMw	Mediterrán ciklon előoldali áramlásrendszere	A Földközi-tenger térségében képződött ciklon melegfrontja gyakorol hatást a Kárpát-medencére. Kiadós esőzések köthetők ezekhez a napokhoz. A tél melegebb, a nyár pedig hidegebb, mint az évszakai átlag. Erős felhőzettség, nagy légszennyezettség és rossz látási viszonyok jellemzik ezt a típust.
7.	zC	Zonális ciklonális	Zonális nyugati áramláshoz kapcsolódó időjárási helyzet, amely esetén az éghajlati frontálzóna európai szakasza az 50 szélességi kör közelében húzódik. Gyors vonulású ciklonok alakítják hazánk időjárását ezeken a napokon. Változékony, erősen szeles, alacsony hőingással jellemezhető időjárási helyzetet eredményez.
8.	Aw	Nyugatról benyomuló anticiklon	Az azori anticiklon északabbra tolódásával alakul ki ez a helyzet. Többnyire enyhe hidegfronti hatás érvényesül. Élénk északnyugatias-nyugatias áramlást eredményez. A tél melegebb, a nyár pedig hűvösebb az átlagos hőmérsékletnél. Derült, párás, meleg, időnként fülledt időjárás jellemzi ezeket a napokat.
9.	As	Anticiklon Magyarországtól délre	Zonális nyugati áramláshoz kapcsolódó időjárási helyzet, amely esetén a Földközi-tenger vagy Balkán-félsziget felett elhelyezkedő anticiklon alakítja hazánk időjárását. A ciklonpályák északabbra tolódása miatt frontrendszer nem érinti a Kárpát-medencét. Melegebb, derült napok jellemzőek, nyáron gyakori a fülledtség is.

Péczy-féle makroszinoptikus időjárás osztályozás			
10.	An	Anticiklon Magyarországól északra	A Baltikum vagy a Lengyel-alföld fölött elhelyezkedő anticiklon hatása érvényesül hazánkban. A Kárpátok módosító hatása miatt jellegzetes orografikus okklúziós frontok is megjelenhetnek ezen a napokon. Télen hideg, nyáron meleg időjárás a jellemző. A légszennyezettség és a napi hőingás kiugróan magas.
11.	AF	Anticiklon Fennoskandinávia térségében	A Fennoskandinávia térségében tartózkodó anticiklon hatása érvényesül. A téli és a koratavaszi időszakhoz hirtelen lehűlés köthető. Általában alacsonyabb a csapadékgyakoriság és a légszennyezettség ezeken a napokon. A levegő az év nagy részében hidegebb, mint az évszakai átlag. Nagy napi hőmérsékleti ingás jellemző erre a helyzetre.
12.	A	Anticiklon a Kárpát-medence fölött	Egész Közép-Európában egy centrum helyzetű anticiklon érzékelteti befolyását. Hosszabb ideig is fennmaradó helyzet lehet. A telekre erős lehűlés, a nyarakra pedig nagy felmelegedés a jellemző. Alacsony csapadék, száraz levegő, nagy légszennyezettség és nagy napi hőingás jellemzi ezeket a napokat.
13.	C	Cikloncentrum a Kárpát-medence fölött	A Kárpát-medence fölött kialakult ciklon többféle módon is létrejöhet. Ezekben a helyzetekben éles hőmérsékleti kontraszt alakul ki: a tél melegebb, a nyár viszont hidegebb az évszakai átlagnál. Jelentős mennyiségű csapadék hullik minden évszakban. Szeles időjárás jellemzi, de nem alakul ki egységes szélirány. Kicsi a napi hőmérsékleti ingás.

A professzor munkáját egykori aspiránsa, Károssy Csaba Ákos vitte tovább. Az egyes helyzeteket térképen is ábrázolta. A nyomásrendszerek elkülönítésénél a 1015 hPa értéket tekintették határértéknek. Így a 13 helyzetet 6 ciklonális és 7 anticiklonális (2.2. ábra) típusra lehet felbontani.



2.2. ábra. Péczy-féle ciklonális és anticiklonális helyzetek sematikus elhelyezkedése

3. fejezet

Adatok

2015 és 2019 között a Jahn Ferenc Dél-pesti Kórház és Rendelőintézet Sürgősségi Betegellátó Osztályán gyűjtött betegadaton végeztük vizsgálatainkat. Ez az időszak 1821 napot jelentett, mely alatt összesen 23 973 neurológiai problémával találkoztak az orvosok. A bekerülés és a probléma okát a szakemberek ICD-10 alapján osztályozták. Ezt a magyar szaknyelv BNO (betegségek nemzetközi osztályozása) néven említi, így a továbbiakban mi is így fogunk erre hivatkozni. A betegségeket 3 fő csoportba soroltuk:

- Stroke, agyvérzés SAV és egyéb agyvérzés (BNO kód: G45-46, I60-69, G81, Q2830)
- Epilepszia (BNO kód: G40-41, R56)
- Migrén (BNO kód: G43-44, R51)

A fenti csoportok esetszámai a következőképpen alakultak: stroke, agyvérzés SAV (Subarachnoideális vérzés) és egyéb agyvérzés 3,74 eset/nap; epilepszia: 1,228 eset/nap; migrén: 0,2395 eset/nap. Van olyan részszámításunk, ahol a vizsgálatainkat ennél szélesebb neurológia problémakörben végeztük, ekkor még a további 9,39 esetet is bevettük a számításainkba. Ezek olyan neurológiai problémákkal kapcsolatos esetek voltak, amelyek a korábban felsorolt 3 nagy csoportba nem besorolhatóak. A meteorológiai adatokat az Eötvös Loránd Tudományegyetem Meteorológiai Tanszéke biztosította számunkra a 2015 januárja és 2019 januárja közötti időszakból. Emellett az Országos Meteorológiai Szolgálat¹ mindenki által elérhető időjárás adatait is felhasználtuk. Sajnos a két adathalmaz időben nem teljesen fedi egymást, a metszetben található napok száma 1 411. A meteorológiai adatok többek közt tartalmazták a Péczely-féle besorolást, a hőmérsékletet, a relatív páratartalmat, a nyomást, a nitrogén-monoxid és nitrogén-dioxid szintet, az ózon koncentrációt, a szén-monoxid szintet és levegő szennyezettségét.

¹Adatok forrása: https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_adatsorok/Budapest/adatok/napi_adatok/index.php

4. fejezet

Módszerek

A kiértékeléshez több módszert felhasználtunk. Első megközelítésben a tradicionális adatfeldolgozási módszerekkel dolgoztunk, de ezek ilyen kis eltérések kimutatására nem minden esetben bizonyultak megfelelőnek. Ezt követően MCMC-módszereket (Markov Chain Monte Carlo) használtunk, amelyekkel a háttérben húzódó eloszlásokat tudtuk vizsgálni.

4.1. Statisztikai tesztek

A biometeorológiával foglalkozó cikkben számos helyen találkoztunk a t-teszttel, illetve a nem parametrikus megfelelőjével a Mann-Whitney U-teszttel. Az előbbi azzal a feltételezéssel él, hogy az adatok normális eloszlást követnek, ami a legtöbb esetben ezeknél a típusú adatoknál nem teljesül. (Volt olyan cikk, amiben t-tesztet alkalmaztak, miközben a vizsgált paraméterük 0-1-2 értékeket vett csak fel és a leggyakoribb észlelésük a 0-volt, tehát a normális eloszlás feltételét teljesen figyelmen kívül hagyták.) Nagy esetszámoknál a nem normális eloszlás esetén is kis hibával lehet a t-tesztet alkalmazni, de az adatoknak nem szabad túl nagy aszimmetriát mutatniuk. A Mann-Whitney u-teszt ezzel szemben nem állít fel ilyen elvárásokat az adatokkal szemben. Használatának feltétele, hogy az adat ordinális legyen, tehát a mintákat nagyság szerinti sorrendben lehessen rendezni. Használatakor nullhipotézisünk általában az, hogy a két minta azonos eloszlásból származik. Alternatív hipotézis lehet még, hogy az egyik minta nagyobb, mint a másik. [21]

Hasonló nehézségekkel találkoztunk a varianciaanalízis (ANOVA teszt) alkalmazása esetén is, ahol ugyancsak feltételeztük, hogy az adataink normális eloszlásból származnak. Itt a célunk az, hogy az egyes csoportok átlagát hasonlítsuk össze. Ennek a normalitási feltételnek a megkerülésére is van lehetőség, ha a Kruskal-Wallis H-tesztet

használjuk. Ennek során a csoportokat összevonva felállítunk az értékek alapján egy sorrendet, majd ezt a csoportok szerint szétbontjuk. Az adatpont rangsorban elfoglalt helyét szummázzuk csoportonként, majd ez alapján kiszámítjuk az ún. H-értéket, amelyet az alábbi képlet definiál:

$$H = \left[\frac{12}{n(n+1)} \sum_{j=1}^c \frac{T_j^2}{n_j} \right] - 3(n+1). \quad (4.1)$$

A kapott H-értéket így már össze tudjuk hasonlítani a megfelelő szabadságfokhoz tartozó chí-négyzet értékkel. Ha a választott alfa szinten a H-érték kisebb, mint a chí-négyzet táblázatból kapott, akkor a hipotézisünket elvetjük, tehát a csoportok szignifikánsan eltérnek egymástól. Ha a különbség mértékére is kíváncsiak vagyunk, akkor érdemes lehet más módszerrel vizsgálni a csoportokat. Ilyen lehetséges módszer az MCMC is, amelynek segítségével később mi is elemeztük az időjárás napi esetszámokra gyakorolt hatását. Ennek során egy valószínűségi modellt építünk, amelyet mintavételezve képet kaphatunk a belső folyamatokról.

