



V. ORVOSMETEOROLÓGIAI KONFERENCIA

Budapest, 2021. december 9-10.

MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG



V. ORVOSMETEOROLÓGIAI KONFERENCIA JEGYZŐKÖNYVE



**V. ORVOSMETEOROLÓGIAI KONFERENCIA
JEGYZŐKÖNYVE**

MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG

BUDAPEST

2022

SZERKESZTETTE:
DUNKEL ZOLTÁN

LEKTORÁLTA:

SÁHÓ ÁGNES
TÓTH RÓBERT

CÍMLAP TERV: NÉMETH ÁKOS

A KÖTET AZ
AGRÁRMINISZTERIUM
TÁMOGATÁSÁVAL JELENT MEG.

Magyar Meteorológiai Társaság

Budapest II., Kitaibel Pál utca 1.

ISBN 978-963-8481-15-3

Felelős kiadó: dr. Dunkel Zoltán

Készült:

Premier Nyomda

Budapest

200 példányban

Felelős vezető:

Király Attila

Tartalom

Dunkel Zoltán: Előszó	8
László Tibor Zoltán: Megnyitó köszöntés	9
Horváth Ildikó: Bevezető gondolatok	10
Dunkel Zoltán: Az orvosmeteorológia jelentősége és története	11
Ács Ferenc, Zsáka Annamária, Kristóf Erzsébet, Szalkai Zsolt: Milyen a legmegfelelőbb ember a klímaosztályozási célokra alkalmazandó humán termikus klíma vizsgálatokban?	13
Fülöp Andrea: Ölelgessünk fákat? – avagy mi véd meg a klímaszorongástól	18
Puskás János, Kúti Zsuzsanna, Tóth László: A szülések és a sok csapadék közötti összefüggés vas megyében	21
Takátsné Lucz Ildikó, Tasnádi Péter: A villámok biológiai hatásai – és amit a diákok tudnak róla	25
Vadas András: Pestis a kora újkori Nyugat-Dunántúlon – mikor, miért, hol?	34
Babcsány Ildikó, Bezegh Barbara, Szigeti Tamás, Koplányi Nóra, Laukó-Doró Viktória, Simon Dóra, Józsa Orsolya: LIFE17 IP/HU/000017 - levegőminőség javítása 8 régióban a levegőminőségi tervek végrehajtásának elősegítésével	45
Viaene Peter, Ferenczi Zita, Kis-Kovács Gábor, Labancz Krisztina, Baranka Györgyi: A Hungairy Life integrált projekt keretében fejlesztett ATMO-PLAN döntéstámogató eszköz bemutatása	49
Bendik Gábor: A levegőminőségi problémák társadalmi okai és hatásai, kezelésének lehetőségei civil szemmel tiszta fűtés, rendes ház!	52
Bíróné Kircsi Andrea: A tüdőrákról és az elérhető adatok minőségének jelentőségéről	55
Hafenscher Viktória Priscilla: Légszennyezés hatása az egészségre és ökoszisztémára	62
Molnárné Pelle Beáta, Weidinger Tamás, Tasnádi Péter: Mit tudnak a középiskolás diákok a légszennyezés káros hatásairól?	69
Balogh Boglárka Sára, Csákö Zsófia, Nyiri Zoltán, Szigeti Tamás: Levegőkémiai és humán biomonitring vizsgálatokkal a fatüzelés nyomában	79
Németh Ákos: Az időjárási preferenciák szerepe a turisztikai klimatológiai vizsgálatokban	81
Kovács Attila, Király Andrea: Az éghajlatváltozás rekreációra gyakorolt hatásának vizsgálata hazánk területére	83
Pintér Ferenc, Pintér Ádám, Poór László, Ivády Anett: A humánmeteorológiától a meteogógyászatig	91
Ferenczi Zita: Szennyezőanyagok nagytávolságú transzportjának egészségügyi vonatkozásai	94
Kreinicker Kata, Sipos Bence, Sótónyi Péter, Lovas Gábor, Szilágyi Brigitta: Miként befolyásolják a légszennyezők a sürgősségi betegellátó osztályra neurológiai tünetekkel érkezők számát?	100
Páldy Anna, Molnár Zsófia, Müller Rita, Szigeti Tamás: A kisméretű aeroszol részecskék egészségkárosító hatásának becslése hazai városainkban (2017-2019)	106
Szigeti Tamás: Beltereink levegőminősége: Aktuális kihívások	107
Szegő Judit: Légszennyezés – lakossági mérés 'low cost' szenzorokkal	109
Gál Tamás, Skarbit Nóra, Unger János: A hőstressz várható alakulása a hazai városokban az évszázad végéig	114
Hágen András: Orvosmeteorológia. A globális klímaváltozás és a járványok	115
Péliné Németh Csilla: Az éghajlatváltozás (egészségügyi) hatásai a katonai tevékenységre	120
Simon Csilla, Lakatos Mónika, Kis Anna: Hőhullám kategóriák és trendek Magyarországon	127
Tóth Zoltán, Fekete Dénes: Az erythemális UV-dózis meghatározásának relevanciája, és az UV-besugárzás várható jövőbeli tendenciái	129
Trájer Attila János: A klímaváltozás várható hatása az <i>Aedes Aegypti</i> szúnyog (a sárgaláz, zika-, mayaro-, dengue- és chikungunya-láz vírusainak közös terjesztője) jövőbeli elterjedésére Európában	139
Folyovich András, Fábián Dóra, Varró Mihály, Béres-Molnár Katalin Anna: Fagyos szentek és akut ischaemias stroke	146
Folyovich András, Fábián Dóra, Varró Mihály, Béres-Molnár Katalin Anna: A holdfázisok és akut ischaemias stroke	150
Walkovszky Attila: Időjárásérzékenység a hagyományos kínai orvoslás alapján	153
Márovics Gergely, Girán János: Az időjárás néhány paraméterének hatása a COPD morbiditásra	159
Nagy Katalin: A barlangkezelések helye a gyógyításban	162
Sipos Bence, Kreinicker Kata, Lovas Gábor, Sótónyi Péter, Szilágyi Brigitta: Létezik-e kritikus hőmérséklet a sürgősségi betegellátó osztályra kardiovaszkuláris problémákkal érkezők számára nézve?	167
Stier Ágnes, Páldy Anna: Bőrrák incidencia budapesti és pest megyében 2001 és 2015 között	175
Fritz Petra, Gyöngyösi András Zénó, Mendyl Abderrahmane, Weidinger Tamás: Meteorológiai információk szerepe a zajszennyezés modellezésében (kedvező és kedvezőtlen terjedési feltételek elkülönítése)	179
Függelék. A konferencia programja	180
A Tudományos Szervező Bizottság	182
A konferencia regisztrált résztvevői	182

ELŐSZÓ

Dunkel Zoltán

Magyar Meteorológiai Társaság, *dunkel.zoltan@gmail.com*

Ez a kötet a 2021. december 9-10-én lezajlott V. Orvosmeteorológiai Konferencián elhangzott anyagokat tartalmazza. Részben teljes szakmai cikk, részben csak a konferencián bemutatott előadások diáinak közreadásával vagy csak egy rövid absztrakttal jelezve, hogy miről is szólt az előadás a konferencián.

A jelen konferenciát megelőzően 2017-ben került sor hasonló jellegű rendezvényre, s a szervezők úgy gondolták, hogy semmi akadálya annak, hogy két évvel később folytatódhasson a rendezvény sorozat. Sajnos az élet közbeszólt. Az egész világon így, hazánkban is megjelenő vírusjárvány, számos védelmi intézkedést váltott ki, amelyek közül a legkellemetlenebb a rendezvények megtartására vonatkozó tilalom volt. Többszöri elhalasztás után a szervezők úgy döntöttek, hogy lemondanak a személyes megjelenés adta lehetőségekről és on-line rendezik meg a konferenciát. A konferencia lebonyolításának technikai hátterét az Országos Meteorológiai Szolgálat birtokában lévő *webex* rendszer adta. Ezúton is köszönetet mondunk a Szolgálatnak, hogy volt szíves a technikát rendelkezésünkre bocsátani, s biztosítani a szükséges technikai személyzetet. Köszönettel tartozunk *Löwinger Endrének*, aki biztosította mindkét napon a technika zavartalan működését. A „host” szerepét *Németh Ákos* töltötte be, neki is köszönettel tartozunk.

A korábbi orvosmeteorológiai konferenciákhoz képest a jelen konferencián lényegesen nagyobb volt a részvétel. Az első, 1963-ban rendezett konferencián mindössze 11 előadást tartottak. Most 33 előadás hangzott el, s 3 posztert mutattak be. A 70 szerző mellett 14 regisztrált hallgatója is volt a rendezvénynek. Igazán kár és sajnálatos, hogy nem volt lehetőség a személyes találkozásra. Ez az összejövétel remek alkalom lett volna arra, hogy ebben a speciális témakörben érdeklődő szakember ne csak az előadásokat hallgassa meg, hanem a kávészünetekben és a tervezett, de elmaradt fogadás során megismerkedhessen, eszmét cserélhessen. Reméljük, hogy a mostani nagyfokú érdeklődés megmarad, s két év múlva újból lehetőség lesz a VI. Orvosmeteorológiai Konferencia megtartására. Az érdeklődést és a vitatkozási vágyat jól mutatta, hogy a tervezett 14:15-ös befejezés helyett a konferencia 15:40-kor ért véget.

A konferenciát támogatta az Országos Meteorológiai Szolgálat mellett az Agrárminisztérium és az Emberi Erőforrások Minisztériuma. A jelen kötet kiadását az Agrárminisztérium anyagi támogatása tette lehetővé.

Köszönetünket fejezzük ki mindazoknak, akik támogatásukkal lehetővé tették a konferencia és a jelen kötet megvalósulását.

MEGNYITÓ KÖSZÖNTÉS

László Tibor Zoltán

környezetvédelemért felelős helyettes államtitkár
Környezetügyért felelős államtitkárság
Agrárminisztérium

Hölgyeim és Uraim! Tisztelt Vendégek! Kedves Kollégák!

Nagy örömmel fogadtam a felkérést a mai konferencia megnyitására, hiszen a környezet és a természet értékeinek megőrzése, a környezet állapotának javítása könnyen párhuzamba állítható az egészségmegőrzésre irányuló törekvésekkel.

A környezetvédelem középpontjában ugyanis alapvetően az ember, az emberi egészség áll. Az ember a természet része, így mind a környezetben, mind az időjárásban történt jelentős változás közvetlen hatással van rá. Ezért is tartom kiemelten fontosnak a tudományterületek együttműködését, hiszen ismereteik megosztása és kölcsönös felhasználása hozzájárulhat a különböző szakterületek fejlődéséhez, a valódi, hatékony megoldások kidolgozásához.

Engedjék meg, hogy szakmai érintettségem okán a mai konferencia számos szakterülete közül a levegőtisztasági vonatkozásokat emeljem ki. Kiemelt szakterületi feladatunk jelenleg, hogy végrehajtsuk az Országos Levegőtérhelés-csökkentési Programot, amely a levegőtisztaság-védelem területén az utóbbi évek egyik legfontosabb eredményeként került elfogadásra. Ezzel a komplex programmal a Kormány 10 éves távlatban jelölte ki a levegőtisztaság-védelmi intézkedések stratégiai irányait, így az megfelelő keretet fog nyújtani a valóban hatékony intézkedések végrehajtásához. A szabályozási és támogatási intézkedések mellett komoly szerephez jut benne a szemléletformálás is.

A tudatosság növelése ugyanis időigényes folyamat. Éppen ezért már 2014-ben elindítottuk a „Fűts okosan!” kampányt, amely nemcsak az egészségügyi hatásokról, de a környezet- és egészségbarát tüzelésről is igyekszik átadni a legfontosabb tudnivalókat.

Nemcsak a lakossági szemléletformáláshoz és információátadáshoz, hanem a levegőtisztaság-védelmi szakmai munkához is elengedhetetlen a legújabb tudományos eredmények nyomon követése, nélkülözhetetlen ismereteink bővítése, az összefüggések feltárása és megértése.

Részben ez a felismerés vezette a Kormányt arra, hogy 2020-ban a nyílt meteorológiai adatpolitika bevezetéséről döntsön, átvállalva az ingyenesen elérhető meteorológiai adatok költségeit. A rendelkezésre álló forrásból létrehoztunk egy széleskörű és ingyenes adatelérést biztosító, magas szakmai színvonalú információs rendszert. A nyílt meteorológiai adatpolitika bevezetése tehát nemcsak az időjárás-érzékeny gazdasági szektorok kockázatainak csökkentését támogatja, hanem az információk könnyebb elérhetősége révén a különböző tudomány- és szakterületek fejlődését is nagyban elősegítheti.

Ezt szolgálja ez a mai konferencia is, ahol számos témában hallhatunk előadásokat, bővíthetjük ismereteinket, és tanulhatunk kivételes előadóktól.

Ehhez szívből kívánok Önöknek hasznos megbeszélést, együtt gondolkodást, és sikeres munkát!

BEVEZETŐ GONDOLATOK

Horváth Ildikó

egészségügyért felelős államtitkár
Egészségügyért Felelős Államtitkárság
Emberi Erőforrások Minisztériuma

Sok szeretettel üdvözlöm a Tisztelt Kollegákat, a konferenciának valamennyi résztvevőjét!

Nagyon örülök annak, hogy bár ilyen nehezített körülmények között, – személyes találkozás nélkül –, de legalább videón keresztül részesei lehetünk ennek az érdekesnek és időszerűnek ígérkező konferenciának. Közösen végigjárhatjuk az orvosmeteorológiai különböző aspektusait.

A magunk részéről, és itt most az Egészségügyért felelős Államtitkárság nevében hadd mondjam azt, hogy, kellő figyelemmel követjük az időjárásnak valamint a Földünk fizikai-kémiai jellemzőit, az ember közvetlen környezetében bekövetkező változásokat, hiszen jól tudjuk, hogy ezek a változások elkerülhetetlenül hatással lesznek az emberi életre is. Ezen változások hozhatnak komoly nehézségeket is.

Nekem külön öröm látni, hogy ebben a szakmai programban a hőmérséklettől, a páratartalomtól, a levegő kémiai-fizikai mutatóitól, a minőségétől, a napfénytől kezdve olyan stratégiai kérdésekig, mint a meteorológia által látott és a klímaváltozásként megjelenített fogalomban érzékelhető folyamatokat is követi, és ezeknek az emberre gyakorolt hatására is figyelemmel vannak. Annak is külön örülök, hogy több orvoskollégát is sikerült erre a rendezvényre úgy megnyerni, hogy a betegségek oldaláról, akár a tüdőrákról, a bőrrákkal kapcsolatosan elmondják saját megközelítésüket, saját tapasztalataikat.

Azt várom ettől a rendezvénytől és ehhez kívánok valamennyiüknek jó munkát, hogy ez a közös gondolkodás tovább erősödjön. Legyen ez a mai konferencia egy olyan lényeges állomás ebben a közös munkában, ami valóban az ember egészségének megőrzésében nyújthat hathatós segítséget.

Környezetünk fizikai-kémiai és egyéb tényezőinek a nyomonkövetése, beleértve a természetes és mesterséges elemeket is, az ebből fakadó információknak a széleskörű megismertetése és cseréje és az ebből táplálkozó tudásnak a megfelelő használatát fogja jelenteni és jelezni.

Ehhez a magunk részéről maximális segítséget ígérek és nagyon izgatottan és kíváncsian várom a következő előadásokat.

Köszönöm szépen, hogy meghallgattak.