5. fejezet

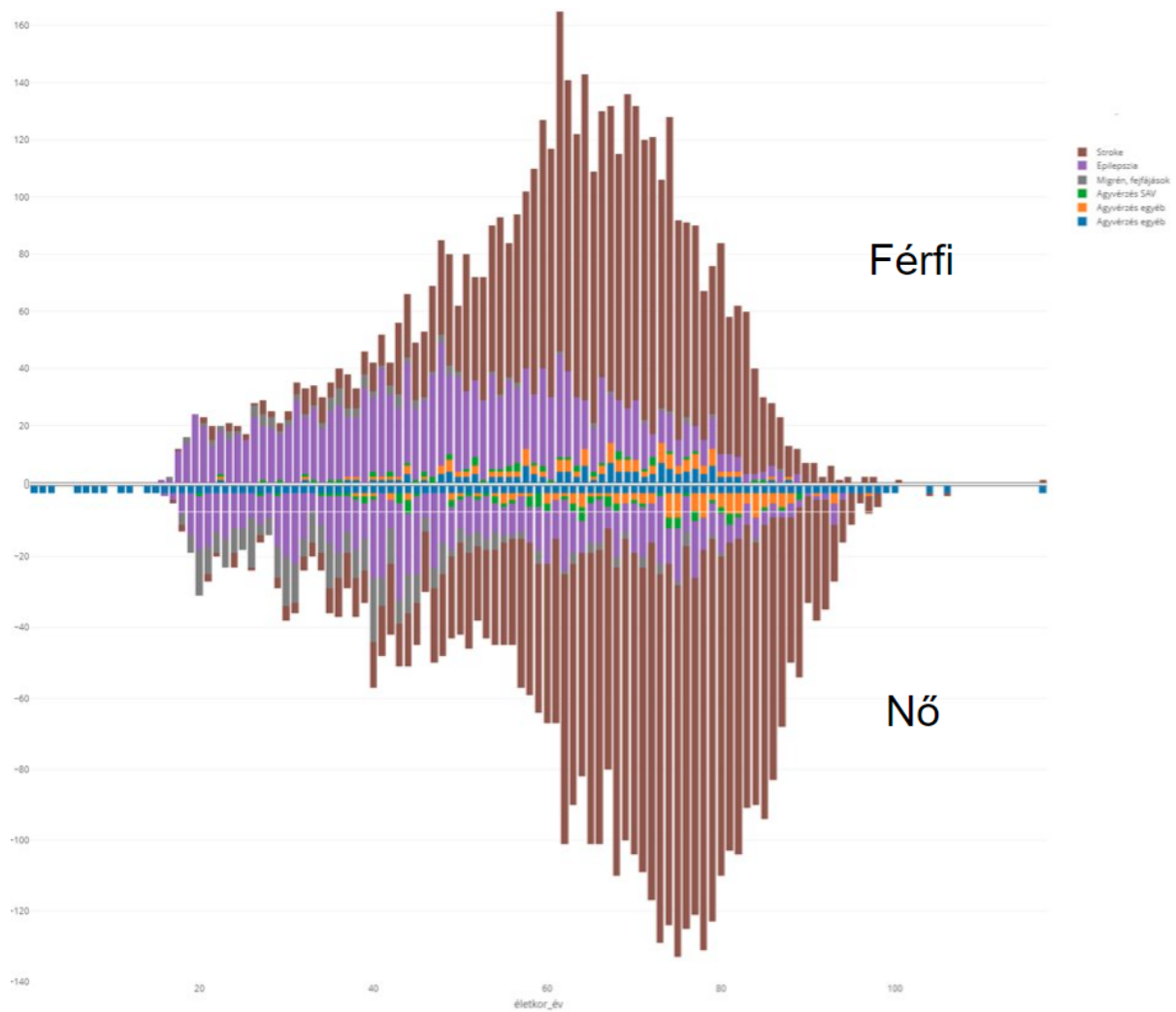
Eredmények

Első megközelítésben a vizsgálatainkat a populáció megismerésével kezdtük. Ennek során azt vizsgáltuk, hogy az életkor és a biológiai nem milyen kapcsolatban áll a különféle neurológiai problémákkal. Az életkor előrehaladtával, ahogy az emberi szervezet idősebb lesz, egyre több probléma jelentkezik annak működésében, így megnövekszik az esetszám. Ezzel ellentétes módon a kor előrehaladtával a vizsgált populáció száma csökken, ami ellensúlyozza a korral járó növekedést.

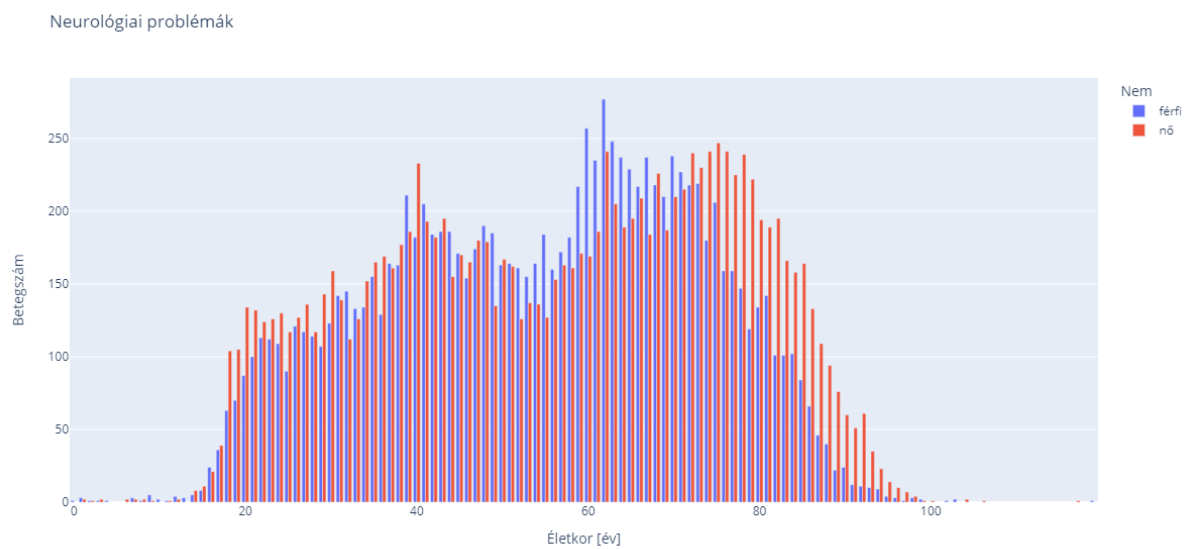
Ahogy ezt a 5.1 ábrán is láthatjuk az egyes problémák jelentős összefüggést mutatnak az életkorral. Például a stroke főleg 40 év feletti életkorban jellemző, miközben az epilepszia szinte minden korosztályban egyformán jelen van. Ennek vizsgálatára egyszerűen az életkor és esetszámokra normál eloszlást illesztettünk, melynek eredményeként azt kaptuk, hogy a legszélesebb betegségcsoportok - tehát a legnagyobb korszórással rendelkezők - a fájdalom, k.h.m (más helyre nem osztályozható), a stroke és az epilepszia voltak. Hogyha azt nézzük, hogy az átlag hol található, ott azt kaptuk, hogy a legfiatalabb korosztályt a Sclerosis multiplex és a migrén érinti, miközben az időseket a mozgászavarok (például Parkinson-kór), az agyvérzés és a paraparesis (a gerincvelő egyfajta betegsége).

A neurológiai problémák, a kor és a nemek kapcsolata is érdekes képet mutat, itt az látjuk, hogy a férfiaknál jóval hamarabb van a problémák maximuma, mint a nőknél. A nők esetén azt, hogy idősebb korban szinte csak náluk vannak problémák az okozza, hogy abban a korosztályban nagyobb arányban vannak jelen.

Megvizsgáltuk az életkor és nemek szerinti megoszlást stroke esetében is. Az ábráról egyértelműen leolvasható, hogy a stroke a fiatalok körében nem számít gyakori betegségnek. A megbetegedések száma 40 éves kor felett válik jelentőssé. Míg a férfiak esetében a betegszám 60 év körül éri el a maximumát, addig a nőknél ugyanaz a maximum közel 20 év eltéréssel mutatkozik meg. Azonban érdemes figyelembe venni, hogy a kiugró értékek (nagyon idősek, nagyon fiatalok) elhúzzák a görbét, vagyis nem normál

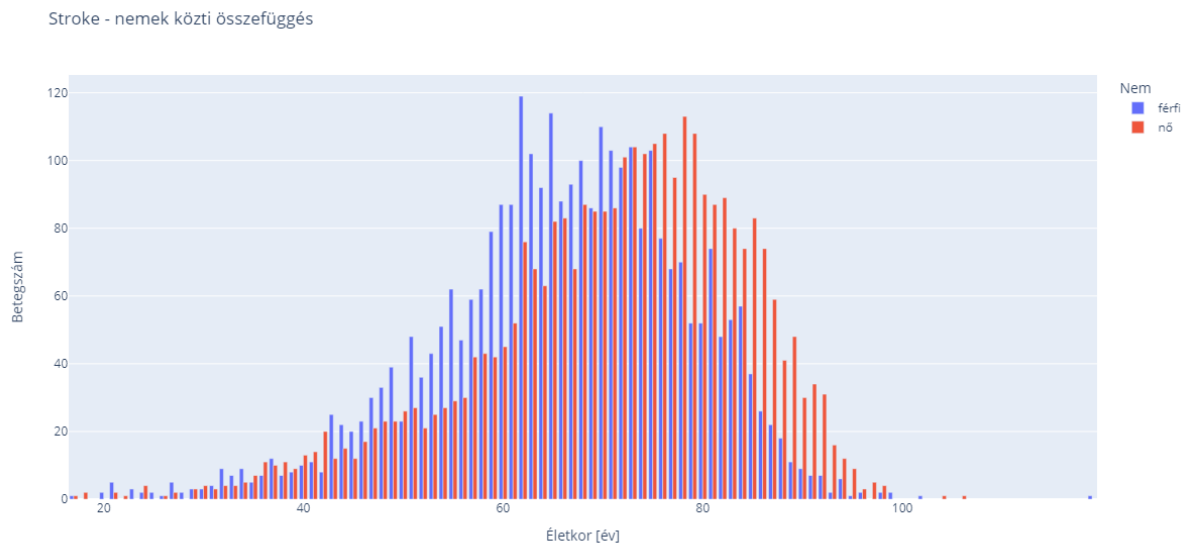


5.1. ábra. Neurológiai problémák kor és nemek szerinti megoszlása



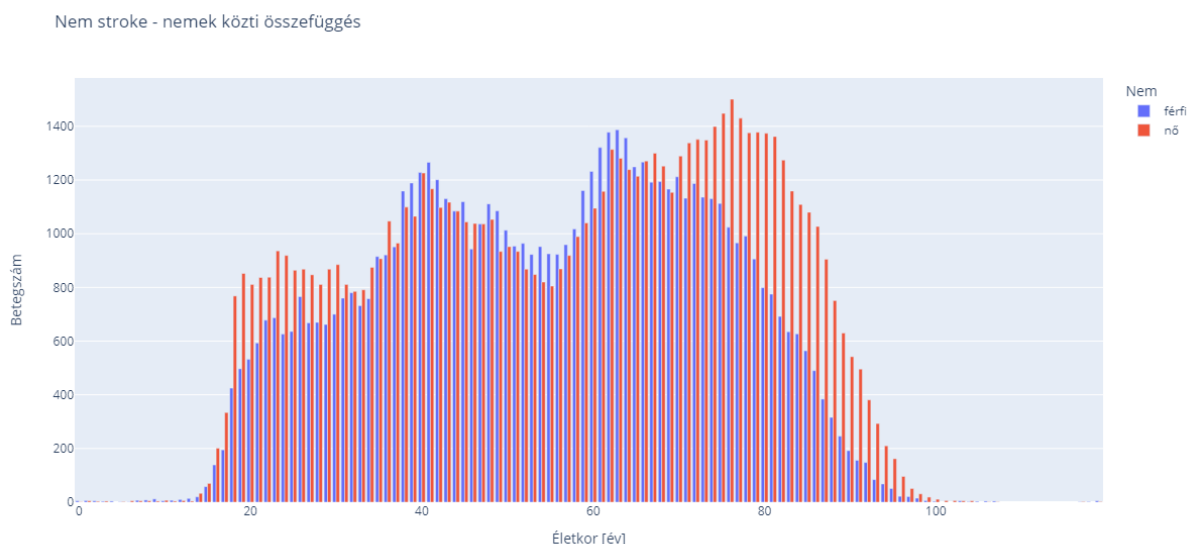
5.2. ábra. Neurológiai problémák korfüggése, illetve azok nemek szerinti eloszlása

eloszlás áll fenn. A bayesszianus statisztika alapján a nők és a férfiak között 5,4 év volt az átlagos különbség a stroke bekövetkezésének időpontjában. Normál eloszlást feltételezve a férfiak esetében várhatóan 66,8 éves korban, a nőknél 72,2 évesen következik be a legnagyobb valószínűséggel stroke. Ezek alapján kijelenthetjük, hogy a bekövetkezés időpontjában szignifikáns különbség van a két csoport között.



5.3. ábra. Stroke-os esetek korfüggése, illetve azok nem szerinti eloszlása

A következő ábrán a nem stroke eseteket láthatjuk, ugyancsak nem és életkor szerinti megoszlásban. Itt jelentős különbség mutatkozik a fiatalabb, 18-35 éves korosztály nemi megoszlásában. Nők esetében a magasabb betegszámot a szüléshez kapcsolódó fájdalmakkal magyarázhatjuk. 35 év felett a nem stroke esetek ugyanolyan arányban vannak jelen mind a két nem esetében. Ez körülbelül a 60 éves korosztályig igaz, e felett viszont ismét a magasabb női betegszámok dominálnak.



5.4. ábra. Nem stroke-os neurológiai esetek nem és korfüggése

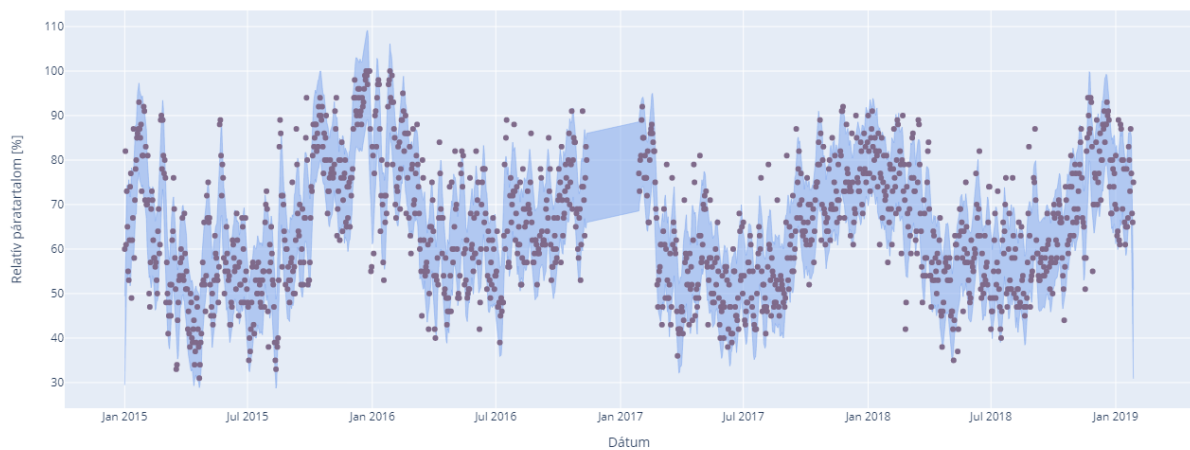
5.1. Migrén

Az irodalomkutatásunk eredményeként felállítottunk 5 hipotézist:

- A nyári magas relatív páratartalom növeli az esetszámot,
- A magas ózonkoncentráció esetszámot növel,
- A téli szén-monoxid szint növekedés negatív hatással van a migrénre,
- A reggeli órákban több a migrénes eset.

Ezeknek az állításoknak a vizsgálatához szükség volt definálni, hogy mi az alacsony és mi a magas érték. Ez a feladat nem egyszerű, mert az év során ezek a mutatók egy jól kivehető periodicitást követnek, így ha egyetlen küszöbértéket nézünk, akkor könnyen abba a hibába esünk, hogy csak a nyár, illetve a tél hatását vizsgáljuk. Ennek elkerülésére egy 7 napos konvolúciós kernellel mozgóátlagot számoltunk és az ettől való eltérés alapján adtunk meg egy küszöbértéket. Az abszolút határértéket is megvizsgáltuk, de ott nem találtunk jelentős kapcsolatot az adatok és az esetszámok között. Jól látszik az 5.5-ös ábrán, hogy a teljes időszak közepén található egy hiányos időszak, erre az időszakokra nem volt időjárási adatunk.

A migrén kis esetszáma nem adott lehetőséget a napi átlagok összehasonlítására, ehelyett csoportokra osztottuk az adatokat az alapján, hogy az egyes feltételekhez milyen esetszámok tartoztak. Ilyen módon két bináris változóval (például nyári nap és magas páratartalom) 4 csoport jön létre. Ezeknek a csoportjait hasonlítottuk össze Fisher-féle egzakt próba segítségével. Ez a teszt nagyban hasonlít az esélyhányadoshoz, viszont



5.5. ábra. Relatív páratartalom 7 napos mozgóátlaggal és 10%-os normál sávval

alkalmas arra, hogy képet adjon a kapott különbség szignifikanciájáról is. Nagy előnye ennek a módszernek, hogy nem függ a minta méretétől, illetve attól sem, hogy az adatok milyen eloszlást követnek. Gyakran alkalmazzák a Fisher-féle egzakt teszt helyett a Boschloo-féle egzakt tesztet, illetve a Barnard-féle egzakt tesztet. Ezek a tesztek céljukat tekintve azonosak, egyesek szerint pontosabbak a Fischer-félénél. Mivel mi kíváncsiak voltunk az esélyhányadosra is, ezért a Fischer-féle egzakt próbát alkalmaztuk, de ha a szignifikancia határán voltunk, akkor azokat az eseteket a pontosabbnak mondott másik két módszerrel is vizsgáltuk.