AZ ORVOSMETEOROLÓGIA JELENTŐSÉGE ÉS TÖRTÉNETE

Dunkel Zoltán

Magyar Meteorológiai Társaság, dunkel.zoltan@gmail.com

ÖSSZEFOGLALÁS. Az orvosmeteorológia szóösszetételt gyakran használjuk, anélkül, hogy végig gondolnánk, valójában mit is takar a kifejezés. Egy kicsit úgy vagyunk vele, mint az alapfogalommal a matematikában. Nem adunk rá definíciót, de mindenki ugyanarra gondol. Ha megpróbáljuk pontosítani a jelentését, akkor szembekerülünk azzal, hogy ez nem is annyira egyértelmű fogalom. Általában az időjárásnak (és az éghajlatnak) az emberi szervezetre gyakorolt negatív hatásaival foglalkozó tudományágat értenek alatta. Egyértelműen elfogadott meghatározása sem hazai, sem nemzetközi szakmai (és laikus) körben nincs. Két lehetséges meghatározásból indulhatunk ki. Az egyik egy magyar honlapon, a másik a Nemzetközi Biometeorológiai Társaság honlapján olvasható. A magyar meghatározás szerint az orvosmeteorológia az *időjárás és az éghajlat* egészséget megterhelő negatív hatásait kutató tudományág, elsősorban a káros hatásokra koncentrál. A légkörből érkező ingerekre a szervezet válaszokat ad.

Ezek az ingerek általában nem terhelik meg jelentősebben a szervezetet, de közérzet- és hangulatingadozás gyakran észlelhető (<https://szimpatika.hu/cikkek/>).

Az *International Society of Biometeorology* szerint a biometeorológia egy interdiszciplináris tudomány, amely a légköri folyamatok és az élő szervezetek – növények, állatok és emberek – közötti kölcsönhatásokat tanulmányozza. A legfontosabb kérdés, amit a biometeorológia megválaszol: Hogyan befolyásolja az időjárás és az éghajlat minden élőlény jólétét? Ebben a megközelítésben egy tágabb fogalomkörbe vonja be az orvosmeteorológiát, az élőlények és az időjárás (éghajlat) kapcsolatát vizsgáló tudományágba.

Az 1984-ben kiadott Meteorológiai Értelmező szótár (*Czelnai-Szepesiné: Meteorológia 1984*) arra a kérdésre, hogy mi az orvosmeteorológia, három címszó alatt próbál választ adni. *Biometeorológia* az időjárás élő szervezetekre gyakorolt hatásaival foglalkozó meteorológiai tudományág. *Meteoropatológia* a betegségek és az időjárás közötti összefüggésekkel foglalkozó tudományág. Ezt a szót, hogy orvosmeteorológiai nem is használja az 1984-es szótár, helyette az *orvosi meteorológia* kifejezést használja, ami szerinte az *alkalmazott meteorológia* ága, amely az időjárás emberre gyakorolt hatásait vizsgálja, elsősorban azon légkörfizikai jelenségek felderítése céljából, amelyek pszichés megnyilvánulásokat, teljesítménycsökkenést, rendellenes reakciókat okoznak (vö. *biometeorológia, meteoropatológia*).

Magyarországon korán érdeklődés mutatkozott az orvosmeteorológia iránt. A Magyar Meteorológiai Társaság 1950-ben Orvosmeteorológiai Szakosztályt hozott létre Schulhof Ödön, Kérdő István, Predmerszky Tibor és Örményi Imre közreműködésével. Ennek eredményeként két orvosmeteorológiai tanfolyamot is rendeztek, 1951-ben és 1956-ban. Aujeszky László, Örményi Imre és Kérdő István kezdeményezésére a magyar meteorológiai intézet orvosmeteorológiai előrejelzéseket adott ki.

Szervezeti keretben is működött orvosmeteorológiai kutatás: 1958-1974: OMI - Biometeorológiai Osztály, később: 1982: OMSZ - Biometeorológiai Csoport

1963-ban megrendezték az I. Orvosmeteorológiai Konferenciát 11 előadással, aminek csak 2013-ban lett folytatása. A 2015-ben és 2017-ben megrendezett konferenciák folytatására a vírushelyzet miatt csak 2021-ben nyílt lehetőség.

A KONFERENCIÁN BEMUTATOTT DIÁK

Az orvosmeteorológia jelentősége és története

Dunkel Zoltán
Magyar Meteorológia Társaság,
Budapest



ORVOSMETEOROLÓGIAI KONFERENCIA

2021. december 9-10.

Az orvosmeteorológia az időjárás és az éghajlat egészséget megterhelő negatív hatásait kutató tudományág, elsősorban a káros hatásokra koncentrált. A légkörből érkező ingerekre a szervezet válaszokat ad. Ezek az ingerek általában nem terhelik meg jelentősebben a szervezetet, de közérzet és hangulatingadozás gyakran észlelhető. <https://szimpatika.hu/cikkek/>

A biometeorológia egy interdiszciplináris tudomány, amely a légköri folyamatok és az élő szervezetek - növények, állatok és emberek - közötti kölcsönhatásokat tanulmányozza. A legfontosabb kérdés, amit a biometeorológia megválaszol: Hogyan befolyásolja az időjárás és az éghajlat minden élőlény jólétét?

International Society of Biometeorology

ORVOSMETEOROLÓGIAI KONFERENCIA

2021. december 9-10.

Magyar Meteorológiai Társaság 1950:
Orvosmeteorológiai Szakosztály
Schulhof Ödön, Kérdő István, Predmerszky Tibor,
Örményi Imre
1951: I. Orvosmeteorológiai Tanfolyam
1956: II. Orvosmeteorológiai Tanfolyam
1958. március 19.
Aujeszký László, Örményi Imre és Kérdő István:
Orvosmeteorológiai előjelezések
1958-1974: OMI - Biometeorológiai Osztály
1982: OMSZ - Biometeorológiai Csoport
1963. május 16-17: MMT Orvosmeteorológiai Szakosztály
és TIT: I. Orvosmeteorológiai Konferencia
11 előadás

ORVOSMETEOROLÓGIAI KONFERENCIA

2021. december 9-10.

Van folytatás?

Rábai Attila csoportvezető Orvosmeteorológiai és Szinoptikus Fejlesztő Csoport 1984-1986

Pálóczy Györgyi és Zimmermann István, 1988:
Biometeorológia I. rész: Humánbiometeorológia .
Légtér 33(4), 25-26

2008 OMSZ kiadvány: Emberpróbáló időjárás,
orvosmeteorológiáról mindenkinek, 13 tanulmány

Van folytatás.

1990 után (nemcsak) az „orvosmeteorológia” művelése
„állami” (nemzeti szolgálat) monopólium

Ahogy mostanában „mondják”:

Global Weather Enterprise (GWE)

consists of Public, Private and Academic (PPA)

ORVOSMETEOROLÓGIAI KONFERENCIA

2021. december 9-10.

Mi az orvosmeteorológia?

Orvosi meteorológia az alkalmazott meteorológia ága, amely az időjárás emberre gyakorolt hatásait vizsgálja, elsősorban azon légkörfizikai jelenségek felderítése céljából, amelyek pszichés megnyilvánulásokat, teljesítménycsökkenést, rendellenes reakciókat okoznak (vö. *biometeorológia*, *meteoropatológia*)

Biometeorológia az időjárás élő szervezetekre gyakorolt hatásaival foglalkozó meteorológiai tudományág

Meteoropatológia a betegségek és az időjárás közötti összefüggésekkel foglalkozó tudományág

Czelnai-Szepesiné: Meteorológia 1984

ORVOSMETEOROLÓGIAI KONFERENCIA

2021. december 9-10.

Orvosmeteorológiai archaikus története:

Hippokratész (K.e. 460 – K.e. 377)

Orvosbölcseleti művek

– A levegőről, a vizekről és a helyekről

Alexander von Humboldt (1769-1859) leírja, hogy az időjárás elemei miként hatnak az emberi érzékszervekre.

Az International Society of Biometeorology (*Nemzetközi Biometeorológiai Társaság*)-t 1956. augusztus 29-én alapították az UNESCO párizsi központjában. A létrehozást S.W. Tromp geológus (Hollandia) és H. Ungeheuer meteorológus (Németország) és számos emberi fiziológus kezdeményezte, első elnöke F. Sargent II (USA) volt.

ORVOSMETEOROLÓGIAI KONFERENCIA

2021. december 9-10.

Németh Ákos:

2013. május 23-24.

II. Orvosmeteorológiai Konferencia

38 résztvevő, 24 előadás, 5 poszter

2015. május 28-29.

III. Orvosmeteorológiai Konferencia

2017. március 2.

IV. Orvosmeteorológiai Konferencia

V. Orvosmeteorológiai Konferencia,

33 előadás (32 társszerző), 3 poszter, +13 regisztrált

Elvben összesen 91 résztvevő

ORVOSMETEOROLÓGIAI KONFERENCIA

2021. december 9-10.

Az International Society of Biometeorology
(*Nemzetközi Biometeorológiai Társaság*)
Három évente rendez konferenciát.
Ennek keretében van orvosmeteorológia.

1st virtual and 22nd International Congress of
Biometeorology

Connecting Our World: Biometeorology 2021

Tourism, Cool Cities, UTCI, Urban, COVID 19
Biometeorology, Climate Change and Society, Human –
Asia, Africa, The Americas, Thermal Comfort

23rd International Congress of Biometeorology will take
place in Tempe, Arizona, USA in 2023

ORVOSMETEOROLÓGIAI KONFERENCIA

2021. december 9-10.

Köszönöm megtisztelő figyelmüket!

MILYEN A LEGMEGFELELŐBB EMBER A KLÍMAOSZTÁLYOZÁSI CÉLOKRA ALKALMAZANDÓ HUMÁN TERMIKUS KLÍMA VIZSGÁLATOKBAN?

WHAT IS THE MOST APPROPRIATE PERSON FOR HUMAN THERMAL CLIMATE STUDIES TO BE USED FOR CLIMATE CLASSIFICATION PURPOSES?

Ács Ferenc¹, Zsákai Annamária², Kristóf Erzsébet¹, Szalkai Zsolt¹

¹ELTE, Földrajz és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék

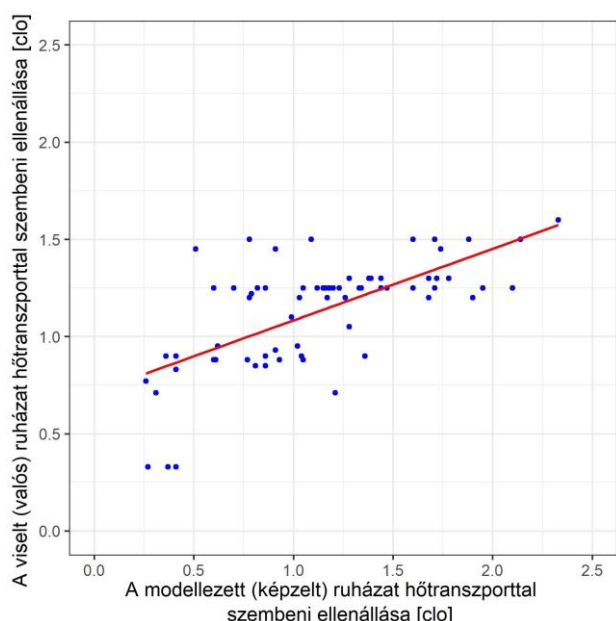
²ELTE, Biológiai Intézet, Embertani Tanszék, ferenc.acs@ttk.elte.hu

ÖSSZEFOGLALÁS A humán alapú éghajlat-osztályozási módszerekben elengedhetetlen a legmegfelelőbb embertípus kiválasztása és az ember minél egyszerűbb modellezése. E tanulmányban a legmegfelelőbb embertípus kiválasztásának témakörére fókuszáltunk ruházati és humán antropometriai adatokat használva. Az embercsoportot reprezentáló egyént két kritérium alapján választottuk: a) legyen minél nagyobb az embercsoport és b) termikus szempontból legyen minél homogénebb. Eredményeink alapján az éghajlat-osztályozási célokra szolgáló modellekben a legmegfelelőbb ember az, aki a) egyéni ruházatot visel, b) mezomorfa testalkatú (BMI érték 25 kg m⁻² körüli), c) áll a kültérben és d) mindegy, hogy milyen nemű (lehet férfi, nő, vagy gyerek). Az ilyen ember minél egyszerűbb modellezése végett nélkülözhetetlen a négy humánállapothatározó (testtömeg, testmagasság, nem és kor) ismerete. Az emberi hőérzet megbízhatóan csak emberi hőérzet-megfigyelések alapján becsülhető.

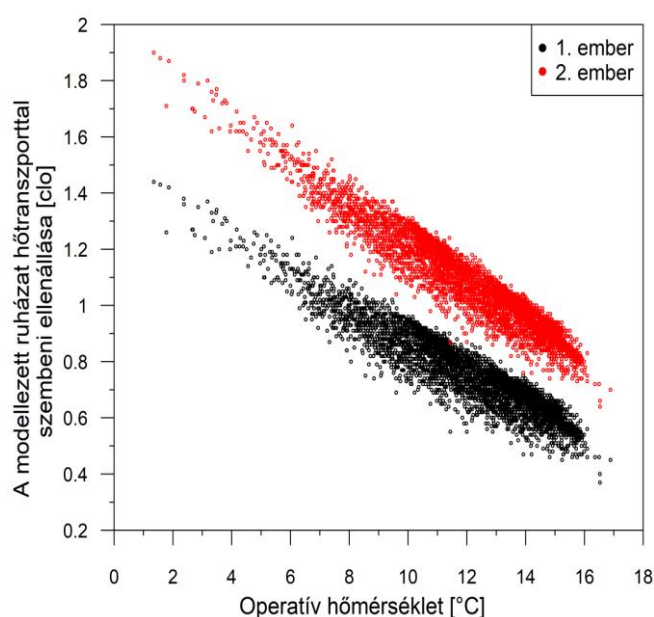
ABSTRACT. In human-based climate classification methods, it is essential to select the most appropriate type of person and to model the person as simply as possible. In this study we focused on the former topic using clothing and human anthropometric data. The person representing the group of people was selected on the basis of two criteria: a) the group of people should be as large as possible and b) from a thermal point of view; the group of people should be as homogeneous as possible. Based on our results, in models for climate classification purposes, the most suitable person is one who a) wears individual clothing, b) has a mesomorphic somatotype (BMI around 25 kg m⁻²), c) stands outdoors, and d) its sex does not matter (it can be man, woman or child). In order to model such a person as simply as possible, it is essential to know its four human state variables (body mass, body length, sex and age). Human thermal sensation can only be reliably estimated from human thermal perception observations.

Bevezetés. Az ember modellezése az emberi hőterhelés- és hőérzet-modellezés tudományában központi kérdés. Ez a humán termikus klíma-osztályozás céljait szolgáló modellek esetében hatványozottan igaz, mivel ekkor az ember lehető legegyszerűbb reprezentálása (*Essenwanger*, 2001) kívánatos. Az emberi hőterhelés és hőérzet vizsgálatokban a PET (Physiologically Equivalent Temperature) (*Höppe*, 1999) és a UTCI (*Fiala et al.*, 2011; *Havenith et al.*, 2011) (Universal Thermal Climate Index) modellek a legelterjedtebbek (*Potchter et al.*, 2018). Ez a két index az emberi hőkomfort vizsgálatára is alkalmas, így az emberi hőszabályozási folyamatok leírására szolgáló alprogramokat is tartalmazzák. Mindkét modellben az ember standardizált. A PET modellben az ember egy 35 éves férfi, akinek testtömege 75 kg, testmagassága 175 cm, egy szobában áll (ezért metabolikus hőáram-sűrűsége kb. 80 W m⁻²) 0,9 (clo) hőszigetelési értékkel rendelkező ruházatban. A UTCI modell egy átlagos embert használ (*Bröde et al.*, 2013), akinek neme nincs megadva, testtömege 73,5 kg, testzsírtartalma 14%, Dubois-féle (*Dubois*, 1915) felszíne 1,86 m², és aki kültéri hőterhelés alatt gyalogol 1,1 ms⁻¹ sebességgel. Ruházatának hőszigetelő értékét *Havenith et al.* (2011) modellje alapján becsülik, amely az európai és az észak-amerikai városi lakosság öltözködési mintáit reprezentálja. A ruházati modell a UTCI-Fiala modell (*Fiala et al.*, 2011) szerves része. Megemlítenéd, hogy e tanulmány szerzői nem találtak semmilyen magyarázatot, vagy humán adatbázisra való hivatkozást a standardizált emberek jellemzőivel kapcsolatban. Ezért e tanulmány célja a címként is szereplő kérdés megválaszolása magyar ruházati- és humán antropometriai adatbázisok (*Zsákai et al.*, 2015) használatával kapott alapinformációk alapján. Az adatbázisok bemutatásától ezúttal eltekintünk terjedelmi okok miatt.