Eredményeink szerint a téli és a nyári magas relatív páratartalom hatása között nincs szignifikáns eltérés.

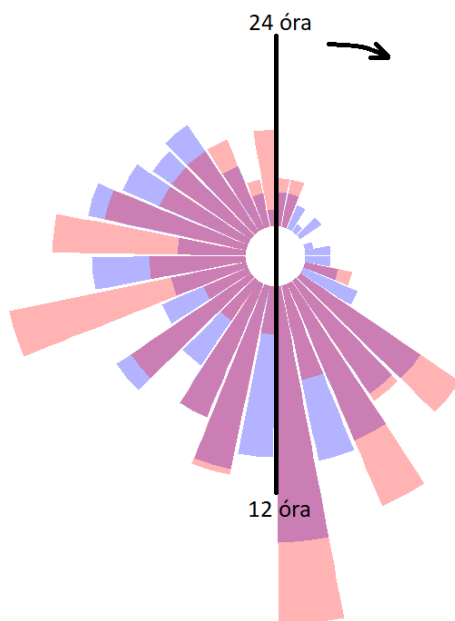
Vizsgáltuk a levegő ózonkoncentrációjának migrénes esetszámokra gyakorolt hatását is. Számításaink szerint a magas ózonkoncentráció szignifikáns különbséget okoz télen, ez az esetszámok csökkenéséhez vezet. A téli ózonkoncentráció csökkenése pedig az esetszámok növekedését vonja maga után.

Magas szén-monoxid koncentrációnál nem sikerült ilyen összefüggést kimutatni a téli időszakban, tehát a harmadik hipotézisünket elvetettük.

Elemeztük a hőingás mértékének az esetszámokra gyakorolt hatását is. A 10°C-nál nagyobb napi hőingás esetén azt tapasztaltuk, hogy a napon belüli esetszámok eloszlása eltér. Ezt cirkuláris rang-korrelációval vizsgáltuk meg, és azt kaptuk, hogy a két mutató szignifikánsan eltér ($p < 0,0001$).

A kora reggeli órákban kis hőmérséklet változások esetén nagyobb volt az esetszám, miközben a nagy változásoknál sokkal egyenletesebb volt a betegek beérkezése.

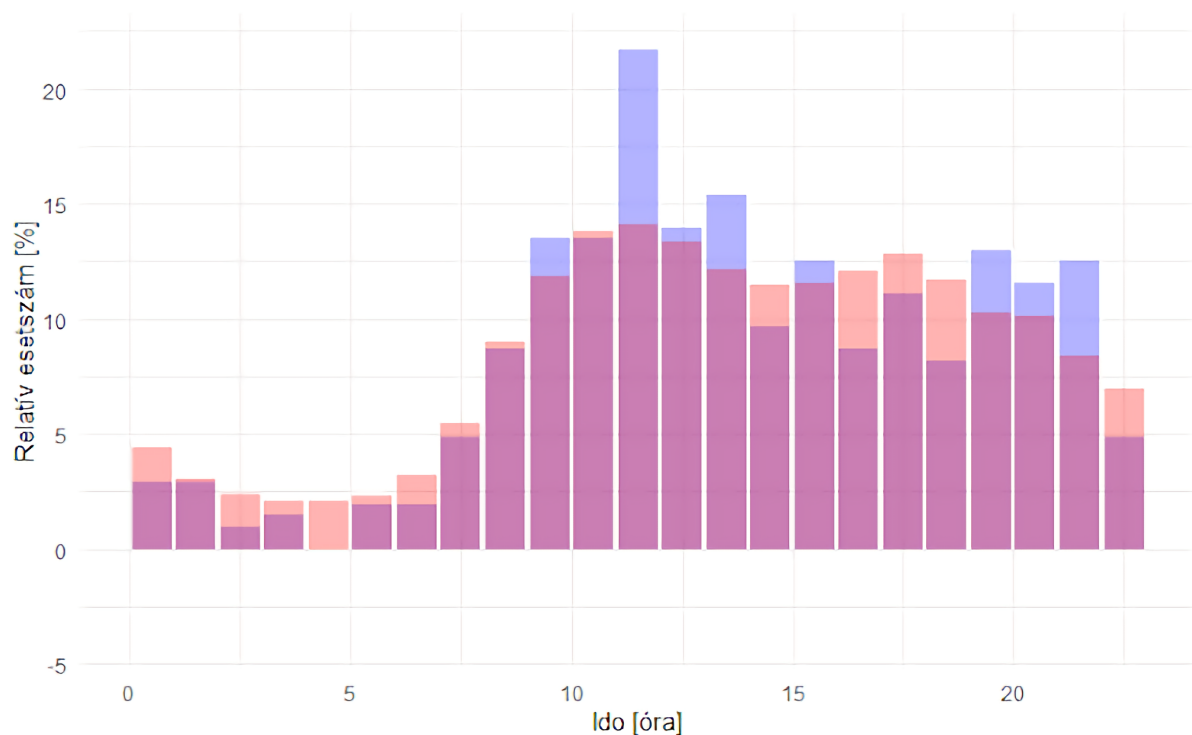
Migrén esetén a szakirodalomban azt találtuk, hogy jóval magasabb a reggeli esetek száma. A mi vizsgálataink ezt nem tudták alátámasztani. Érdekes módon viszont jelentős kiugrást találtunk a 12-13 óra közötti időszakban. Ez a megemelkedett esetszám akár



5.6. ábra. Migrénes esetek a cirkuláris statisztikai vizsgálatokhoz használt körre vetítve (kék az alacsony, a barack szín pedig a magas hőingású napoké, a harmadik szín az előbbi kettő egymásra vetítéseként áll elő)

az is jelentheti, hogy a problémák már reggel elkezdődhetnek a betegeknél, de csak dél körül, vagy kora délután kerültek a Sürgősségi Betegellátó Osztályra. Ez azért is valószínű, mert Jan Hoffmann [8], [9] kutatásának ezen hipotéziséhez a betegek által készített naplókra támaszkodott. A betegek saját maguknak azonnal fel tudták jegyezni az érzékelt tüneteket, bár lehet, hogy azzal még nem keresnének fel egy szakembert. A mi adataink a sürgősségi betegellátó osztályra való beérkezés időpontjára vonatkoznak. Vagyis a kettő közötti időkülönbség adódhat abból, hogy a betegek nem indultak el azonnal, az első tünetek megjelenésének időpontjában. A területi lefedettséget tekintve azonban elmondhatjuk, hogy a jelenség hátterében nem állhat az, hogy az utazás hosszú ideje torzító tényezőként lép fel. Tehát a reggeli esetszám növekedést ilyenformán sem megerősíteni, sem megcáfolni nem sikerült az adatok alapján.

A migrénes eseteknél a cirkuláris statisztikai vizsgálataink alapján szignifikáns eltérés ($p=0.014$) figyelhető meg a migrén és az egyéb neurológiai problémák között a bekövetkezésük ideje szerint. Ez arra engedett következtetni minket, hogy ennek a problémának a hátterében nem feltétlen ugyanazok az okok állnak, mint a többi probléma esetén.



5.7. ábra. Migrénes (kék szín) és nem migrénes (barack szín) neurológiai esetek időbele eloszlása)

5.2. Epilepszia

Az irodalomkutatásaink alapján az alábbi hipotéziseket fogalmaztuk meg az epilepsziás megbetegedésekkel kapcsolatban:

- A Péczely-féle tipizálás 10-es és 12-es kódú napjain több rohamot regisztrálnak. (Ezen napok közös jellemzője, hogy anticiklon alakítja hazánk időjárását. Míg az első esetben ez a légköri képződmény a Kárpát-medencétől északra, addig a második esetben afölött helyezkedik el. Mindkettő típusra jellemző a nagy napi hőingás és légszennyezettség.)
- Nagy hőmérsékletesés, magas relatív páratartalom és kis nyomás ugyancsak az esetszámok növekedéséhez vezethet.
- A téli napokra az alacsony hőmérséklet, nagy nyomás és magas relatív páratartalom megnöveli az esetszámot.

Számításaink igazolták, hogy a 10-es és 12-es napok esetén van szignifikáns eltérés. Vizsgálódásainkhoz ebben az esetben a Mann-Whitney U tesztet használtuk. Ugyanakkor a korábban leírtakkal ellentétben nem az esetek növekedését, hanem azok jelentős csökkenését eredményezték ezek a kódú napok.

Nagy hőmérsékletesés, magas relatív páratartalom és alacsony nyomás esetén nem mutattunk ki szignifikáns eltérést.

Ugyanez igaz a téli kis hőmérséklet és nagy nyomás, magas relatív páratartalommal jellemezhető napokra is. Az viszont világosan kirajzolódik a számításainkból, hogy a nagy hőmérsékletesés szignifikánsan kisebb esetszámokkal jár együtt.

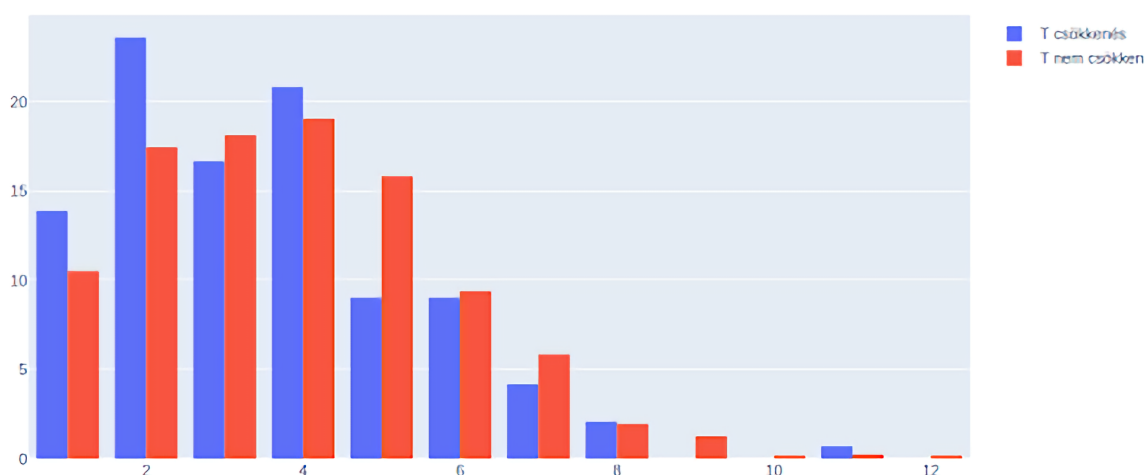
A korábbi tanulmányokban olvasható kijelentéseket tehát nagyobb mintán, szofisztikáltabb matematikai eszközöket alkalmazva nem sikerült igazolnunk. Ennek oka az is, hogy a Péczely-napok 13 klasztere okán még akkor is kis napi esetszám tapasztalható, ha ellátási értelemben gyakori kórképről van szó, azaz a kezelőorvos akár naponként találkozhat epilepsziás rohammal küzdő pácienssel.

5.3. Stroke

A stroke esetén a szakirodalomban fellelhető tanulmányok áttekintése után a következő hipotéziseket fogalmaztuk meg:

- A csökkenő hőmérséklet növeli az esetszámot,
- Alacsony hőmérséklet (hideg hónapok) esetén nő az esetszám,
- A szélsőbesség és az esetszám növekedés között összefüggés van,
- Az alacsony nyomás az esetszámok emelkedéséhez vezet.

Vizsgálataink kiderítették, hogy a hőmérsékletcsökkenés és a stroke esetszámok csökkenése között összefüggés van. Amennyiben a vizsgált napot megelőzően legalább $2,5^{\circ}\text{C}$ a hőmérsékletcsökkenés, a kapcsolat szignifikánsnak mondható. Megvizsgáltuk a hőmérsékletváltozást háromnapos időablakban is, itt azonban nem találtunk jelentősebb összefüggést. Az 5.8. ábra szemlélteti a kapott eredményeket 1 napos időablak esetén.

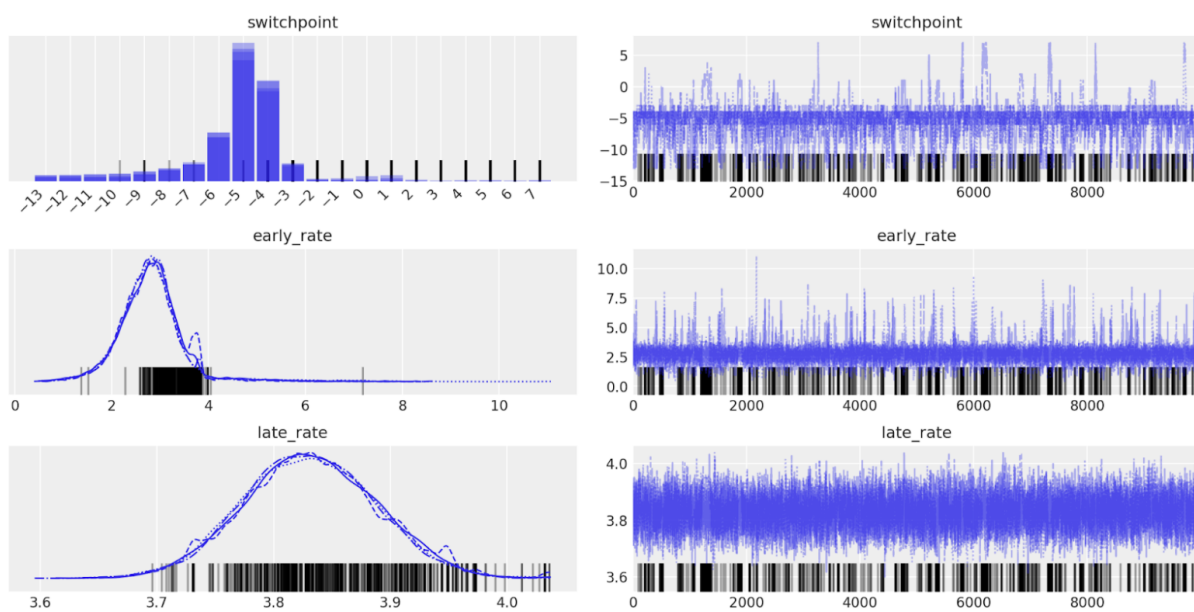


5.8. ábra. Hőmérsékletváltozás hatása a napi stroke esetek számára

Megnéztük azt is, hogy ha változtatjuk a hőmérsékletváltozás küszöböt, akkor hogyan alakul a két csoport eltérése. (Az egyik csoport az, ahol a változás nagyobb, mint a küszöb, a másik pedig, ahol nem.) Itt ha erős a kapcsolat, akkor azt várnánk, hogy egy küszöbérték alatt minden esetben szignifikáns a csoportok közötti eltérés. Érdekes módon nálunk egy lokális minimum is jelentkezett 1°C -os változás esetén, ahol szignifikánsnak látszó eltérést láthattunk, viszont tovább növelve a változás mértékét a szignifikáns eltérés megszűnt. A tényleges eltérés csak a $2,5^{\circ}\text{C}$ -os változás felett volt.

Ha ezt a bizonyos küszöbértéket szeretnénk megtalálni, ahol a rendszer, jelen esetben az emberi szervezet működése megváltozik, arra vannak kifinomultabb módszerek.

Mi is ilyen, bayesianus statisztikán alapuló módszerrel vizsgáltuk az adatokat és kerestük ezt a pontot. Egy ilyen keresés eredménye látható az 5.9. ábrán. A küszöb alatti és feletti várható értékek közötti eltérést próbálja a rendszer ebben az esetben maximalizálni, miközben a csoportok méretkülönbségét is figyelembe veszi. Erre azért van szükség, mert igen könnyen hibás eredményekhez vezetne, ha a kiugró értékeket vágná csak le a rendszer. A küszöbérték mellett a két létrejött csoportról is képet kaphatunk a Monte-Carlo-módszer eredményeként.



5.9. ábra. Hőmérsékletváltozás küszöbérték vizsgálatának kimenete

Megvizsgáltuk a heti átlaghőmérsékleteket is. Amennyiben 7 nap átlaga kisebb mint 2°C , akkor az az esetszámok szignifikáns csökkenését eredményezte, ellentétben a feltevéseink között megfogalmazottakkal. Az általunk vizsgált napok 9%-ában volt a heti átlaghőmérséklet kevesebb, mint 2°C .

A heti maximum hőmérsékletek esetében azt mondhatjuk, hogy ha 5°C -nál nagyobb ez az érték, a stroke esetszámok is növekednek. Az tehát egyértelműen kirajzolódik a számítási eredményeinkből, hogy a hideg hónapok pozitívan befolyásolják a stroke bekövetkezésének esélyét. Megvizsgáltuk, hogy ezekben a téli napokban van-e valamilyen összefüggés a páratartalom és a regisztrált esetek között. Azt tapasztaltuk, hogy a hideg hónapokban a magas páratartalom ugyancsak szignifikánsan csökkenti a stroke esetszámokat.

Kis nyomás, nagy relatív páratartalom és magas hőmérséklettel jellemezhető időjárás esetén nem találtunk szignifikáns kapcsolatot.

Ugyancsak figyelmet fordítottunk a Péczely-féle makroszinoptikus osztályozásra is. Eredményeink megerősítik a korábban általunk leírtakat. Akárcsak az epilepsziás meg-

betegedéseknél, a stroke esetében is a 10-es és 12-es napok szignifikánsan az esetszámok csökkenését eredményezték.

Megvizsgáltuk a napi hőingás hatását az esetszámok változására. Azt figyeltük meg, hogy ezekben a szituációkban az esetek főleg a délelőtti órákban eredményeztek több megbetegedést. Ezzel szemben a kevésbé változékony napokon jóval egyenletesebb volt az esetek napközbeni eloszlása.

Megnéztük azt is, hogy a csapadék befolyásolja-e stroke esetszámok napközbeni eloszlását, de nem találtunk komolyabb összefüggést.