AZ EMBER JELLEMZŐI A HUMÁN TERMIKUS KLÍMA VIZSGÁLATOKBAN. A humán termikus klímamodellekben az emberi jellemzők három csoportba oszthatók az emberi állapotváltozók, a ruhaviselet és az aktivitás szempontjából. Az ember állapotváltozói: a testtömeg (kg), a testmagasság (cm), nem (gyerek (fiú, lány), férfi, nő) és kor. A ruhaviselet meghatározza a teljes ruházat hőszigetelő értékét (r_{cl}) (értelemszerűen pozitív szám, mértékegysége (sm^{-1}), vagy ($\text{m}^2\text{C/W}$), de leginkább (clo)-ban fejezik ki; $1 \text{ (clo)} = 186,7 \text{ (sm}^{-1}\text{)}$). Az aktivitás döntően meghatározza az emberi test belsejében felszabaduló metabolikus hőáram-sűrűséget (Wm^{-2}) (M). A jellemző aktivitás típusok: alvás, fekvés, ülés, állás, gyaloglás, úszás, kerékpározás és futás. Mindegyik aktivitás-típushoz jellemző M értéktartományok társíthatók, mert az M nyilvánvalóan személyfüggő is. A környezeti hőterhelés (Wm^{-2}), az r_{cl} és az M együttes hatása egyéb egyéni szubjektív tényezők (pl. termikus előzmények, pihentesség/fáradtság stb.) mellett létrehozza az emberek szubjektív hőérzetét. Mielőtt rátérnénk ezek egyenkénti taglalására, próbáljunk állást foglalni azzal kapcsolatban is, hogy vajon előnyösebb-e embercsoportot, vagy egyént szemlélni.



1. ábra. A valós és a képzelt ruházat hőszigetelő értékeinek összehasonlítása átlagos szélességre vonatkozóan (Forrás: Ács Ferenc 112 esetre vonatkozó meteorológiai, sportaktivitási és ruházati adatokat tartalmazó adatbázisa (Ács et al, 2019))



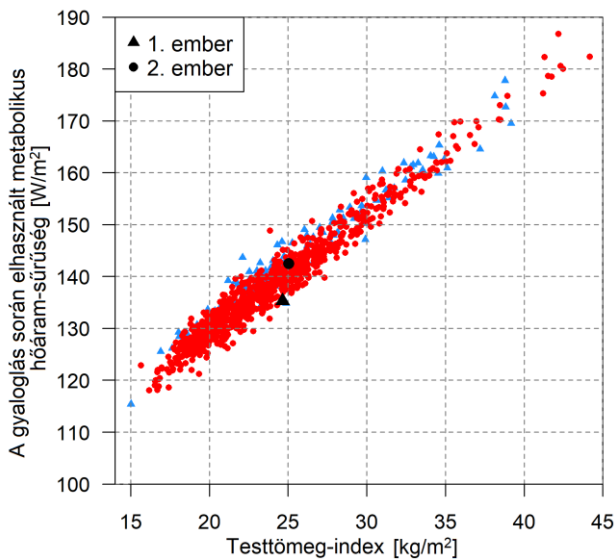
2. ábra. A ruházati ellenállás és az operatív hőmérséklet kapcsolatát szemléltető pontfelhő a CarpatClim adatbázis adatai alapján egy endomorf (1. ember) és egy ektomorf (2. ember) ember esetébe

Embercsoport vagy egyén. Klímavizsgálatról van szó, ezért értelemszerűen előnyösebb az embercsoport, mint az egyén vizsgálata. Az embercsoportot illetően két kritérium teljesülése igen fontos: legyen minél nagyobb, és legyen termikus szempontból minél homogénebb (a csoporton belüli egyének közötti eltérések legyenek minél kisebbek) az embercsoport.

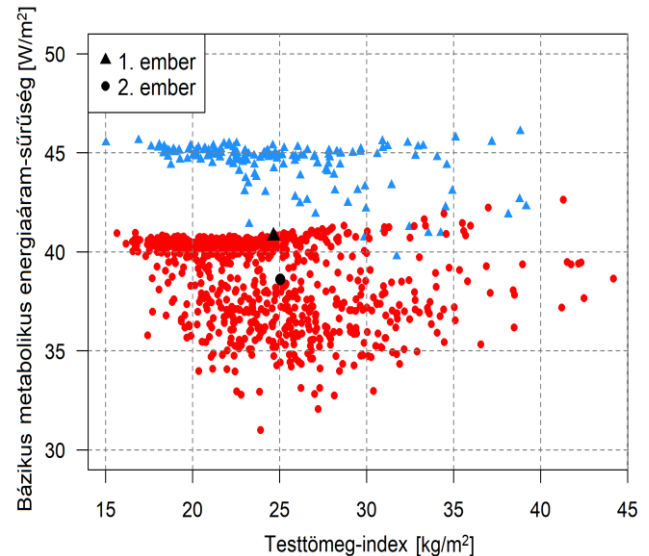
Ruházat. A ruházat hőszigetelő értéke a humán termikus klímavizsgálat céljait szolgáló modellek óriási többségében bemenő adat. E bemenő adat a valós, viselt ruházat hőszigetelését jellemzi. Ugyanakkor, vannak olyan modellek is (Ács et al, 2019), amelyekben a ruházat hőszigetelő értéke kimenő változó. E modellek az ún. képzelt ruházat (mellyel az egyén a környezettel hőegyensúlyba kerül) hőszigetelő értékét szimulálják. A képzelt ruházat hőszigetelő értéke is értelemszerűen csak pozitív szám lehet. A valós, viselt ruházat r_{cl} -értéke igen ritkán egyezik meg, vagy van közel a képzelt ruházat r_{cl} -értékeivel/hez, aminek számos oka van. Gyakorlatilag azt fejezi ki, hogy az emberek nem csak termikus szempontok alapján öltözködnek. Ezek mellett számos közösségi (kulturális), vagy egyéni szempont is döntően meghatározza az emberek ruhaviseletét. A

valós ruházat és a hőegyensúlyt megteremtő képzett ruházat r_{cl} -értékei közötti eltérések szépen látszanak az 1. ábrán.

A 1. ábrán látható, hogy az esetek döntő többségében az illető valós ruházatához tartozó hőszigetelő érték kisebb, mint a képzett ruházat hőszigetelő értéke, azaz az illető termikus szempontból inkább „alulöltözött” volt.



3. ábra. A gyalogoló emberek M-BMI kapcsolatait jellemző pontfelhő. A háromszöggel, valamint körrel jelölt két pont e tanulmány 1., valamint 3. szerzőjére vonatkozik. Kék – férfiak, piros – nők (Forrás: Zsákai Annamária több ezer magyar gyerekre és felnőttre vonatkozó antropometriai adatbázisa (Zsákai et al, 2015)).



4. ábra. A férfiak (kék) és a nők (piros) bázikus metabolikus hőáram-sűrűségének BMI-től való függését reprezentáló pontfelhő. A háromszöggel, valamint körrel jelölt két pont e tanulmány 1., valamint 3. szerzőjére vonatkozik (Forrás: Zsákai Annamária több ezer felnőttre vonatkozó antropometriai adatbázisa).

Metabolikus hőáram-sűrűség. A humán termikus klímavizsgálat céljait szolgáló modellekben az ember környezeti viszonyok között van aktívan jelen. Ez szárazföldön állást, gyalogolást vagy futást jelenthet. Mi az eddigi vizsgálatainkban (Ács et al, 2021a) $1,1 \text{ ms}^{-1}$ sebességgel gyalogoló személyeket szemléltünk. A személyek több szempontból csoportosíthatók, így pl. a testalkatuk, testformájuk alapján. A gyalogoló ember metabolikus hőáram-sűrűsége viszont jelentős mértékben függ a testformától (Ács et al, 2021a), amit gyönyörűen szemléltet a 2. ábra. Látható, hogy a két extrém testforma típus r_{cl} - T_o pontfelhőik egyértelműen elkülönülnek, azaz az ektomorf (nyúlánk, relatíve hosszú végtagokkal rendelkező típus) és az endomorf (kerekded, tömzsi alkatú, testének relatív zsírtartalma nagy) ember hőterhelése jellegében ugyanaz, de számértékeileg jelentősen eltolódnak egymástól. Az ún. mezomorf testformájú ember (csontozata és izomzata erősen fejlett, robusztus) r_{cl} - T_o pontfelhője értelemszerűen az ektomorf és az endomorf testformájú emberek pontfelhőik közé esne, bemutatását mellőztük a pontfelhők jobb láthatósága miatt. A testforma-bebecslés módszertana nem egyszerű (Bodzsár és Zsákai, 2004), számos humán antropometriai adatot igényel, így a személyek behatárolása, csoportosítása egyszerűbb módszertannal végzendő el. Az M individuális változékonyságának bebecslésére a testtömeg index (BMI) (angolul body mass index) is használható egyszerű definíciója miatt. A gyalogoló emberek M-nek a BMI-től való függését reprezentáló pontfelhőt a 3. ábrán láthatjuk.

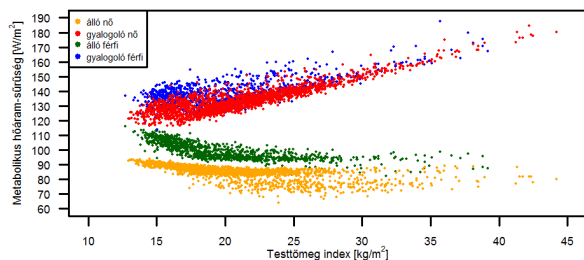
Az ektomorf testalkatú emberek BMI-értékei kicsik (20 kg m^{-2} alattiak), az endomorfoké viszont nagy (35 kg m^{-2} feletti). A mezomorf, vagy a mezomorf testalkathoz hasonló testalkatú emberek BMI értékei $22\text{--}28 \text{ kg m}^{-2}$ körüliek. E BMI értéktartományhoz tartozó M értéktartomány $135\text{--}145 \text{ W m}^{-2}$. Látható az is, hogy ezen mezomorf tartományban a pontok száma (minden egyes pont egy embert reprezentál) igen nagy, és ahhoz képest kicsi a szóródásuk. Észrevehető az is, hogy a gyalogoláshoz tartozó M értékek nemek szerinti megkülönböztetése lehetetlen. Az M-ek nemek szerinti megkülönböztetése viszont egyértelmű pl. az alvás, vagy a fekvés állapotában. Az e állapotokhoz tartozó metabolikus hőáram-sűrűséget bázikus metabolikus hőáram-sűrűségnek (M_b) nevezzük. Ezt szemlélteti a 4. ábra.

Az eltérés 10% körüli, vagyis a férfiak M_b -je kb. 10%-al nagyobb, mint a nők M_b -je. A férfiak átlagban ugyanis erősebb testalkatúak, mint a nők. Mivel állaskor az elégetett M az M_b kb. kétszerese, az M nemek szerinti

megkülönböztethetősége az állás pozíciójában is megmarad. Ezt egyértelműen láthatjuk az 5. ábrán. Ugyanakkor az is látható, hogy az álló helyzetében az M BMI-től való függése másképpen alakul, mint a gyalogolás esetében. Kicsi BMI-értékek (BMI kisebb, mint $17,5 \text{ kgm}^{-2}$) esetén az M enyhén csökken a BMI növekedésével. A $17,5 \leq \text{BMI} \leq 30 \text{ kgm}^{-2}$ értéktartományban az M állandónak tekinthető, míg a $\text{BMI} > 30 \text{ kgm}^{-2}$ tartományban az M-ek közötti különbség nemek szerint észrevehetően csökken.

Emberi hőszabályozási folyamatok. A legismertebb emberi hőszabályozási folyamatok az izzadás (hőelvonás), a didergés (hőleadás), a bőrfelszín közvetlen közelében levő erek összehúzódása (hőelvonás), tágulása (hőleadás). E folyamatok befolyásolják az emberek hőérzékelését is, ugyanakkor hangsúlyozandó, hogy az

emberi hőérzet az emberek hőérzékelési megfigyelései nélkül – csupán az emberi hőszabályozási folyamatok szimulálása alapján – nem állapítható meg (Enescu, 2019). Pl. közismert, hogy az emberi hőérzet jelentősen függ az emberi test zsírtartalmától (Thuomaala et al, 2013), amit az ún. relatív testzsírtartalom fejez ki. Emberi hőérzet megbízhatóan csak emberi hőérzet-megfigyelések alapján becsülhető. Egyébként is az Essenwanger-féle (2001) kritériumok alapján a humán termikus klímavizsgálat céljait szolgáló modellekben a hőszabályozási folyamatok szimulálása mellőzendő.



5. ábra. Az M BMI-től való függésének pontfelhői gyalogolás (férfiak – zöld, nők – sárga) és állás (férfiak – kék, nők – piros) esetén (Forrás: Zsákai Anna-mária több ezer magyar gyerekekre és felnőttekre vonatkozó antropometriai adatbázisa)

5. ábra. Az M BMI-től való függésének pontfelhői gyalogolás (férfiak – zöld, nők – sárga) és állás (férfiak – kék, nők – piros) esetén (Forrás: Zsákai Anna-mária több ezer magyar gyerekekre és felnőttekre vonatkozó antropometriai adatbázisa)

ték 25 kgm^{-2} körüli), c) áll a kültérben és d) mindegy, hogy milyen nemű. Hangsúlyozandó, hogy a négy humánállapothatározó (testtömeg, testmagasság, nem, kor) ismerete nélkülözhetetlen az M_b becslése végett. Ami a hőérzet-becslést illeti, a hőérzet megfigyelési eredményekkel nem rendelkező mezomorf testalkatú ember használhatja a más mezomorf testalkatú ember hőérzet megfigyelési eredményeit mindenekelőtt akkor, ha a relatív testzsírtartalom értékeik nem térnek el jelentősen. Az ektomorf (BMI kisebb, mint $17,5 \text{ kgm}^{-2}$), vagy endomorf (BMI nagyobb, mint 30 kgm^{-2}) testalkatú emberek esetében a más hasonló vagy eltérő testalkatú emberek hőérzet megfigyeléseire való hagyatkozást nem javasoljuk. Az ilyen esetekben az individuális hőérzet-megfigyeléseket javasoljuk.

Milyen tulajdonságokkal rendelkezik a javasolt ember?

A leírtak alapján a humán termikus klímavizsgálat céljait szolgáló modellekben olyan embert javasolunk, aki a) egyéni ruházatot visel, b) mezomorf testalkatú (BMI ér-

BEFEJEZÉS. Az eddig használt legnépszerűbb humán termikus állapotot jellemző modellekben (PET, UTCI) az ember modellezésénél nem érvényesítették az Essenwanger-féle (2001) kritériumokat. E modellek mind beltéri, mind kültéri viszonyokra vonatkozó termikus komfort becslésre lettek megalkotva, annak ellenére ezeket is használták éghajlat-osztályozási célokra. A humán alapú éghajlat-osztályozási módszerek megjelenése az éghajlat-osztályozás tudományában újabb jelenség (Ács et al., 2021a). E modellekben az ember minél egyszerűbb modellezése alapvető elvárás, központi kérdés, így a legmegfelelőbb embertípus kiválasztása és az Essenwanger-féle (2001) kritériumok alkalmazása az ember modellezésében elengedhetetlen. Ami az ember minél egyszerűbb modellezését illeti, javasoljuk a ruházati ellenállás index modelleket (Auliciems and de Freitas, 1976; Ács et al, 2019), melyek a képzelt ruházat környezettel való hőegyensúlyán alapulnak. Az ember klíma-osztályozási modellekben való reprezentálásával kapcsolatos gondolatainkat e tanulmány ismerteti ruházati és humán antropometriai adatok felhasználásával.