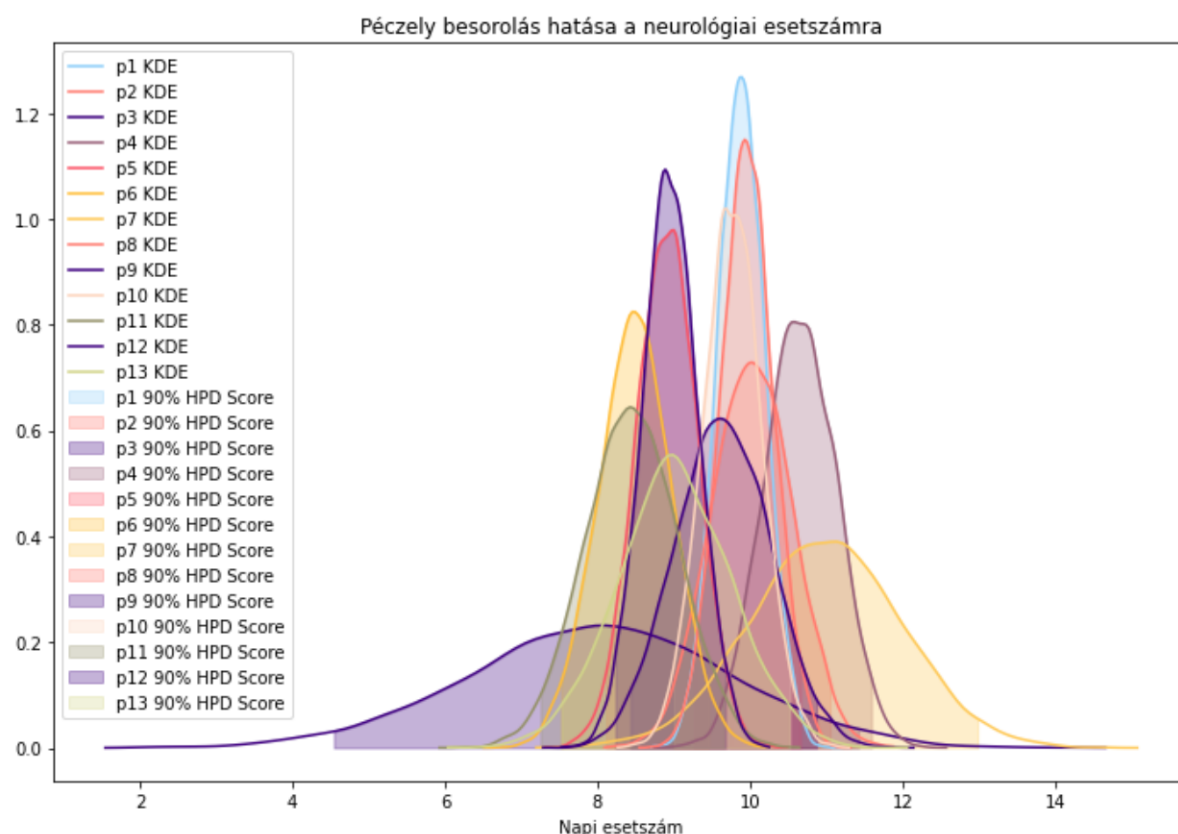
5.4. Összevont neurológiai vizsgálatok

Annak érdekében hogy nagyobb csoportokon dolgozhassunk és jobb kimutatásokat tudjunk készíteni, összevontuk a fent említett három csoportot. Ezt követően neurológiai kórképekre vonatkoznak az állításaink. Ezen eredmények még akkor is fontosak, ha nem az időjárás egy-egy kórképre gyakorolt hatását mutatják. Az ilyen típusú ismeretek az ügyeletek leterheltségének elemzésekor lehetnek hasznunkra, és az ellátásban alkalmazott szakemberek létszámának tervezhetőségét segítik.

Így már módunk volt azt is vizsgálni, hogy melyik Péczely-naptípushoz tartozik a legmagasabb várható érték. Ehhez a PyMC3 csomagot használtuk és az ott található MCMC módszert. NUTS mintavételezést alkalmaztunk, mivel a gradiens az adatainkon meghatározható volt és ilyen esetekben gyorsabb, mint a Metropolis mintavételezés. Minden Péczely-minta esetén normális eloszlást feltételeztünk, amit teljes adathalmaz átlagával és szórásával inicializáltunk. (Végeztünk tesztek gamma eloszlást feltételezve is, ezeknek az eredménye kevesebb, mint 1%-ban tértek el a normál eloszlásnál kapott eredményektől.) Az 5.10 ábrán láthatóak az egyes Péczely-minták várható értékének eloszlásai. Tehát az ábrán látható görbék nem a napi esetszám eloszlásokat mutatják, hanem csak az egyes minták várható értékeinek eloszlását a modellünk alapján. Ez jól látszik abból is, hogy az egyes nminták szórása nagyon kicsi a tényleges adatokon tapasztalható szórásokhoz képest.

Jól kivehető az ábrából, hogy a 3-as naptípus esetén a kis elemszám miatt nehezen képes a rendszer becsülni a várható értéket. A 7-es besorolásnál is hasonló akadályokba ütközött a rendszer. A nagy számban előforduló minták esetén viszont alacsony volt a kapott szórás, tehát a módszer képes volt biztos állításokat tenni a várható értékkel kapcsolatban.

A napi várható esetszáma legnagyobb hatással a 7-es és a 4-es minták voltak. Ahogy már korábban írtuk, a kis számú 7-es besorolású nap széles várható érték eloszlást mutat,



5.10. ábra. Péczy-napok hatása a neurológiai esetszáma - valószínűségi modellel

a 4-esnél viszont ilyen problémával nem találkoztunk. Puskás János és munkatársai szintén ezekre a napokra kaptak magas esetszámot. Az ő kutatásukban a 7-es és 4-es mintázat mellett megjelent még a 6-os nap is a ciklonális típusok közül. A 7-es besorolású Péczy-típus egy zonális ciklont jelöl, amely egy rendkívül változékony, erősen szeles időjárást takar, változó felhőzettséggel, csapadékkal. A felszín közeli alsóbb rétegekben melegebb légtömegek az uralkodók, emellett a tél gyakran enyhébb az átlagnál. A 4-es mintázat szintén egy ciklonális légköri képződményt takar: ebben az esetben egy a mediterrán térség fölött képződött ciklon alakítja a Kárpát-medence időjárását. Ilyenkor gyakoriak a melegfrontok. Erre a mintázatra is enyhe tél jellemző. Ráadásul nyáron nagy fűledtség és légszennyezettség a meghatározó ismertetőjegye. Mindezek alátámasztják a korábban már általunk leírtakat, miszerint a magasabb hőmérséklet és a nagyobb relatív páratartalom korrelációban van a magasabb neurológiai esetszámokkal.

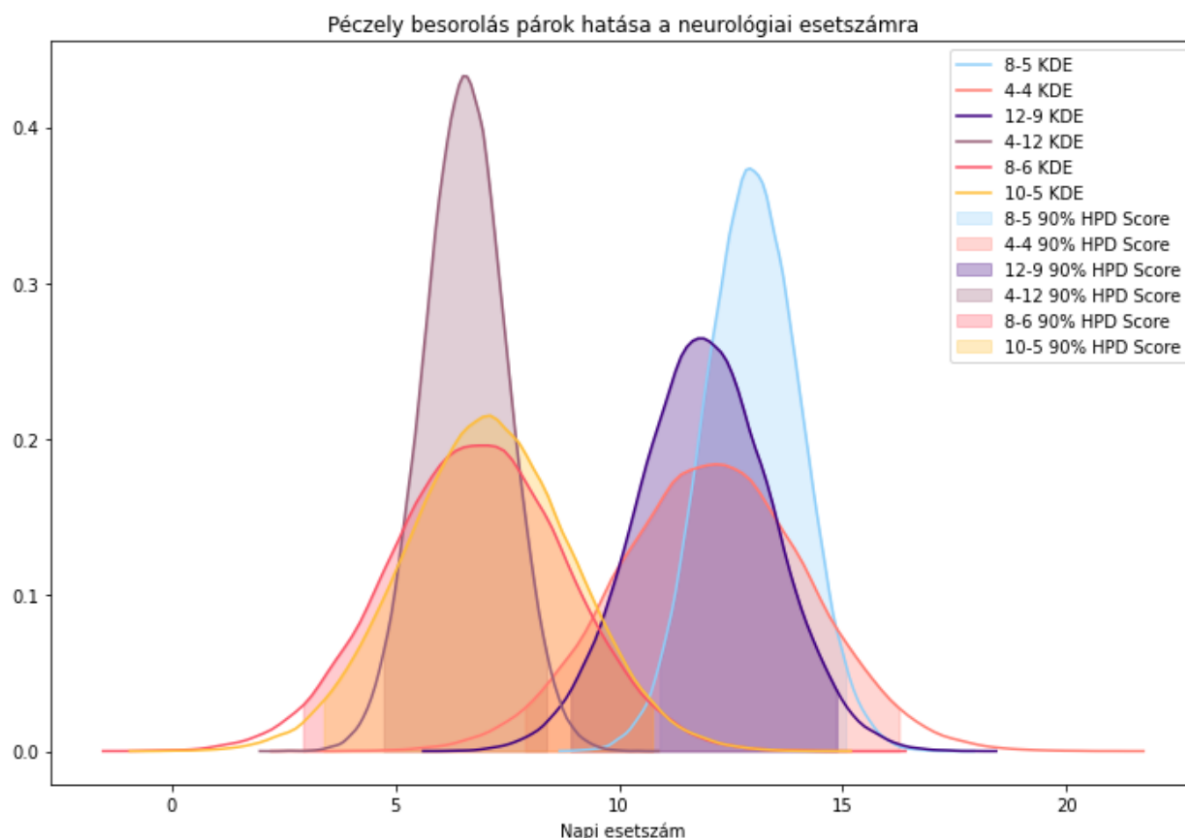
Az aznapi minta mellett elemeztük, hogy az egymást követő mintázatváltások milyen összefüggést mutatnak az esetszámok változásával. Az így létrehozott mintapárok már jóval kisebb elemszámú csoportokra bontják az adatainkat, itt jelentkezik igazán az MCMC módszer előnye. A fals eredmények szűrése miatt a nagyon alacsony elemszámú mintapárokat kiszűrtük, ami a gyakorlatban azt jelentette, hogy a vizsgált időszakban az adott Péczy-besorolás párnak legalább 5-ször elő kellett fordulnia. Itt is NUTS mintavételezést használtunk, 4 láncot építve, 1000 felvezető mintát követően 10 000 mintát

véve. A rendszer 65 mintapár eloszlását becsülte, ami 24 processzor magot használva is több, mint 10 percet vett igénybe.

Legnagyobb várható értékű nappárok		
Pár	Átlag	Szórás
5-8	12,985	1,064
4-4	12,078	2,140
9-12	11,795	1,512
8-8	11,605	1,047
6-13	11,569	1,984

A legmagasabb várható értéket, majdnem 13 napi esettel az 5-8 napváltás mutatta, ezt a 4-4 váltás követte 12 fős napi átlaggal, harmadik helyen pedig a 9-12 váltás áll. Az első, illetve harmadik esetben az a közös, hogy ezen napváltásokkor mindkét-szer anticiklonális képződményt egy újabb anticiklonális követett. Az 5-8 napváltás esetében egy nyugatról benyúló anticiklon alakítja hazánk időjárását. A táblázatból jól látható, hogy ennek a mintázatnak a stagnálása (8-8) ugyancsak magas neurológiai esetszámot eredményez. S habár anticiklonról van szó, amihez ugyan nem kapcsolódnak frontok, de a legtöbb klímaparaméterében megegyezik a korábban már felvázolt, magas esetszámot eredményező ciklonális típusok (7; 4) tulajdonságaival. A tél melegebb az átlagnál és nagyon párás, a nyár pedig időnként fűledt. A 4-es minta már a napi várható esetszámoknál is kiemelt figyelmet kapott, két egymást követő 4-es mintázatú nap esetében átlagosan ugyancsak kiemelkedő értéket kaptunk: 12 beteget regisztráltak ezen napváltásokkor a fent említett neurológiai kórképek valamelyikével. Meg kell jegyeznünk, hogy Puskás János és munkatársai is felfigyeltek ennek a mintázatnak a neurológiai vonatkozásaira. Az ő munkájukban szignifikáns kapcsolat a 10-es és 12-es Péczely-típusok esetében állt fenn. A 12-es mintázatot a mi kutatásunk is alátámasztja, hiszen a harmadik legtöbb esetszámot produkálta a 9-ből 12-es mintába történő napváltás. Ezeken a napokon centrum helyzetű anticiklon uralja egész Közép-Európa térségét. Ami az időjárást illeti, ez a helyzet is illeszkedik a korábbiakban már felvázoltakhoz. A telekre jellemző a magasabb páratartalom és a ködképződés. Ebben az esetben is meg kell említeni a nagy légszennyezettséget. Ami a hőmérsékletet illeti, az előző nagy esetszámokat produkáló mintázatokkal szemben, a 12-es kódú napokon a telek nem enyhébbek, viszont a nyarak meghatározó elemei a kánikulák. Tehát ebben az esetben is vannak olyan hónapok, amelyek melegebbek az arra jellemző átlagnál.

Érdemes azt is megvizsgálni, hogy mely napváltások esetén tapasztalható az átlagnál kisebb esetszám. Itt a 12-4, 6-8, 5-10 váltások foglalják el az első három helyet. Ezek az eredmények azért nagyon érdekesek, mert korábban a 4-es és a 8-as mintázatokkal a magasabb esetszámokat magyaráztuk. Puskás és munkatársai pedig a 10-es

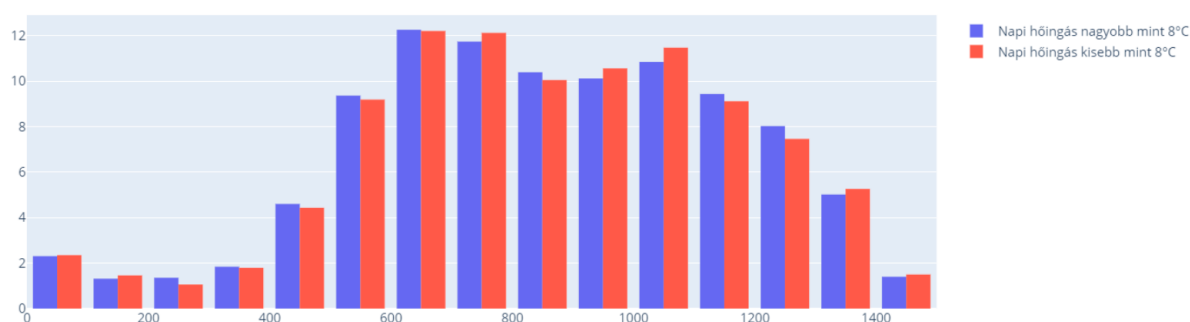


5.11. ábra. A legmagasabb és a legalacsonyabb várható értéket mutató Péczy-minta váltások

mintázatú napokra szignifikáns összefüggést állapítottak meg az epilepsziás megbetegedések számával. Ezekre a napokra ugyan a mi adataink nem hoztak ki magas esetszámot, ezek az ellentmondások elgondolkodtatóak. A Péczy-tipizálás 10-es kódja egy a Kárpát-medencétől északra elhelyezkedő anticiklon hatásait foglalja magában. Nagy napi hőingás és nagy légszennyezettség jellemző rá, emellett az erős lehűlések is gyakran előfordulnak ezeken a napokon. Ebben a mintázatban máris megjelenik az a kettősség, ami miatt a két különböző kutatás két teljesen eltérő állítást fogalmaz meg az esetszámokkal kapcsolatban. Az eddigiek alapján logikus lenne, hogy a hőingás, valamint a légszennyezettségi értékek az esetszámok növekedését eredményezzék, azonban az alacsonyabb hőmérséklet mindezeknek ellentmond. S habár az eddigi eredményeink között vannak összefüggések - magasabb hőmérséklet, páratartalom, levegőszennyezettség stb. több regisztrált neurológiai problémát igazol -, amelyek alátámasztják a fenti érvelést, az időjárás rendkívül komplex volta nehezíti a kutatást.

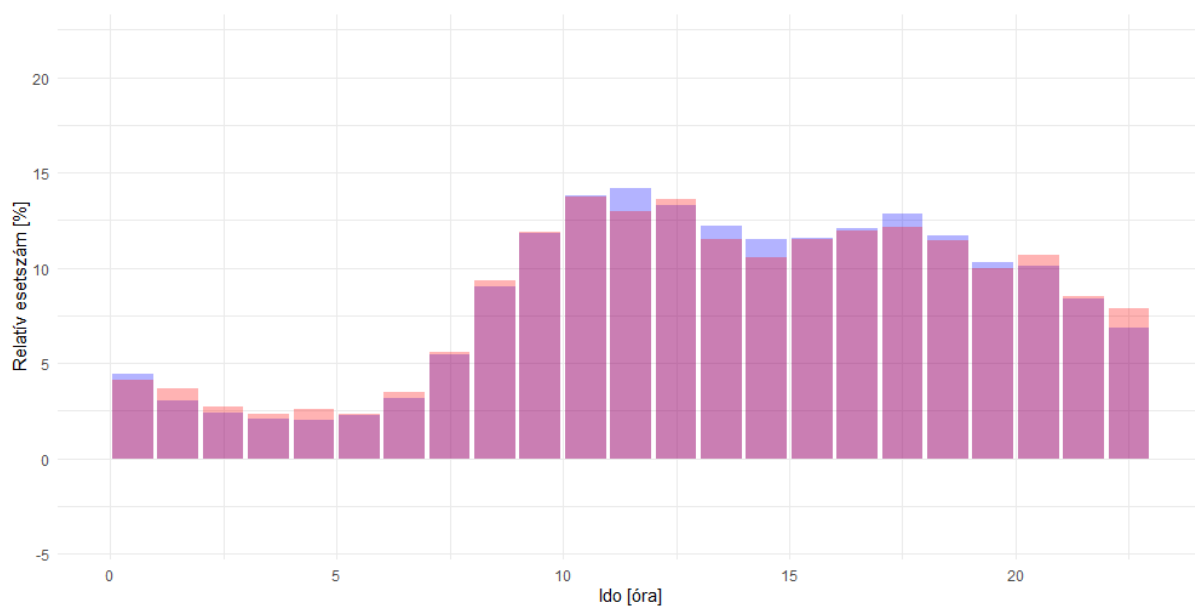
5.5. Időjárás hatása a betegek beérkezésének időpontjára

A vizsgálatunknak ezt a szálát az az érdekes észrevétel indította el, hogy az egyes BNO besorolású problémák a nap folyamán milyen eltérő eloszlásban jelentek meg. Erre kiváló példa az alkoholfogyasztás következtében fellépő, az etanol által okozott toxikus hatás, ami főleg az esti órákra jellemző. Ezzel szemben a kiszáradás szinte minden esetben napközben jelentkezett. Ennek nyomán kezdtük vizsgálni azt, hogy az egyes időjárásváltozások okoznak-e különbséget a napi eloszlásokban. A napi eloszlások vizsgálata nehéz feladat, ezért a statisztika igen új, kevesek számára ismert módszeréhez folyamodtunk: ez a cirkuláris statisztika. Ez lehetővé teszi, hogy az időt nem lineárisan vizsgáljuk, hanem egy kör kerületére vetítve dolgozzuk fel. Ennek köszönhetően sokkal könnyebben elemezhető például az éjfél és egy óra közötti időszak, ami sok esetben problémás a normál statisztikai leírásoknál. Ez a módszer is értelmezi az átlagot és a szórást, valamint lehetőséget ad a statisztikai tesztek elvégzésére. Így megállapíthatjuk, hogy egy eltérés szignifikáns-e az adathalmazunkon. További nagy előnye az ilyen vizsgálatoknak, hogy a teljes időszak adatait felhasználhatjuk, így nem jelent problémát, ha egy-egy nap esetszáma alacsony. A beérkezési időket átváltottuk percekre (óra percről), ez látható az 5.12 ábra x tengelyén. Az ábráról az is jól leolvasható, hogy a nagy napi hőingás nem befolyásolja jelentősen a napi esetszámokat.