IRODALOM

- Auliciems A and de Freitas CR., 1976: Cold Stress in Canada. A Human Climatic Classification. *International Journal of Biometeorology*, 20(4), 287–294. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8470.1981.tb00373.x>.
- Ács F, Kristóf E and Zsákai A, 2019: New Clothing Resistance Scheme for Estimating Outdoor Environmental Thermal Load. *Geographica Pannonica*, 23(4), 245–255. <https://doi.org/10.5937/gp23-23717>.
- Ács F, Kristóf E, Zsákai A, Kelemen B, Szabó Z and Marques Vieira LA, 2021: Weather in the Hungarian Lowland from the Point of View of Humans. *Atmosphere*, 12, 84. <https://doi.org/10.3390/atmos12010084>.
- Ács F, Zsákai A, Kristóf E, Szabó A, and Breuer H, 2021a: Human thermal climate of the Carpathian Basin. *International Journal of Climatology*, 41 (Suppl. 1), E1846–E1859.
- Bodzsár É és Zsákai A, 2004: Humánbiológia, Gyakorlati kézikönyv, ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 300 pp, ISBN 963 463 653 5.
- Bröde P, Blazejczyk K, Fiala D, Havenith G, Holmér I, Jendritzky G, Kuklane K, Kampmann B, 2013: The Universal Thermal Climate Index UTCI Compared to Ergonomic Standards for Assessing the Thermal Environment. *Industrial Health*, 51, 16-24.
- Dubois D, Dubois EF. (1915) The measurement of the surface area of Man. *Archives of Internal Medicine*, 15, 868–881. <https://doi.org/10.1001/archinte.1915.00070240077005>.
- Enescu D, 2019: Models and Indicators to Assess Thermal Sensation under Steady-State and Transient Conditions. *Energies*, 12(5), 841; <https://doi.org/10.3390/en12050841>
- Essenwanger OM, 2001: Classification of Climates, World Survey of Climatology 1C, General Climatology. Elsevier, Amsterdam, 126 pp., ISBN-13: 978-0444882783.
- Fiala D, Havenith G, Bröde P, Kampmann B, Jendritzky G, 2011: UTCI-Fiala multi-node model of human temperature regulation and thermal comfort. *Int. J. Biometeorol.*, doi: 10.1007/s00484-011-0424-7.
- Havenith G, Fiala D, Blazejczyk K, Richards M, Bröde P, Holmér I, Rintamäki H, Benshabat Y, Jendritzky G, 2011: The UTCI-Clothing Model. *Int. J. Biometeorol.*, doi: 10.1007/s00484-011-0451-4.
- Höppe P, 1999: The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *Int. J. Biometeorol.*, 43, 71-75.
- Potchter O, Cohen P, Lin TP and Matzarakis A., 2018: Outdoor human thermal perception in various climates: A comprehensive review of approaches, methods and quantification. *Science of The Total Environment*, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.276>.
- Thuomaala P, Holopainen R, Piira K, and Airaksinen M (2013) Impact of individual characteristics – such as age, gender, BMI and fitness – on human thermal sensation. *Proceedings of BS2013: 13th Conference of International Building Performance Simulation Association*, 2305–2310.
- Zsákai A, Mascie-Taylor N. and Bodzsár É, 2015: Relationship between some indicators of reproductive history, body fatness and the menopausal transition in Hungarian women. *Journal of Physiological Anthropology*, 34(1), 35–42. <https://doi.org/10.1186/s40101-015-0076-0>.

ÖLELGESSÜNK FÁKAT? – AVAGY MI VÉD MEG A KLÍMASZORONGÁSTÓL

Fülöp Andrea

Országos Meteorológiai Szolgálat, Éghajlati Osztály, *fulop.a@met.hu*

ÖSSZEFOGLALÁS. A klímaszorongás jelenleg használatos definíciójának angol megfelelőjét (climate anxiety) először 2017-ben használta az Amerikai Pszichológiai Társaság. Tudományosan igazolt módon még nem sokat tudunk ezekről a folyamatokról, annyira új keletűnek mondható ez a fajta terminus. Nem is pontos igazából a klímaszorongás kifejezés, mivel a szorongás valójában irreális dolgoktól való félelmet jelent. Az éghajlatváltozás következményeitől való félelem azonban sok reális, konkrét elemet tartalmaz és emiatt óriási túlélési értéke van. Nem is az a típusú szorongás, amelyet gyógyítani kellene. A klímaváltozás kapcsán mindenképpen érdemes megemlíteni az úgynevezett *mélyalkalmazkodás* fogalmát, melyet 2018-ban megjelent tanulmányában prof. Jem Bendell (University of Cumbria) alkotott meg. A mélyalkalmazkodás a válaszok megtalálásának menetét, folyamatát jelenti. A mélyalkalmazkodásnak két iránya van:

- *Belső alkalmazkodás:* egy olyan élet érzelmi, értelmi és lelki következményeinek feltárása, amelyet a társadalom szövetének maradandó károsodása, illetve rendszerének teljes összeomlása jellemez.
- *Külső alkalmazkodás:* olyan gyakorlati intézkedések kidolgozása, amelyek lehetővé teszik az élhető élet megteremtését a társadalom összeomlásának folyamán, és azt követően is.

Az összeomlás lehetőségének megértése és feldolgozása egy érzelmileg megterhelő folyamat. A legfontosabb támaszt pedig az jelentheti, ha más, hasonló helyzetben lévő emberek társaságát keressük. Jem Bendell szállóigévé vált jelmondata: „Teszem, amit tudok, ott ahol vagyok, azzal, amim van”. A klímaszorongás többféle módon kezelhető. Az egyik ilyen mód a részvételi aktivitás, ahol személyes kapcsolatot tudnak az egyének kialakítani a természettel. A másik módja egy új, környezettudatos nevelési irányzat kialakítása, ahol akadályok helyett lehetőségek állnak az egyén előtt. De ehhez a rendszernek kell változnia. Fontos lenne tanítani az embereket a kritikai gondolkodásra, hogy merjenek releváns információkat gyűjteni. Merjenek azokból szelektálni és merjenek beszélni róla. Messziről indulunk, és nincs nagyon idő. Az emberi gondolkodás mód lomha és nehezen változik. De a sikerhez türelmesnek is kell lenni embertársainkkal, hogy legyenek sikerélményeink a jövőben.

ABSTRACT. The English equivalent of the currently used definition of climate anxiety was first used in 2017 by the American Psychological Society. We don't know much about these processes in a scientifically proven way yet, this kind of term can be said to be so new. Not even is the term climate anxiety really accurate, because anxiety actually means fear of unrealistic things. However, the fear of the consequences of climate change has many real, concrete elements and therefore has enormous survival value. Nor is it the type of anxiety that should be cured. In connection with climate change, it is definitely worth mentioning the concept of so-called deep adaptation, which was published in 2018 by prof. Jem Bendell (University of Cumbria). Deep adaptation means the process of finding the answers. Deep adaptation has two directions:

- Internal adaptation: the exploration of the emotional, intellectual, and spiritual consequences of a life characterized by permanent damage to the fabric of society or the complete collapse of its system.
- External adaptation: developing practical measures to enable livelihoods to be created during and after the collapse of society.

Understanding and processing the possibility of collapse is an emotionally stressful process. And the most important support is to look for other people in a similar situation. Jem Bendell's motto has become, 'I do what I can, where I am, with what I have.' There are several ways to deal with climate anxiety. One such mode is participatory activity, where individuals can form a personal relationship with nature. The other way is to develop a new, environmentally conscious educational trend, where opportunities are presented to the individual instead of obstacles. But for that, the system needs to change. It would be important to teach people critical thinking to dare to gather relevant information. Dare to select from them and dare to talk about it. We start from afar and there is not much time. Human thinking is sluggish and difficult to change. But to succeed, you also have to be patient with our fellow human beings to have common success in the future.

IRODALOM

Düll Andrea: <https://humusz.hu/hirek/dr-dull-andrea-ahogy-atlepusunk-hajlektalanokon-ugy-tagadjuk-klimavalto-zast/26660>

<https://www.szeretlekmagyarorszag.hu/jovo/mar-csak-arrol-donthetunk-mit-kezdunk-az-emberiseg-megmaradt-idejevel-interju-stumpf-biro-balazs-jovokutatoval/>

A KONFERENCIÁN BEMUTATOTT DIÁK

Ölelgessünk fákat? – avagy mi véd meg a klímaszorongástól

Fülöp Andrea
Országos Meteorológiai Szolgálat
Éghajlati Osztály

2022. 04. 23. V. Orvosmeteorológiai Konferencia

- Nem pontos a klímaszorongás kifejezés.
- A félelem reális, konkrét, óriási túlélési értéke van.
- Sok reális elemet tartalmaz.
- Nem is az a típusú szorongás, amelyet gyógyítani kellene.
- Hogy ennyi ember elkezdett aggódni, ez egy óriási potenciál.

Mi is az a klímaszorongás?

- Második szint:
 - Apró lépéseket, változtatásokat hozunk a táplálkozásban, a műanyaghasználatban vagy a közlekedésben.
 - Vajon eleget teszek?
 - Újra erőre kaphat a szorongás.
 - Úgy gondoljuk, hogy ezek az apró dolgok nem számítanak. Jelentéktelennek látjuk a saját törekvéseinket.
 - Megtörténhet, hogy visszatérünk a régi, megszokott életvitelünkhöz. Mert a kényelmes, régi rutin ad biztonságot és kontroll érzetet.

Miért jelentkezik a klímaszorongás?

- 17-18 éves lányok manapság kijelentik, hogy ők nem hoznak erre a világra gyereket - ez egzisztenciális szorongás is, aminek van egy bénító foka.
- Bár még nem hivatalos ennek az új pszichológiai fogalomnak a meghatározása, az utóbbi években egyre gyakoribbá váltak az ökológiai témák köré szerveződő szorongásos jelenségek felnőtteknél, időseknél és gyermekeknél is.

Kik lehetnek klímaszorongók?

- A terminus angol megfelelőjét (climate anxiety) először 2017-ben használta az Amerikai Pszichológiai Társaság
- Tudományosan igazolt módon még nem sokat tudunk ezekről a folyamatokról
- Bár önmagában nem egy önálló klinikai állapotot értünk alatta, felerősíthet más, már meglévő mentális problémákat:
 - erős szívverés
 - magas vérnyomás
 - izomgörcs
 - melles nyomása
 - légzési nehézségek.

Továbbá jelentkezhet számos érzelmi állapot:

- csalódottság,
- szomorúság,
- tehetetlenség,
- düh.

Mi is az a klímaszorongás?

- Harmadik szint:
 - A klímaváltozás sokak számára a hit kategóriájába esik.
 - A hétköznapi ember nem tudós, így a tudományos tények ellenére is szkeptikussá válhat.
 - A pszichológiának el kell fogadnia, és meg kell értenie, hogy az emberek a tagadás és a klímaszorongás kontinuumon sokféleképpen helyezkednek el és funkciója van annak, ha egy populáció azt mondja (az ő számukra lehet ennek lélektani funkciója), hogy nincs klímaváltozás.
 - Ez a hozzáállás fenntartja az én pszichológiai állandóságát vagy egyéb szükségleteit.

Miért jelentkezik a klímaszorongás?

- Harmadik szint:
 - A klímaváltozás sokak számára a hit kategóriájába esik.
 - A hétköznapi ember nem tudós, így a tudományos tények ellenére is szkeptikussá válhat.
 - A pszichológiának el kell fogadnia, és meg kell értenie, hogy az emberek a tagadás és a klímaszorongás kontinuumon sokféleképpen helyezkednek el és funkciója van annak, ha egy populáció azt mondja (az ő számukra lehet ennek lélektani funkciója), hogy nincs klímaváltozás.
 - Ez a hozzáállás fenntartja az én pszichológiai állandóságát vagy egyéb szükségleteit.

Miért jelentkezik a klímaszorongás?

- 2018-ban megjelent tanulmányában prof. Jem Bendell (University of Cumbria) megalkotta a MÉLYALKALMAZKODÁS fogalmát
- Mélyalkalmazkodás= a válaszok megtalálásának menete
- Mitől lesz mély az alkalmazkodás?
 - a ránk következő nehézségekből fakadó lelki teherrel, mindenkinek magának kell majd megküszödni.
- Amint az éghajlati káosz hatásai kibontakoznak, a pánik szélsőséges válaszokat eredményezhet egyesek részéről.

Mit tehetünk?

• A mélyalkalmazkodásnak két iránya van...

- **Belső alkalmazkodás:** egy olyan élet érzelmi, értelmi és lelki következményeinek feltárása, amelyet a társadalom szövetének maradandó károsodása, illetve rendszerének teljes összeomlása jellemez.
- **Külső alkalmazkodás:** olyan gyakorlati intézkedések kidolgozása, amelyek lehetővé teszik az élehető élet megteremtését a társadalom összeomlásának folyamán, és azt követően is.

Hogyan alkalmazkodjunk mélyen?

• A „mélyalkalmazkodás” 4R-rel:

- **Megtartás (Resilience):** Hogyan tartsuk meg azt, amit igazán nagyra értékelünk, és nem szeretnénk elveszíteni?
- **Elengedés (Relinquishment):** Mit kell elengednünk ahhoz, hogy ne rontsunk vele a magunk és mások helyzetén?
- **Visszahozás (Restoration):** Mit kell visszahoznunk az életünkbe ahhoz, hogy segítségünkre legyen az érkező nehézségekkel szembeni küzdelemben?
- **Megbékélés (Reconciliation):** Kivel, vagy mivel kell megbékélnünk, miután valóban ráeszméltunk a saját halandóságunkra?

A 4 R

- Az összeomlás lehetőségének megértése és feldolgozása, egy érzelmileg megterhelő folyamat.

- A legfontosabb támaszt pedig az jelentheti, ha más, hasonló helyzetben lévő emberek társaságát keressük.

- Teszem, amit tudok,
- Ott ahol vagyok,
- Azzal, amim van.

A 4 R

• Részvételi aktivitás

- Szemétszedés
- Faltetés
- Kell a személyes kapcsolat a természettel

- Nem feltétlenül ott kell kezdeni a környezettudatos nevelést, hogy hogyan kell szelektíven gyűjteni a szemetet.
- A változáshoz fontos továbbá a tömeg ereje
- Ha akadályok helyett lehetőségek állnak az egyén előtt, ehhez a rendszernek kell változnia.
- Fontos lenne tanítani az embereknek a kritikai gondolkodást:
 - Hogy merjünk információkat gyűjteni,
 - Merjünk azokból szelektálni,
 - Merjünk beszélni erről családi körben, és ne nevéssük ki a gyereket, ha azzal jön haza, hogy aggódik a Föld sorsa miatt.

- Messziről indulunk, és nincs nagyon idő.
- Az emberi gondolkodás lomha, nehezen változik.
- Türelmesnek is kell lenni egymással, hogy legyenek sikerélményeink.
- Mert hatalmas cselekvő erő rejlik a problémában!

Hogyan lehet orvosolni?

Köszönöm a figyelmet!

A SZÜLÉSEK ÉS A SOK CSAPADÉK KÖZÖTTI ÖSSZEFÜGGÉS VAS MEGYÉBEN THE RELATIONSHIP BETWEEN BIRTHS AND LOT OF PRECIPITATION IN VAS COUNTY

Puskás János¹, Kúti Zsuzsanna², Tóth László²

¹ELTE SEK Földrajzi Tanszék Szombathely, *pjanos@gmail.com*

²Vas Megyei SZC Oladi Technikum Szombathely, *kutizsuzsi@gmail.com*

ÖSSZEFOGLALÁS. Az időjárás elemei erős hatással lehetnek az emberek életjelenségeire. Jelen vizsgálat a szülések száma és a nagyobb mennyiségű csapadék közötti összefüggés kapcsolatára irányult Vas megyében 1990 és 2005 között. A napi csapadék adatok Szombathely 110 éves megfigyeléseiből származtak. A születési adatokat a Központi Statisztikai Hivatal szombathelyi osztályától kaptuk, melyek Vas megyére vonatkoztak. A feldolgozáskor a napi szülések számát a szombathelyi – legalább 20 mm-es és 25 mm-es napi – csapadékos napokkal összehasonlítva vizsgáltuk. A kapott eredményeink alapján megállapítható, hogy mindkét csapadék mennyiség (legalább 20 és 25 mm) esetében tapasztalható volt a szignifikánsan magasabb születésszám Vas megyében.

ABSTRACT. Weather elements can have a strong impact on people's life phenomena. The present study focused on the relationship between the number of births and higher precipitation in Vas County between 1990 and 2005. Daily precipitation data were used from 110 years of observations in Szombathely. Birth data which concerned Vas County were obtained from the Szombathely department of the Central Statistical Office. During the processing, the number of daily births was examined in comparison with the rainy days in Szombathely. The precipitation was at least 20 mm and 25 mm per day when we used the data in the investigation. Based on our results, it can be stated that for both precipitation amounts (at least 20 and 25 mm) the significantly higher birth rate was observed in Vas county.

BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS. Az időjárás elemei erős hatással lehetnek az emberek életjelenségeire. Ez a hatás külön-külön is tapasztalható, de általában elég nehéz az elemeket elválasztani. Sokkal gyakoribb, hogy komplex időjárási események befolyását vizsgálják a kutatásokban. Ekkor több időjárási esemény vagy elem hatása együttesen fordul elő. Korábbi vizsgálatokban a szülések gyakoriságának elemzése történt időjárási tényezőkkel (*Raics, 1972; Driscoll, 1995; Molnár et al., 2002; Hirsch et al., 2011*), időjárási és kozmikus hatásokkal (*Nowinszky és Nowinszky, 1996-1997; Stoupelet et al., 2006 és 2007*), az időjárási frontokkal (*Puskás et al., 2008 és 2010*), a Péczely-féle makroszinoptikus típusokkal (*Gyarmati et al., 2012; Gyarmati és Tar, 2014*) és a napkitörésekkel (*Nie et al., 2002; Puskás et al., 2016; Zaitseva és Pudovkin, 1995*) kapcsolatban. Jelen vizsgálat a szülések számának és a nagyobb mennyiségű csapadék közötti összefüggés kapcsolatára irányult Vas megyében 1990 és 2005 között. A nagyobb mennyiségű csapadék hullása esetén feltételezhető, hogy markáns és változó időjárási elemek és folyamatok (hőmérséklet, légnyomás, szél, időjárási front, zivatar stb.) figyelhetők meg.

ANYAG ÉS MÓDSZER. A napi csapadék adatok Szombathely 110 éves megfigyeléseiből származtak. A születési adatokat a Központi Statisztikai Hivatal szombathelyi osztályától kaptuk, melyek Vas megyére vonatkoztak. A vizsgált években a legtöbb olyan nap (9 db), amikor legalább 20 mm csapadék volt összesen 2 alkalommal fordult elő, míg 3 évben volt, hogy 5 db olyan napot jegyeztek fel, amikor legalább 25 mm csapadék hullott. A feldolgozáskor a napi szülések számát a szombathelyi – legalább 20 mm-es és 25 mm-es napi – csapadékos napokkal összehasonlítva vizsgáltuk. A nagy mennyiségű csapadékos napokon történt születéseket a napi átlaghoz viszonyítottuk. A szignifikanciát t-próbával számítottuk.

EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁS. A kapott eredményeink alapján megállapítható, hogy mindkét csapadék-mennyiség esetében tapasztalható volt a szignifikánsan magasabb születésszám Vas megyében a napi átlag

születések számához képest. Ha legalább 20 mm csapadék volt, akkor 1999-ben és 2002-ben tapasztaltuk ezt, míg ha legalább 25 mm volt a csapadékmennyiség, akkor 2002-ben volt ez megfigyelhető. Az eredmények az egészségügyi ellátó szervezetek (kórházi szülészetek, mentő stb.) számára nyújthatnak hasznosítási lehetőséget.

IRODALOM

- Driscoll D. M. (1995): Weather and childbirth: A further search for relationships. *International Journal of Biometeorology*, 38:3., pp. 152-155.
- Hirsch E., Lim C., Dobrez D., Adams M. G., Noble W. (2011): Meteorological factors and timing of the initiating event of human parturition. *International Journal of Biometeorology*, 55:2., pp. 265-272.
- Gyarmati R., Puskás J., Nagy B., Nagy É. (2012): Az időjárás összefüggése a szülések gyakoriságával, soproni és debreceni adatok alapján. XI. Természet-, Műszaki és Gazdaságtudományok Alkalmazása Nemzetközi Konferencia, Szombathely, (ISBN: 9-639290-69-6), pp. 59-63.
- Gyarmati R., Tar K. (2014): Időjárási helyzeteken alapuló statisztikai szüléselemzés. *Léggör*, 59 (2): 53-57.
- Molnár L., Horváth B., Molnár L. Jr. (2002): Méhen kívüli terhesség kórismével ápolott betegek előfordulásának időszakos ingadozása a Nyugat-dunántúli Régió kórházaiban 1996-1999. években. *Magyar Nőorvosok Lapja* 65, pp. 169-174.
- Nie Q.X., Ji G.P., Huang P. (2002): Short-Term Biological Effect of Flares. *Chinese Journal of Geophysics*, 45: 486-490.
- Nowinszky T., Nowinszky L. (1996-1997): Szülések és idő előtti burokrepedések gyakorisága időjárási és kozmikus események idején. Appendix, 1.3.-2.1: 67-76.
- Puskás J., Nagy B., Nagy É., Csécsi K. (2008): Az időjárási front típusok kapcsolata a szülések gyakoriságával, soproni adatok (2000-2005) alapján. VII. Természet-, Műszaki- és Gazdaságtudományok Alkalmazása Nemzetközi Konferencia, Szombathely, CD-ROM pp. 1-7.
- Puskás J., Nagy B., Nagy É., Csécsi K., Tar K. (2010): Időjárási frontok hatása a szülések gyakoriságára. VI. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia, Nyíregyháza, pp. 239-243.
- Puskás J., Kovács E., Kúti Zs., Somogyi T. (2016): Az erős napkitörések hatása a szülésekre Magyarországon. *Léggör*, 61(3):110-111.
- Raics J. (1972): Meteorológiai tényezők hatása egyes szülészeti eseményekre. *Egészségügyi munka*. XIX. 6. pp. 161-169.
- Stoupe E., Kalédiené R., Petrauskienė J., Gaižauskienė A., Israelevich P., Abramson E., Sulkes J. (2006): Monthly number of newborns and environmental physical activity, *Medicina (Kaunas)*, 42(3): 238-241.
- Stoupe E., Sirota L., Osovsky M., Klinger G., Abramson E., Israelevich P., Sulkes J., Linder N. (2007): Monthly number of preterm births and environmental physical activity. *J. Basic Clin. Physiol. Pharmacol.*, 18(2):149-157.
- Zaitseva S.A., Pudovkin M.I. (1995): Influence of solar and geomagnetic activity on the dynamics of population size in Russia. *Biophysics*, 40(4): 853-856.

A KONFERENCIÁN BEMUTATOTT DIÁK



KORÁBBI VIZSGÁLATOK

✓ szülések gyakorisága

- ✓ időjárási- és kozmikus elemekkel
- ✓ időjárási frontokkal
- ✓ Péczely-féle makroszinoptikus típusokkal
- ✓ napkitörésekkel



Miért a nagy mennyiségű csapadék?

változó IDŐJÁRÁSI ELEMÉK és folyamatok

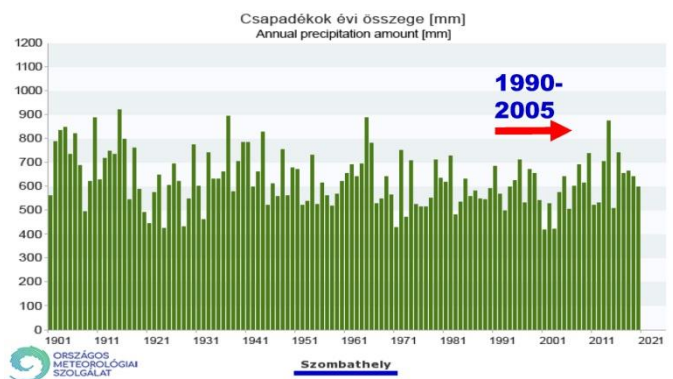


- ☐ hőmérséklet
- ☐ légnyomás
- ☐ szél (irány és sebesség)
- ☐ időjárási front
- ☐ zivatar

ADATOK

(1990-2005)

- szülések száma Vas megyében – Központi Statisztikai Hivatal
- Szombathely 110 éves csapadék (20 és 25 mm-t meghaladó) adatai



ÉV	napok száma (20 mm fölötti csapadékkal)	napok száma (25 mm fölötti csapadékkal)
1990	6	2
1991	9	5
1992	7	4
1993	1	0
1994	5	2
1995	6	4
1996	9	5
1997	4	2
1998	7	5
1999	8	4
2000	3	2
2001	2	1
2002	5	1
2003	3	2
2004	2	1
2005	6	2

FELDOLGOZÁS

napi szülési adatok (Vas megye)

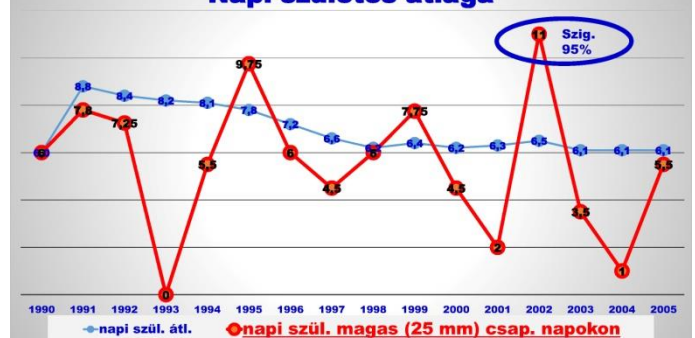
csapadék adatok (20 és 25 mm)

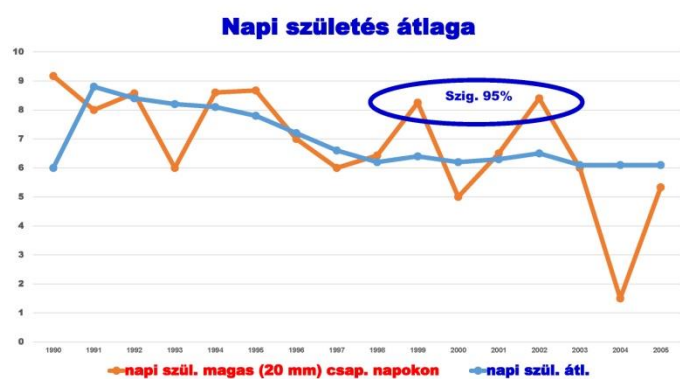
szignifikancia - t-próba

Napi születés átlaga



Napi születés átlaga





**A VILLÁMOK BIOLÓGIAI HATÁSAI
– ÉS AMIT A DIÁKOK TUDNAK RÓLA
INTERACTION OF LIGHTNING FLASHES WITH HUMANS
AND THE DIFFERENT TYPES OF INJURIES CAUSED BY THEM
– WHAT HIGH SCHOOL STUDENTS KNOW ABOUT IT**

Takátsné Lucz Ildikó¹, Tasnádi Péter²

¹ELTE Fizika Doktori Iskola Fizika Tanítása Program PhD hallgató, Érdi Vörösmarty Mihály Gimnázium,

²ELTE TTK Meteorológia Tanszék

ÖSSZEFOGLALÁS. Az emberek közérzetét, egészségi állapotát is befolyásoló időjárási frontok velejárói a zivatarok, amelyek általában hidegfront hatására jönnek létre. A heves zivatartevékenységet gyakran villámjelenségek is kísérik. A villám félelmetes, ugyanakkor csodálatos természeti jelenség, melynek valódi természete sokáig felderítetlen maradt és ma is kedvelt kutatási témaköre a geofizikának, űrkutatásnak és a meteorológiának. Az emberek hosszú évezredekig természetfölötti erőt tulajdonítottak neki, ezért számos mítosz alakult ki körülötte. Ezek közül néhány, amelyek elsősorban a villámcsapások áramütéseivel kapcsolatosak, a mai napig felfedezhetők az emberek gondolatvilágában. Gimnáziumi tanulók körében végeztünk felmérést, mennyire elterjedtek ezek a tévhitek közöttük. Cikkünkben először röviden áttekintjük a villámok tulajdonságait. Ezek közül is elsősorban azokra fókuszálunk, melyek meghatározzák a villámok élettani hatásait. Ezt követően összefoglaljuk a villámok egészségügyi hatásaival kapcsolatos tudományos ismereteket, majd a diákok körében végzett mérések eredményeinek bemutatása mellett, kitérünk arra, hogy a villámok egészségügyi hatásairól mit hasznos és érdemes tanítani a középiskolákban. Ezt azért tesszük, mert az új NAT tartalmi változásokat is hozott a fizikatanításban. Az új elemek között több meteorológiai terület is megjelent, mint pl. a villámok fizikája is és ezen belül a zivataros időben való helyes magatartás kialakításának igénye.

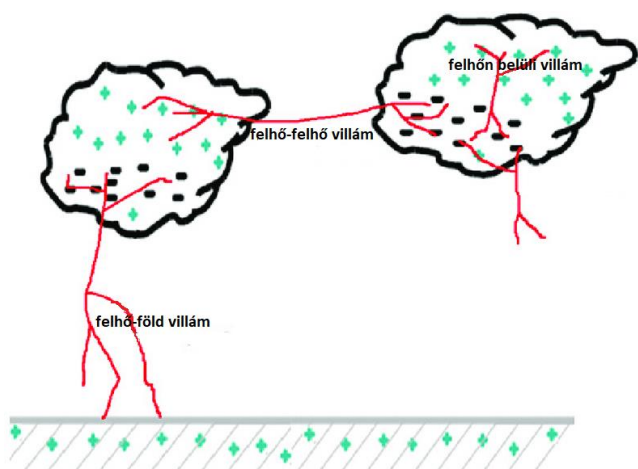
ABSTRACT. Thunderstorms usually occur at cold fronts and affect people's well-being and health. Heavy thunderstorms are often accompanied by lightning events. Lightning is a fearful but also a wonderful natural phenomenon. Its real nature/properties have been undiscovered for centuries and it is still a popular research topic in geophysics, space exploration and meteorology. Therefore, people attributed supernatural power to lightning strikes and due to the lack of knowledge many myths and misconceptions were developed around this phenomenon. Some of these, which are primarily related to the electric shock of lightning strikes can still be realised in people's mind nowadays. To substantiate our statement, we conducted a survey among high school students and studied what they thought of these myths. In this paper, we first briefly summarize the properties of lightning bolts especially those ones which determine the physiological effects of them. Then a short insight will be given into the scientific knowledge about the interaction of lightning flashes with humans and the different types of injuries caused by lightning events. Finally, some of the results of our survey will be presented to demonstrate the importance of addressing the topic in high schools as well. Moreover, last year a new National Curriculum was introduced in Hungary, which has also brought some changes in physics teaching. Several meteorological topics (such as the physics of lightning and the proper behaviour during lightning dangerous situations) were integrated into the compulsory curriculum, so they can be found among the new elements.