5.12. ábra. A hőingás hatása a napközbeni esetszám eloszlásra

A továbbiakban azt is megvizsgáltuk, hogy a napi csapadék hogyan befolyásolta a betegek érkezésének időpontját. Azt tapasztaltuk, hogy az esős napok nem gyakoroltak különösebb hatást a beérkezések időpontjára. Figyelmet fordítottunk a csapadék mennyiségére is. Napi 1 mm mennyiségtől 10 mm-ig vizsgáltuk a beérkezéseket, azonban eredményeink szerint a nagyobb esőzések sem módosították a betegek érkezésének időpontját. A következő ábrán ezt láthatjuk.



5.13. ábra. A 10mm feletti csapadék hatása a napközbeni esetszám eloszlásra

6. fejezet

Összefoglalás

Dolgozatunk célja az volt, hogy megpróbáljuk felkutatni néhány igen gyakori neurológiai kórkép, valamint az időjárás közötti jelentősebb összefüggéseket. Alapos szakirodalmi kutatást követően megfogalmaztuk saját hipotéziseinket. Több esetben a már meglévő kutatási eredményeket szerettük volna a rendelkezésünkre álló, nagy elemszámú adathalmazon vizsgálni, illetve a hagyományosan alkalmazott gyakoriságalapú módszerektől eltérő, kifinomultabb matematika metódusok használatával pontosabb eredményeket kívántunk megfogalmazni. Ahhoz, hogy egy globális képet kapjunk az időjárás állapotáról a Péczely-féle makroszinoptikus időjárásosztályozást vettük alapul. Ennek segítségével egyetlen kód alapján betekintést nyerhettünk az adott nap hőmérséklet-, légnyomás- és csapadékviszonyaiba, de általánosságban tájékozódhattunk a levegőszennyezettség állapotáról is. Számos állítást fogalmaztunk meg a teljesség igénye nélkül az egyes légköri paraméterekre (hőmérséklet, légnyomás, relatív páratartalom, szélesebbesség, szennyezőanyagok stb.) is. A három leggyakoribb neurológiai problémát (migrén, epilepszia és stroke) vizsgáltuk külön-külön, valamint az esetszámok növelése érdekében egyben is.

Eredményeink többször alátámasztották a szakirodalomban leírtakat, de akadtak olyan esetek, amikor a már korábban megfogalmazottaktól és az ezekre támaszkodva kialakított hipotéziseinktől merőben eltérő eredményeket kaptunk. Puskás János és munkatársai például szignifikáns kapcsolatot állapítottak meg a Péczely-féle 10-es és 12-es mintázatú napok esetében az epilepsziás rohamok gyakoriságát illetően. Az ő méréseik szerint ezeken a napokon átlag feletti epilepsziás esetet regisztráltak.

Ezzel szemben a mi vizsgálataink ugyancsak szignifikáns kapcsolatot mutattak ki a 10-es és 12-es napokra, viszont Puskásékkal ellentétben mi az epilepsziás esetszámok csökkenését kaptuk az ezen időjárással jellemezhető napokhoz. Fontos tehát látni, hogy az időjárás - habár nagyon fontos rizikófaktor, hiszen a vizsgált populáció minden eleme érintett - önmagában még kevés, mivel egyéb tényezők jelentősen tudják befolyásolni

annak hatását. Az sem elhanyagolható, hogy a 21. század embere sokkal kevésbé kitett az időjárási elemeknek, mivel zárt tereinkben majdnem konstans hőmérséklet biztosítása mellett élünk, esetleg még a páratartalom szabályozására is figyelünk. Emellett az időjárásra nem, vagy nem olyan nagy mértékben érzékeny emberekre vonatkozó adatok tovább nehezítik a kutatást.

Irodalomjegyzék

- [1] J. Unger, Z. Sümeghy, N. Kántor, and Á. Gulyás. Kisléptékű környezeti klimatológia. *Unger, ed., Szeged: JATEPress*, 2012.
- [2] F. Baur, P. Hess, and H. Nagel. Kalender der grosswetterlagen europas 1881–1939. *Bad Homburg*, 35, 1944.
- [3] Helmuth Brezowsky and Paul Hess. Katalog der großwetterlagen europas. *Berichte der Deutscher Wetterdienst in der US-Zone*, (33), 1952.
- [4] AF Jenkinson and FP Collison. An initial climatology of gales over the north sea. *Synoptic climatology branch memorandum*, 62:18, 1977.
- [5] Wenyan Li, Suzanne M Bertisch, Elizabeth Mostofsky, Catherine Buettner, and Murray A Mittleman. Weather, ambient air pollution, and risk of migraine headache onset among patients with migraine. *Environment international*, 132:105100, 2019.
- [6] Patricia B. Prince, Alan M. Rapoport, Fred D. Sheftell, Stewart J. Tepper, and Marcelo E. Bigal. The effect of weather on headache. *Headache: The Journal of Head and Face Pain*, 44(6):596–602, 2004.
- [7] Kazuhito Kimoto, Saiko Aiba, Ryotaro Takashima, Keisuke Suzuki, Hidehiro Takekawa, Yuka Watanabe, Muneto Tatsumoto, and Koichi Hirata. Influence of barometric pressure in patients with migraine headache. *Internal Medicine*, 50(18):1923–1928, 2011.
- [8] Jan Hoffmann, Hendra Lo, Lars Neeb, Peter Martus, and Uwe Reuter. Weather sensitivity in migraineurs. *Journal of Neurology*, 258(4):596–602, 2011.
- [9] Jan Hoffmann, Tonio Schirra, Hendra Lo, Lars Neeb, Uwe Reuter, and Peter Martus. The influence of weather on migraine—are migraine attacks predictable? *Annals of clinical and translational neurology*, 2(1):22–28, 2015.
- [10] Puskás János, Horváth Ágnes, Kóbor Jenő, and Nagy Éva. A makroszinoptikus időjárási típusok kapcsolata az epilepsziás rohamokkal the connection of the macro-synoptic weather types with the epileptic attacks.
- [11] Medine I. Gulcebi, Emanuele Bartolini, Omay Lee, Christos Panagiotis Lisgaras, Filiz Onat, Janet Mifsud, Pasquale Striano, Annamaria Vezzani, Michael S. Hildebrand, Diego Jimenez-Jimenez, et al. Climate change and epilepsy: Insights from clinical and basic science studies. *Epilepsy & Behavior*, 116:107791, 2021.
- [12] Pedro C. Brás, Ariana Barros, Soraia Vaz, João Sequeira, Diana Melancia, Andreia Fernandes, Ary de Sousa, Sara P. Dias, Inês Menezes Cordeiro, and Manuel Manita. Influence of weather on seizure

- frequency—clinical experience in the emergency room of a tertiary hospital. *Epilepsy & Behavior*, 86: 25–30, 2018.
- [13] G. Ruhenstroth-Bauer, H. Baumer, J. Kugler, R. Spatz, W. Sönnig, and B. Filipiak. Epilepsy and weather: a significant correlation between the onset of epileptic seizures and specific atmospherics—a pilot study. *International journal of biometeorology*, 28(4):333–340, 1984.
 - [14] William B Goggins, Jean Woo, Suzanne Ho, Emily YY Chan, and PH Chau. Weather, season, and daily stroke admissions in hong kong. *International journal of biometeorology*, 56(5):865–872, 2012.
 - [15] Harun Gunes, Hayati Kandis, Ayhan Saritas, Suber Dikici, and Ramazan Buyukkaya. The relationship between ischemic stroke and weather conditions in duzce, turkey. *World journal of emergency medicine*, 6(3):207, 2015.
 - [16] Matthew C. Cowperthwaite and Mark G. Burnett. An analysis of admissions from 155 united states hospitals to determine the influence of weather on stroke incidence. *Journal of Clinical Neuroscience*, 18(5):618–623, 2011.
 - [17] Péczely György. *Grosswetterlagen in Ungarn*. 1957.
 - [18] Péczely György. *Magyarország makroszinoptikus helyzeteinek katalógusa, (1881-1983)*. Országos Meteorológiai Szolgálat, 1983.
 - [19] Péczely György. *Magyarország makroszinoptikus helyzeteinek éghajlati jellemzése*. 1961.
 - [20] Kreinicker Kata and Sipos Bence. *A makroszkópikusidőjárási viszonyok és kardiovaszkuláris problémák kapcsolatának vizsgálata*. 2021.
 - [21] Henry B. Mann and Donald R. Whitney. On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. *The annals of mathematical statistics*, pages 50–60, 1947.