Az elektromosság 18. századi felfedezése gyökeresen megváltoztatta életünket. Sorra követték egymást a technikai vívmányok, amelyek megkönnyítették mindennapi életünket. A légköri elektromos jelenségek, melyeket hosszú időn át misztikum övezett, a mai napig az érdeklődés középpontjában állnak. Az emberek évezredekken keresztül rettegtek az ismeretlen eredetű, óriási intenzitású villámcsapásoktól. A villámok pusztító hatása miatt indult meg a tudományos igényű munka a titokzatos jelenség rejtelmeinek feltárására. Az első eredményt a villámvédelemben Benjamin Franklin érte el a villámhárító feltalálásával. A villámok fizikai természetének leírása azonban még további kutatást igényelt. A napjainkban egyre gyakrabban tapasztalható extrém időjárási jelenségek, heves zivatarok, a velük együtt járó villámcsapások, a tragikus végű balesetek nagy publicitása az emberek figyelmét fokozottabban e jelenségekre irányítja. A 2020-ban bevezetett új NAT-ban (Nemzeti alaptantervben) és a ráépülő kerettantervben a korábban csak a kiegészítő vagy olvasmány részben fellelhető villámok és villámvédelem kérdése, a zivataros időben való helyes magatartás

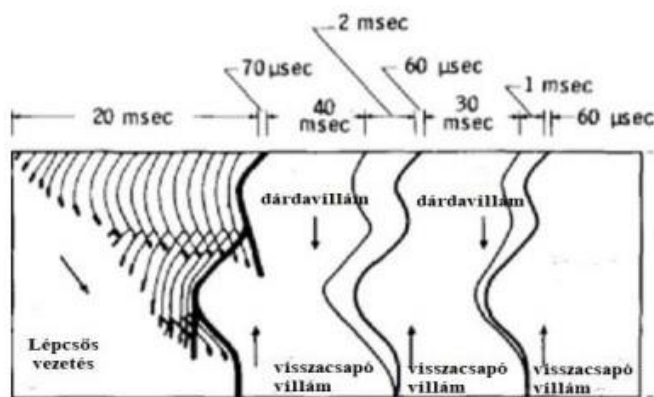
középiskolai tárgyalása kötelező tantervi elemmé vált. Cikkünkben a jelen konferencia témájához illeszkedve először áttekintjük a villámoknak azokat a tulajdonságait, amelyek az emberi szervezetre gyakorolt hatásuk szempontjából meghatározóak. A pedagógiai kutatásban alapvető MER (Model of Education Reconstruction) szellemében a villámok egészségügyi hatásaira koncentrálna röviden összefoglaljuk azt a tudományos anyagot, aminek ismeretét és megértését (megértetését) szeretnénk elérni a tanítás során [1]. A tudományos ismeretanyag kiválasztásában több kitűnő szakkönyvre és szakcikkre [2-7] támaszkodtunk.

A VILLÁMOK TULAJDONSÁGAI. Ma már tudjuk, hogy a villámok rövid idejű, mégis bonyolult időbeli lefolyású elektromos kisülések, amelyek a felhőkben kialakuló ellentétes töltésű tartományok, illetve a felhő és a föld közötti átütések következményei. A villámok keletkezésével, lefolyásával és a felhők töltésszétválási mechanizmusával korábban megjelent, illetve megjelenés alatt álló cikkeinkben [8-10] részletesen foglalkoztunk, ezért csak a biológiai hatások megértéséhez szükséges mértékben térünk ki rájuk. A villámok a felhők ellentétes töltésű részei, valamint a felhők és a föld között is létrejöhetnek (1. ábra).

Számunkra most nyilvánvalóan a felhő-föld villámok a fontosak. A felhő-föld villámok többsége negatív töltést szállít a földre. Ez azért tűnik furcsának, mert a föld negatív többlettöltéssel rendelkezik. A zivatarfelhő



1. ábra. A villámok típusai
(a rajz Rakov nyomán készült)



2. ábra. A villám időbeli lefutásának sematikus rajza
Uman nyomán [4]

A vezető csatorna létrejöttéhez kb. 250 kV/m, a terjedéséhez 100 kV/m szükséges, a fővillámban $I_{\max}=30$ kA, a villámcsapás nagyjából 130–300 ms alatt zajlik le, a visszacsapásban a földre jutó negatív töltés kb. $Q=5$ C.

töltésmegosztó hatásának köszönhetően azonban a jó vezetőnek bizonyuló földfelszínen, a felhő alatti tartományban a töltések átrendeződnek és itt a talaj pozitív töltésűvé válik, amely vonzza a felhő negatív tartományában lévő töltéseket. Az, hogy a lecsapó villámok többségében negatív töltés áramlik a földfelszín felé, azzal magyarázható, hogy a töltésszétválási folyamatok során a felhőkben a negatív töltések az alacsonyabb, a pozitívok pedig a magasabb rétegekben koncentrálnak.

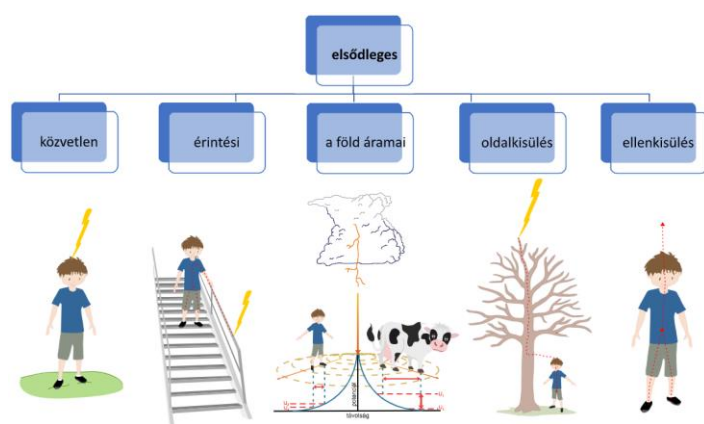
A VILLÁMOK IDŐBELI LEFOLYÁSA. A villámok időbeli lefolyásának megismerését a Boys által feltalált gyorsfényképező kamera tette lehetővé. A Boys felvételek megmutatják a villámok időbeli lefolyásának részleteit. A 2. ábra sematikus képet ad a felhőből a földre negatív töltéseket szállító villám időbeli szakaszairól és elektromos jellemzőinek karakterisztikus értékéről. Látható, hogy a rövid idő alatt lecsapó villám időbeli lezajlása bonyolult folyamat. A rövid idejű folyamat miatt a villámokban hatalmas áramok folynak, amelyeknek változásai is nagyon gyorsak. A villámok által okozott károk (emberi sérülések) elsősorban ezeknek az áramoknak a következményei. A hatások azonban a villám tulajdonságai mellett a kárt szenvedő objektumtól is függenek (pl. jó, vagy rossz vezetőbe csap-e a villám, érzékeny-e a villám közelében lévő berendezés a villám közelében létrejövő erős elektromágneses térre stb.). A közvetlen elektromos hatások mellett a nagy áramok másodlagos hatásokkal, pl. hőhatással (égési sebek), vagy a levegőben keltett lökéshullámokkal is károsíthatják az emberi szervezetet.

A VILLÁMOK JELLEMZŐI. A villámok esetén a kibocsátott elektromágneses hullámok frekvenciatartománya és a hullámalak jellemzése a legfontosabb. A szakirodalom egyöntetűen megegyezik abban, hogy a villámoknak négy jellemzője szabja meg a kártétel típusát és súlyosságát:

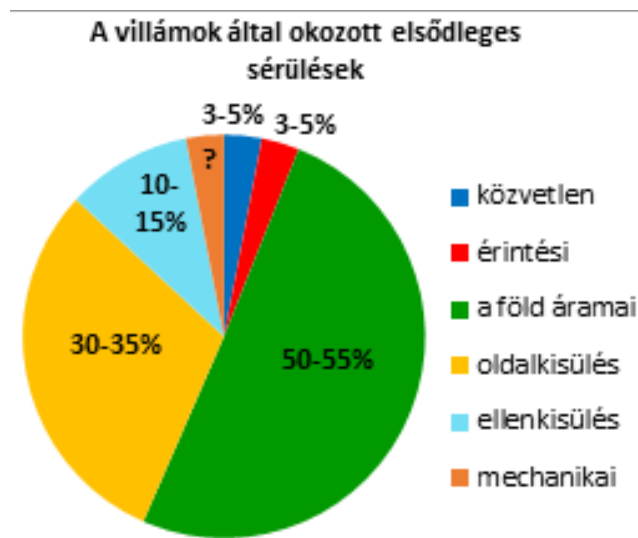
- A villám áramlökésekének maximuma ($I_{\max}$),
- A villám áramának maximális változási sebessége ($di/dt_{\max}$),
- A villámban átvitt össztöltés ($Q = \int Idt$),
- az úgynevezett hatásintegrál ($W' = \int I^2 dt$).

Amennyiben a közeg ellenállása, amelyen az áram áthalad állandó, akkor a hatásintegrál a villám árama által végzett elektromos munkával arányos.

A VILLÁMOK EMBERI SZERVEZETRE GYAKOROLT HATÁSAI. A villámok emberi szervezetre gyakorolt hatása a fenti jellemzők figyelembevételével érthető meg. A szokásos szemlélettel szemben, ami a közvetlen vil-



3. ábra. A villámok elsődleges hatásai
(a rajz Mary Ann nyomán készült)



4. ábra. Az elsődleges hatások százalékos megoszlása

lámcsapást tartja a legveszélyesebbnek, kiemeljük, hogy az elektromos hatás elsődleges szerepe az emberi idegrendszer és a szervezet elektromos működésének károsítása miatt adódik, hiszen az ember idegrendszere szabályozása finom bioelektromos hatások útján jön létre, amit a villám hatalmas áramai durván megzavarhatnak (3. ábra). (A villám nagy elektromos tere hirtelen szív megálláshoz, emlékezetkieséshez, bénuláshoz stb. vezethet.) Ez az oka annak, hogy látszólag gyógyult betegek is mutathatnak később súlyos tüneteket [5, 6] (neuropszichológiai változások, epilepszia, memóriazavarok, emlékezetkiesés, személyiségváltozások stb.), amelyek maradandó idegrendszeri károsodásra utalnak. A villámcsapások élettani hatása továbbá függ a villámáram emberi testen való átfutás idejétől is. Előfordulhat, hogy nagyon rövid ideig, akár 80-100 A (amper) erősségű áram is áthalad az ember testen anélkül, hogy sérülést okozna, ugyanakkor izomgörcsöt kiváltva mégis az életfunkciók leállításához vezethet. A hatás szempontjából fontos tényező az is, hogy a villámáram milyen útvonalon halad át az ember testen, érint-e létfontosságú szerveket.

ELSŐDLEGES HATÁSOK. A továbbiakban először a villámok elsődleges hatását tárgyaljuk. Ide tartoznak az elektromos eredetű hatások, amelyek mindegyike kapcsolatba hozható a villámáram emberi testen való áthaladásával. A 4. ábra azt mutatja, hogy milyen módon valósulhat ez meg. Az esettanulmányokból készített diagram alapján leolvasható az egyes esetek előfordulásának százalékos eloszlása.

A KÖZVETLEN VILLÁMCAPÁS. Közvetlen villámcsapásról akkor beszélünk, ha a villám az áldozatba csap. Ilyenkor a villámáram általában az ember fején vagy felső testén keresztül jut be a testbe és a lábán keresztül hagyja azt el. Az emberi test ekkor fizikai szempontból elektromos vezetőnek tekinthető, amelynek elektromos ellenállása miatt a fej és a láb között potenciálkülönbség alakul ki. Villámcsapáskor az ember testen

átfutó áram a visszacsapó áramhoz hasonlóan viselkedik. (Visszacsapásról akkor beszélünk, amikor a felhőből lefelé és a földről felfelé tartó vezetési front összekapcsolódik. A folyamat során fellépő áram a visszacsapó áram.) Az áramerősség alacsony értékről hirtelen emelkedik, eléri csúcstértékét, majd gyorsan lecseng. A villámáram növekedésével az emberi test pontjai közötti feszültség is növekszik. Amikor a test pontjai között a feszültség eléri egy kritikus értéket, akkor kisülés jön létre. Ez a kisülés a test külső felszínén, általában a bőrön figyelhető meg, mert ilyenkor a villámáram legnagyobb része már itt folyik, és csak kis hányada a testen belül. Ennek köszönhetően alakulnak ki az ún. villámábrák is (5. 6. ábra). Így amikor a visszacsapás létrejön, a testen belül folyó kisebb áram már nem jelent akkora veszélyt az áldozatra nézve. Ha több visszacsapás is történik, akkor ez a folyamat többször ismétlődik. Ha nem alakul ki felszíni kisülés, akkor a teljes (kb. 30 kA) villámáram átfolyik az ember testén, ami sokkal súlyosabb sérüléseket okoz. Ha nedves és sós az ember bőre, akkor csökken a felszíni kisülésekhez szükséges feszültség.



5. ábra. Jellegzetes villámábrák egy túlélő testén
(a kép forrása: Wikipedia)



6. ábra. Villám sújtott le 32 tehénre Texasban
(a kép forrása: Wikipedia)

villámáram a lecsapási helytől kiindulva sugárszerűen terjed kifelé a földfelszínen, ahogy ezt a 7. ábrán megfigyelhető villámáram nyomok is mutatják.

Ha a Föld felszínének két nagyon távoli pontját nézzük, akkor a talaj ellenállása a Föld rendkívül nagy keresztmetszete miatt elhanyagolható. (A vezető ellenállása a vezető keresztmetszetével fordítottan arányos.) A lecsapási hely környezetében a talaj potenciálja pontról pontra változik. A villám lecsapási pontjától számított távolsággal a potenciál értéke csökken, így a talaj két pontja között fellépő feszültség nő. (Ha két ilyen pont az ember lépéshosszában van, akkor az így kialakult feszültséget *lépésfeszültségnek*

ÉRINTÉSI FESZÜLTÉG. Érintési feszültségről akkor beszélünk, ha a földön állva olyan tárgyat érintünk meg, amelybe belecsapott a villám (pl. egy fa, vagy vízvezeték). Ilyenkor a kéz, illetve a láb talajjal érintkező pontjai között potenciálkülönbség léphet fel, amely az ember testén keresztül kiegyenlítődik. Ez figyelhető meg a vízvezetékek, elektromos készülékek és vezetékes telefonok okozta balesetek hátterében is. Ezért nem szabad villámláskor még zárt épületen belül sem fürdeni, zuhanyozni, illetve a vezetékes telefont használni. A zárt épületben való tartózkodás hamis biztonságérzetet ad, amint az a diákok válaszaiból is kitűnik. (14. ábra)

Érintési feszültséggel kell számolnunk pl. hegymászás közben is, mivel a villámcsapás földáramai a talaj különböző magasságban lévő pontjai között potenciálkülönbséget idézhetnek elő.

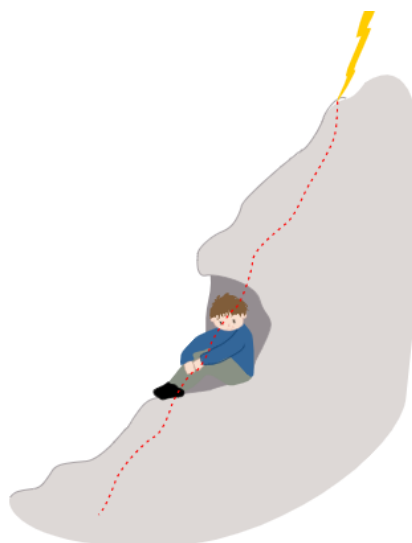
A LÉPÉSFESZÜLTÉG. Az újsághírek időnként beszámolnak arról, hogy állatokat pusztított el a „mennykő”. Az ilyen esetek előtt nagyon sokáig értetlenül álltak az emberek, hiszen az elpusztult állatokat megvizsgálva nem találtak rajtuk villámcsapás okozta sérüléseket. Ma már azonban ismerjük az állatok pusztulásához vezető okot. A magyarázat a közelben becsapó villám földárama következtében létrejött lépésfeszültségben keresendő. Amikor a villám a talajba csap, akkor a

nevezzük.) Ha két különböző potenciálon levő pontot vezetővel kötünk össze (pl. ha az ember vagy az állat két lába két ilyen különböző potenciálú helyen helyezkedik el), akkor a vezetőn keresztül a potenciál kiegyenlítődik. Ez áramütést okozhat, ami akár az élőlények halálához is vezethet, attól függően, hogy az áram útvonala érint-e létfontosságú szerveket (pl. szív). Az ember esetében azonban ez ritkán jelent életveszélyt, inkább csak izomgörcsöt és égő érzést idéz elő. Sokkal veszélyesebb a helyzet nagy testű állatoknál, ahol az első és hátsó láb közötti jóval nagyobb távolságnak köszönhetően a feszültség az emberi lépésfeszültségnek a többszöröse lehet.

ÁTÍVELÉS, OLDALKISÜLÉS. A talajban előforduló inhomogenitások felszíni kisülések kiindulópontjai lehetnek. Ha a terep jellegzetesen szabálytalan, mint pl. egy hegyoldal, akkor a felszínbe csapó villám hatására a talajban folyó kóboráram mentén ívkisülések jöhetnek létre. Ezek a kisülések szűk barlangban vagy kis szikla alatt menedéket keresve különös veszélyt jelentenek az ott tartózkodó ember számára (8. ábra).



7. ábra. A villámáram nyomai egy golfpályán
(a kép forrása: Wikipedia)



8. ábra. Átívelés

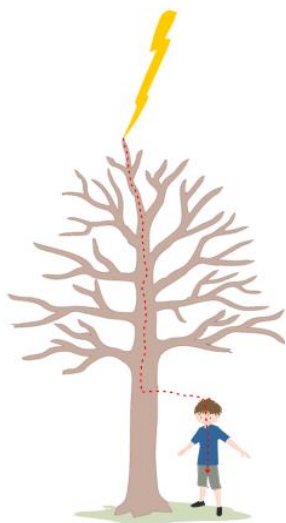
Az átívelés másik jellegzetes megjelenési formája, pl. magas fába csapó villám esetén észlelhető. A villámcsapáskor a fa közelében tartózkodó ember és a lombkorona között fellépő feszültség miatt a villámáram „átugorhat” az emberre és rajta keresztül juthat a földbe (9. ábra). A villámsújtotta vezető (fa) és az ember teste által közrezárt felületen a villám által keltett változó mágneses mező feszültséget indukál. Az így létrejött indukált áram hozzáadódik az ember testén már egyébként is átfolyó áramhoz, ami súlyos balesethez vezethet. Ilyen kisülések zárt épületen belül is tapasztalhatók, ha az épület nem rendelkezik megfelelő villámvédelmi rendszerrel.

ELLENKISÜLÉS (A CSATOLÓ VEZETŐK TALÁLKOZÁSAKOR FELLÉPŐ KISÜLÉSEK). Villámláskor a lefelé haladó lépcsős vezető elektromos terének megosztó hatása miatt a földfelszín különböző pontjaiból felfelé haladó csatoló vezetők keletkeznek (a csatoló vezetőt a levegő megnövekedett vezetőképességű tartományai alkotják). A lefelé terjedő lépcsős vezető és a csatoló vezető összekapcsolódásakor jön létre a lecsapó villám. Amennyiben ez nem történik meg, akkor előfordulhat, hogy a felszín két különböző helyéről induló csatoló vezető találkozási helyén visszacsapás alakul ki. Ez akkor jelenthet veszélyt az emberre, ha a visszacsapás az ember testén keresztül történik meg. Ilyenkor a visszacsapás árama rajta keresztül jut a földbe (10. ábra). Bár a visszacsapások energiája a villám összenergiájához képest csekély, hatását mégsem szabad alábecsülni, mert az áldozat testén keresztül vagy annak környezetében jelentős áramokat hozhatnak létre.

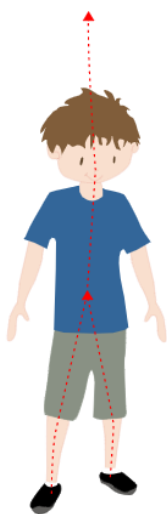
A VILLÁMLÁS MÁSODLAGOS HATÁSAI. VILLÁM HŐHATÁSA. Közvetlen villámcsapáskor a villámáram áthalad az ember testén, és az áram hőhatásának köszönhetően felmelegíti a szövetet, sejteket, melyeken áthatol. A rendkívül nagy áramerősség miatt így súlyos külső és belső égési sérüléseket okozhat elsősorban a be-és

kilépés helyén. Gyakran előfordul, hogy a bőrön lévő esővízcsepp vagy izzadság a villámáram hatására gőzzé válik, és a forró gőz okoz égési sérüléseket. Néha az is tapasztalható, hogy a ruházat fém részeit felmelegíti a villámáram, ami az alatta lévő bőr égési sérüléseihez és másodlagos károsodásokhoz vezet.

VEZETÉSI CSATORNA LÖKÉSHULLÁMAI. Mivel a villámlás néhány mikroszekundumos ideje alatt a vezetési csatornában a hőmérséklet a 25-30000 Kelvint is eléri, ezért a csatornában a nyomás hirtelen megnövekszik, a levegő gyors tágulása lökeshullámot generál. Számítások alapján az így létrejött nyomáshullám a vezetési csatornától 10 m távolságban egy kb. 5 kg-os TNT bomba hatásával egyenértékű [5] lökeshullám következtében a nyomás a távolság függvényében gyorsan csökken, így csak a villámcsapás közelében elhelyezkedőkre jelent veszélyt. A lökeshullámok leggyakoribb következménye a levegővel telt üreges szervek (tüdő, gyomorbélrendszer, középfül) sérülései, a dobhártya beszakadása. Ez általában akkor fordul elő, ha a közvetlen villámcsapás az ember felső testét éri. Ilyenkor az ember füle (11. ábra) a villámcsatornától mindössze pár centiméter távolságban van és a túlnyomás kb. 10 atm.



9. ábra. Oldalkisülés



10. ábra. Ellenkisülés



11. ábra. A fül belső szerkezete
(a kép forrása: NKP okostankönyv, Fizika 7.)

Előfordul, hogy a dobhártya épségben marad ugyan, de a szőrsejtek az áthaladó villámáram vagy a lökeshullám miatt sérülnek, ami maradandó halláskárosodást eredményez (pl. fülzúgás). Intenzív lökeshullám következtében akár a hallócsontocskák is károsodhatnak, ami különösen a magas frekvenciákon sükettséghez vezethet.

A lökeshullám következtében a környezetből apró szilánkok, töredékek kerülhetnek a testüregekbe. A szakirodalomban ez a hatás Shrapnel hatás néven vált ismertté. Ezek a szilánkok elszakíthatják a nagyereket, amennyiben a nyakat, fejet érik, gyakran halálosak lehetnek, vagy maradandó sérüléseket okozhatnak. A szilánkok okozta sérülések súlyosságát a szilánkok mozgási energiája, alakja, sűrűsége, a szilánk forgása, a sérülés helye, valamint a testfelületet borító ruházat határozza meg. A lökeshullám közvetlen következménye a mennydörgés, a villám nagyerejű hanghatása, ami ugyancsak károsíthatja az emberi szervezetet.

MÁGNESES HATÁS. Mint minden elektromos áram, így a villámáram is mágneses teret létesít. Ez a mágneses tér időben nagyon gyorsan változik. A villám mágneses terének becslésekor feltételezzük, hogy a villámcsatorna egyenes, és a villámcsatornától a lecsapási távolságnál (d_s -nél) nagyobb távolságban vagyunk. A d_s távolságon belül a közvetlen villámcsapással és annak a korábban már említett elektromos hatásaival kell számolnunk, ennél nagyobb távolság esetén pedig a villámáram mágneses hatása érvényesülhet. A lecsapási távolságot a $d_s = 10 \cdot I^{0,65}$ összefüggés alapján határozhatjuk meg, ahol I a villámáram csúcsértékének nagysága kA-ben. 30 kA-es villámáram esetén ez a távolság 91,2 m. A mágneses indukcióvektor nagysága ebben a távolságban:

$$B_{max} = \frac{\mu_0 \cdot I_{max}}{2\pi d_s} \approx 105 \mu T \quad (1\mu T = 10^{-6} T)$$

Összehasonlításképpen a Föld mágneses mezőjét jellemző mágneses indukcióvektor nagysága $1\mu T$, a nagyfeszültségű elektromos vezetékek közelében pedig ez az érték $1 - 100 \mu T$. MRI vizsgálatok során ettől jóval erősebb, 1-3 Tesla erősségű mágneses teret alkalmaznak. Természetesen a villámáram mágneses hatásának leírásakor nem hagyható figyelmen kívül az sem, hogy a villámáram mágneses mezője időben nagyon gyorsan változik. Ezért Andrews és kutatócsoportja [7] egy szívmodellt helyezett el a villámáramhoz hasonló gyorsan változó mágneses mezőben, és megvizsgálta a modellen átfolyó áramerősséget. Tapasztalataik alapján az így létrejött áram az emberi szervezetre teljesen ártalmatlan. Mindezek alapján arra a következtetésre jutottak, hogy normál élethelyzetben a villámáram élettanilag káros mágneses hatásával nem kell számolnunk. Természetesen fokozott óvatosságra int, ha valaki pl. pacemakerrel rendelkezik.

A VILLÁMLÁS ÁLTAL KIBOCSÁTOTT SUGÁRZÁS. A felhő-föld villámok a kisülés során nagyon széles frekvenciasávban, a néhány hertzes frekvenciától az optikai frekvenciákon keresztül a lágy gamma sugárzás 10^{19}



12. ábra. Shrapnel hatás [6]
(apró szilánkok sérülései)



13. ábra. A szem gyulladásos betegségei (kötőhártya-gyulladás)
(A kép forrása: Wikipédia)

hertzes frekvenciájáig bocsátanak ki elektromágneses sugárzást. A villámcsatorna sugárzása látászavarokat okozhat, valamint a szem gyulladásos betegségeit (kötő-, szaru- és szivárványhártya-gyulladást) eredményezheti (13. ábra). Mivel ezek a problémák nem azonnal, hanem elhúzódóan alakulnak ki, ezért a villámcsapást túlélők hosszútávú megfigyelése szükséges. A legújabb esettanulmányok alapján közvetlen kapcsolatot mutattak ki a villámok elektromágneses sugárzása és a szürkehályog kialakulása között [6]. A kutatók a szürkehályog kialakulását azzal magyarázzák, hogy a villámlás erős optikai és UV sugárzása felmelegíti a szemlencse folyadékát. A szürkehályog mellett számos más látászavar kialakulásáról számoltak be a túlélők, mint pl. az olvasási képesség elvesztése, bizonyos ideig a külvilág képének fordított látása, jel követése esetén a két szem külön történő mozgása stb. A villámok főbb tulajdonságainak és élettani hatásainak rövid áttekintése után nézzük, mit is tudnak minderről a középiskolás diákjaink!

VÁLOGATÁS A DIÁKOKNAK KÉSZÍTETT KÉRDŐÍVBŐL ÉS VÁLASZOKBÓL. A villámokkal kapcsolatban számos tévhit él a köztudatban. (Tévhitnek vagy tévképzetnek nevezzük a tudományos elméletekkel össze nem egyeztethető, mélyen gyökerező, rendkívül stabil téveszméket [11].) Fizikatanításunk egyik kiemelkedő feladata a tévhitek felismerése és elosztatása. Kíváncsiak voltunk arra, hogy ezek a közismert hiedelmek mennyire élnek tanulóinkban, ezért összegyűjtöttünk egy csokorra valót belőlük. A tévhiteket több csoportba osztottuk, most csak azokból emelünk ki néhányat, amelyek cikkünk tematikájához illeszkednek. A kérdőívek kitöltésében 55 fő, 9-10. osztályos gimnáziumi tanuló vett részt, a két évfolyamról kb. azonos létszámban. Az adatok az általuk adott válaszokra vonatkoznak. A kérdések elsősorban feleletválasztósak, illetve eldöntendők (igaz-hamis), néhány esetben rövid választ igénylők voltak. A tanulók a tesztet ellenőrzött körülmények között, Google Úrlapon töltötték ki, így az összesített eredményekről azonnali visszajelzést kaptunk. A kérdéssor megbeszélését a diákok izgatottan várták [10])

1.kérdés

Hegymászás közben ért a vihar bennünket, villámlik. Menedéket nyújtó turistaház a közelben nincs. A hegyoldalban találtunk egy kis mélyedést a sziklában. A szakadó eső elől ide menekültünk, és itt várjuk meg a vihar elmúlását. Helyesen gondolkodtunk-e?

(A helyes válasz: nem)

2.kérdés

Igaz vagy hamis?

Zárt épületben is veszélyes fürdeni, zuhanyozni, ha kint villámlik.

(A helyes válasz: igen)

3.kérdés

Ismerve a mondást, hogy a villám mindig a környezetéből kiemelkedő, legmagasabb pontba csap le, ezért a vihar elvonultáig a földre hasalunk. Helyesen cselekedtünk-e?

(A helyes válasz: nem)

4.kérdés

Igaz vagy hamis?

A villám kétszer nem csap ugyanoda.

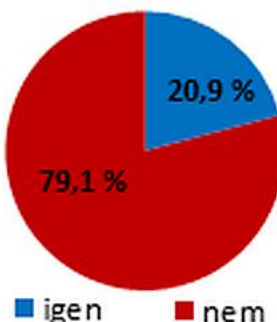
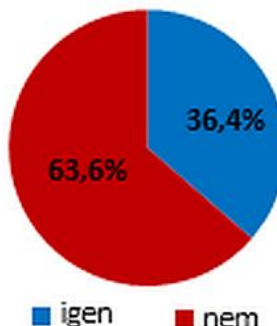
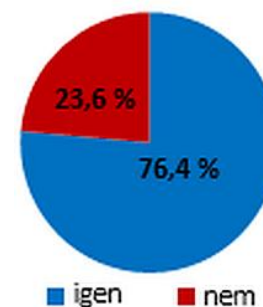
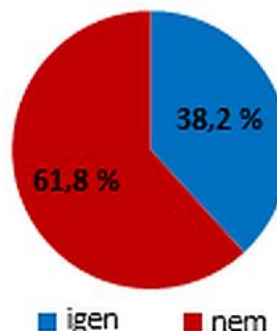
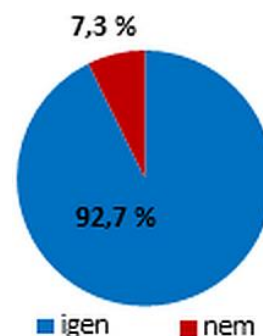
(A helyes válasz: nem)

5.kérdés

Igaz vagy hamis?

A villámcsapás okozta halál oka az égési sérülés.

(A helyes válasz: nem)



A válaszokból egyértelműen kitűnik, hogy a diákok többsége előtt az érintési-, illetve lépésfeszültség fogalma ismeretlen, a villámok valós veszélyeit nem tudják reálisan felmérni.

ÖSSZEGZÉS. A villámlás lenyűgöző, ugyanakkor gyakran félelmet keltő természeti jelenség. Láthattuk, hogy rendkívül sokrétű veszélyforrást rejteget, és óvatosságra int bennünket. Ma már sok mindent tudunk erről az összetett folyamatról, de még mindig tartogat számunkra megfontolandó kérdéseket. A villámlás lefolyásának és hatásainak egzakt leírása bonyolult fizikai és matematikai háttértudást igényel. A hiányos ismeretek

miatt a köztudatban számos tévhit él a villámokkal kapcsolatban. Ezek leküzdése (elsősorban azoké, amelyek balesetvédelmi szempontból is veszélyesek lehetnek mindenki számára) elemi megközelítésben középiskolában is lehetséges. Ezért úgy gondoljuk, hogy az előbbieken említett témának helye van a középiskolás fizikaoktatásban. Ezt igazolandó zárszóként álljon itt a diákok legmegdöbbentőbb válasza:

Döntsd el az alábbi állításról, hogy igaz vagy hamis!

A villámsújtotta embert nem szabad megérinteni, mert „megráz”.

A diákok 47,3 % -a gondolta úgy, hogy az állítás igaz. Elgondolkodtató....

IRODALOM

- [1] *Doris Jorde, Justin Dillon*, Science Education Research and Practice in Europe, 2012, 2. fejezet
- [2] *Vernon Cooray*, An Introduction to Lightning, Springer, 2015
- [3] *Vladimir A. Rakov, Martin A. Uman* Lightning Physics and Effects, University Press, Cambridge, UK, 2003 Uman, 2003 és Cooper and Holle, 2019
- [4] *Martin A. Uman*, The Lightning Discharge, Dover Publications, INC. Mineola, New York, USA, 1987.
- [5] *Mary Ann Cooper, Ronald L. Holle*, Reducing Lightning Injuries Worldwide, Springer, 2019
- [6] *Mary Ann Cooper, Christopher J. Andrews, Ronald L. Holle, Ryan Blumenthal, Norberto Navarrete Aldana*, Lightning – Related Injuries and Safety, 2016
- [7] *Andrews CJ, Cooper MA, Kitagawa N, et al.* Magnetic effects of lightning return stroke current. J Light Res 2006; <https://benthamopen.com/jlr>
- [8] *Tasnádi P., Illy J.*: Víz a légkörben és a talajban. Villámok, gejzírek, cseppkövek és más természeti csodák. ELTE, Budapest, 2018.
- [9] *Takátsné Lucz Ildikó, Tasnádi Péter*: Villámok az új Nemzeti alaptanterv tükrében, Fizikai Szemle, 2021/3, 102-109.
- [10] *Takátsné Lucz Ildikó, Tasnádi Péter*: Ami túl mutat az elektrosztatikán: villámok az új Nemzeti alaptanterv tükrében, Fizikai Szemle, megjelenés alatt
- [11] *Korom Erzsébet*, Naiv elméletek és tévképzetek a természettudományos fogalmak tanulásakor, Magyar Pedagógia, 97 (1), 19-40.

PESTIS A KORA ÚJKORI NYUGAT-DUNÁNTÚLON – MIKOR, MIÉRT, HOL?*

Vadas András

Eötvös Loránd Tudományegyetem Bölcsészettudományi Kar, Középkori Történeti Tanszék
1088 Budapest Múzeumkrt. 6-8. I/136., vadas.andras@btk.elte.hu

ÖSSZEFOGLALÁS. A tanulmány a pestis kora újkori Kárpát-medencei megjelenését vizsgálja. A 17. századi nyugat-dunántúli Batthyány uradalomrendszer magánleveleire alapozva két kérdésre keresi a választ: egyfelől, hogy miképpen védekeztek e betegség ellen, azaz volt-e szisztematikus fellépés annak terjedésével szemben, másfelől arra az utóbbi években egyre gyakrabban vizsgált problémára igyekszik reflektálni, hogy a késő középkori és kora újkori pestisjárványok kapcsán beszélhetünk-e hullámokról, vagy inkább a betegség állandó jelenlétét feltételezhetjük.

ABSTRACT. The paper discusses the spread of plague epidemic in the Early Modern Carpathian Basin. Using the private letter collection of the Western-Transdanubian Batthyány estate complex system it aims at answering two questions; first, what kind of measures were taken against plague, i.e., were there systematic precautions to hinder the spread of the disease, and second, a question which in the past years gained increasing importance with regard to plague, is whether one can speak of waves of plague in Europe or the disease was constantly present throughout the late Middle Ages and the Early Modern Period.

Az utóbbi évtizedekben a járványok történeti kutatása komoly lendületet vett. Ennek oka csak kisebb részben kapcsolódik az életünket az utóbbi években meghatározó COVID-19 koronavírus-járványhoz, sokkal inkább a kutatási lehetőségek bővüléséhez köthető. A régészeti csontmaradványok archaeogenetikai vizsgálata révén a korábban csak nehezebben kutatható járványos betegségek is a kutatás homlokterébe kerültek. Ezek közé tartozik a pestis is, amely a betegség gyors lefolyása miatt kevés nyomot hagyott a csontozaton, így azt hagyományos régészeti antropológiai módszerek segítségével nem lehetett vizsgálni.¹ A régészeti genetika azonban új távlatokat nyitott a pestis kutatásában és az utóbbi években már nem az volt a fő kutatási kérdés, hogy a középkorban és a kora újkorban lejegyzett járványos megbetegedések egy jelentékeny hányada pestis – azaz a *Yersinia pestis* baktérium által okozott megbetegedés – volt vagy sem, hanem inkább az, hogy milyen időjárási-környezeti háttérre vezethető vissza egy-egy nagyobb járvány kialakulása, milyen módon került sor a betegség átadására, és milyen terjedési mintázatokról beszélhetünk. Írásomban a 17. századi Batthyány uradalmak misszilisanyagában megjelenő pestis- említések kapcsán két kérdést vizsgállok. Egyfelől, hogy miképpen védekeztek e betegség ellen, volt-e szisztematikus fellépés annak terjedésével szemben. Másfelől arra az utóbbi években egyre gyakrabban vizsgált problémára igyekszem reflektálni, miszerint a késő középkori és kora újkori pestisjárványok kapcsán beszélhetünk-e hullámokról, vagy inkább a betegség állandó jelenlétét feltételezhetjük.

A KORA ÚJKORI PESTIS ÉS KÖZÉP-EURÓPA. A kora újkori pestisjárványok kutatásában az utóbbi években már nemcsak a járvány terjedésének vizsgálata jelenti a fő kérdést, hanem a város–vidék kettőssége a különböző életkori, társadalmi csoportok aránya az egyes járványok okozta halálozásokban. Míg Itália egyes városai vagy a Németalföld esetében hasonló kérdéseket már a 14. század végi vagy a 15. századi forrásanyag alapján is fel lehetett tenni, addig erre Közép-Európában inkább a 17. század második felétől, de főképp a 18. századtól válnak alkalmassá a források.

* Az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-21-5 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott támogatásával készült. A tanulmány bővebb változatát lásd: Vadas 2022: 25–46.

¹ A régészeti genetikai eredményekre lásd Bos et al. 2011: 506–510; Spyrou et al. 2019. Történeti szemszögből a pestisre vonatkozó archaeogenetikai eredményekre lásd Campbell 2016; Green 2020: 1601–1631.

A hasonló kutatások esetében kulcsfontosságú egyházi anyakönyvek ezt megelőzően erősen töredékesek,² és bár ezeket az utóbbi években kiaknázta a kutatás,³ az 1700-as évek, vagyis az utolsó nagyobb pestisjárványok, az úgynevezett második pandémia utolsó szakasza e téren jobb perspektívát kínál. Ez az időbeli kutatási megközelítés nemcsak a járványok esetében igaz, hanem a demográfiai viselkedés mintázataira nézve általában is. A járványok, így a pestis történetének szempontjából azért is jelent fontos állomást a 18. század, mert ekkor jönnek létre azok a szervek, amelyek iratanyaga kompakt módon megőrzött adatokat az egyes eseményekről. Szintén a 17–18. század fordulóján szaporodnak meg a pestis kezeléséről szóló országos és helyi szabályok.⁴ Ennek megfelelően az utóbbi években is nagyobb hangsúlyt kapott a 17. század utolsó néhány évtizedében és az 18. század elején jelentkező járványok kutatása.⁵

A 17. század utolsó harmada előtti időszak ugyanakkor fehér foltot jelent a kutatásban. Annál is inkább, mivel a 17. századot általában egy, a járványoktól terhelt időszakként írja le a kutatás mind általában Dél- és Közép-Európában, mind a magyar területeken.⁶ Ez a kisebb hazai kutatói érdeklődés ugyanakkor könnyen magyarázható azzal, hogy a valamivel későbbi korszakokból jóval nagyobb számban elérhető egyházi anyakönyvek már olyan részletességű vizsgálatokat tesznek lehetővé, mint például a különböző életkori csoportok, nemek halálozásának nyomon követése, amelyet ezt megelőzően szinte lehetetlen elvégezni, pedig ezek a történeti demográfia számára kulcsjelentőségűek, nemkülönben a betegség- és járványtörténettel foglalkozó kutatók számára. Különösen fontos ez a pestis esetében, ahol egyebek között a betegségben elhunytak életkora, nemi összetétele, a betegség mortalitása alapján (is) következtet a kutatás egy-egy járvány kapcsán arra, hogy a forrás valóban a *Yersinia pestis* által okozott megbetegedés-hullámról szól vagy sem. Mindezek fényében már érthető, hogy kisebb hangsúlyt kapott a kora újkor utolsó évszázadát megelőző időszak a hazai és a közép-európai kutatásban is. Ahhoz, hogy ezen időszak pestisjárványairól bármit is mondjunk, más forráscsoportok bevonására van tehát szükség. Ezért a pestiskutatásokban már használt, de nem kellően kiaknázott forráscsoport, a misszilisek segítségével igyekszünk a fent már említett problémákra rávilágítani a 17. századi pestisjárványokkal kapcsolatban, valamint amellett érvelni, hogy a 17. század első felében pusztító pestisek lokális hatásai, és általában a pestis mint betegség jelentősége talán e források segítségével érthető meg a legjobban.⁷

Az általam vizsgált forrásanyag számos esetben említ pestisjárványokat, vagy a pestis jelenlétét egy-egy településen. Az, hogy a mintegy hatvanéves időszakot (1600–1659) felölelő forrásanyagban közel harminc esztendőből maradt fenn pestisre utaló forrásunk, két kérdésre is ráirányítja a figyelmet. Egyfelől arra, hogy a pestis mennyire tekinthető lokálisan felbukkanó jelenségnek, illetve, hogy a betegség újra és újra a Kárpát-medencébe érkezett, vagy állandóan jelenlévő volt. A Batthyány család levéltára misszilis anyagának gazdagsága lehetővé teszi, hogy nyomon követhessük egy erősen integrált gazdasági komplexum, mint amilyen a család uradalomrendszere volt, miképpen tette lehetővé a pestis terjedését, kirajzolódna-e „pestis-útvonalak” a birtokrendszerben. A szigetszerű felbukkanás és az útvonalak megértése azért is fontos, mert segít annak eldöntésében, vajon hosszabb időszakon – éveken, évtizedeken keresztül – folyamatosan jelenlévő betegsékként kell-e a pestisre tekintenünk.

A FORRÁSOKRÓL. A Batthyány-levéltár egyik leggazdagabb, és az elmúlt évtizedekben sokat kutatott része az ötvenezernél is több levelet tartalmazó misszilis gyűjtemény.⁸ A teljes leveles forrásanyag áttekintésére nem vállalkozhattam, ezért két irányból közelítettem meg a kiadatlan forrásokat. Egyfelől egy kisebb adminisztratív egység, a Batthyányak körmendi uradalmának misszilisanyagát tekintettem át. Az egyetlen

² Fialová–Maur 2017: 3–37.

³ Melegh 2000; Őri 2006: 115–162.

⁴ Balázs 2016. Ld. kiindulásként Vekerdí 2017: 188–206.

⁵ Novák 1982: 275–392; Géra 2012: 139–160; Dávid 1973: 75–130; Moess – M. Román 1980: 117–130; Tóth G. 1995: 751–786; Seres 2009: 95–135; Csáki 2010: 277–287; Faragó 2007: 19–60.

⁶ Európára és a világra: Parker 2013; Kaniewski – Marriner 2020; Eckert 1996. Magyarországra: Réthly 1962; Őri 2006; Faragó 2007: 28–31.

⁷ Missziliseket nagyobb számban használt az egyik legfontosabb magyar orvoslástörténeti gyűjtés is a 20. század elején: Magyar-Kossa 1931. Illetve lásd alább Tóth G. 2001 és Zimányi 1996.

⁸ MNL OL P 1314. Mikrofilmen: MNL OL X 7435.

jelentősebb település, Körmend városa az uradalomban, ugyanakkor e mezőváros kb. háromezer, innen datált 17. századi, döntően 1605 és Batthyány Ádám 1659. évi halála között írott levelével jó alapot biztosít a kutatáshoz, hisz számos esetben utalnak bennük a pestisjárvány jelenlétére. Másfelől igyekeztem a járványos évekre összpontosítani, azaz áttekinteni a lehető legtöbb levelet azokból az esztendőkből, amelyek esetében erős járványokat feltételezhetünk. Ez a vizsgált időszakban kétszer fordult elő, 1644–1645-ben, illetve 1655–1656-ban. Ezen esetekben – a teljesség igénye nélkül – más uradalmak misszilisanyagát is bevontam a kutatásba. Bár már a levéltár korábbi levéltárosa, Iványi Béla is foglalkozott a forrásanyagban megjelenő pestis- említésekkel,⁹ a legutóbbi időig alig-alig jelent meg az orvostörténeti kutatásokban a Batthyányok körmendi levéltárának ezen része.¹⁰ E gazdag, Iványi-féle gyűjtés alacsony kihasználtsága annál is inkább meglepő, hogy az utóbbi időben növekvő figyelem irányul a Batthyányok kora újkori történetére, különösen tekintettel a családtagok orvostudományi és tudományos érdeklődésére.¹¹

HÉTKÖZNAPI PESTIS? Miközben az Európát talán már korábban elérő,¹² de 1347-től kulminálódó pestisjárvány egyszeri kataklizmaként jelenik meg a modern kori történeti emlékezetben, a pestis a kora újkor gyakori betegségei közé tartozott, és különböző intenzitással, de a 19. századig rendre fel-fellángolt Európában. A hazai kutatások is foglalkoztak az újra és újra felbukkanó pestis kérdésével. Találkozunk azzal a feltételezéssel is, hogy nagyjából ismétlődő rendszerességgel jelentkeztek a pestisjárványok, valamilyen malthusi egyensúlyi helyzetet igyekeztek fenntartani;¹³ míg más kutatások inkább a járvány kora újkori gyakoriságának jelentőségét emelik ki.¹⁴ Ez utóbbit látszanak megerősíteni a Batthyány levéltárból származó adatok is. A munka fókuszát jelentő, 1600 és 1659 közti – misszilisekkel legjobban ellátott – időszakból ugyanis Körmendről és az uradalom más településeiről minden második évből származnak adatok a pestisre vonatkozóan). Egyfelől önmagában ez az egyetlen, viszonylag limitált területre vonatkozó, és még onnan is részben szelektív forrásanyag, amely korábbi gyűjtésekben nem említett pestisjárványokra, illetve pestisnek nevezett megbetegedésekre utal.¹⁵ Másfelől rámutat, hogy a 17. századra Európa számos területéhez hasonlóan a Kárpát-medencét – de annak nyugati részét mindenképpen – erőteljesen érintette a betegség. Ezt azért fontos rögzíteni, mert bármennyire is evidensnek tűnik, a mai szakirodalom nem tekinti magától értetődőnek, hogy ha a Habsburg vagy éppen az Oszmán Birodalom jelentékeny részét érintették a pestisek a kora újkor folyamán,¹⁶ akkor az a Magyar Királyságban is megjelent.¹⁷ Szintén fontos kiemelni, hogy kifejezetten ritkák az olyan évek, amelyekből nem ismerünk a misszilisekből származó pestis- említést. Azaz néhány fontos kivételtől eltekintve, a pestisre vonatkozó adatok erősen korrelálnak a fennmaradt misszilisek számával (1. ábra). Azaz az olyan években, amelyekből nagyszámú levél maradt fenn, kevés esetben fordul elő, hogy egyáltalán nem jelenik meg a misszilisekben a pestis jelenléte.

Ez azt jelenti, hogy a pestis jelenléte semmiképpen sem volt anomáliának nevezhető, azaz rendre érintette az uradalomrendszer szinte minden települését a hatvan éves vizsgált periódusban. Azt, hogy a pestis a jelzett időszakban inkább „várt” jelenség volt, mint kivétel az uradalomrendszer településein, jól mutatja, hogy az egyes uradalmakat igazgató tiszttartók (*provizorok*) nem egyszer arról is hírt adtak, ha éppen a járvány után voltak,¹⁸ vagy ha nincs pestis az általuk igazgatott birtoktesten.¹⁹ A betegség 17. századi állandó európai

⁹ Iványi 1965.

¹⁰ Kivételt jelent például Takáts 1917: 93–135.

¹¹ Koltai 2012; Bobory 2018.

¹² Green 2010.

¹³ Melegh 2000: 44, 48.

¹⁴ Schultheiss 1966: 279–301; Őri 2006: 119–120.

¹⁵ Őri 2006: 119–120.

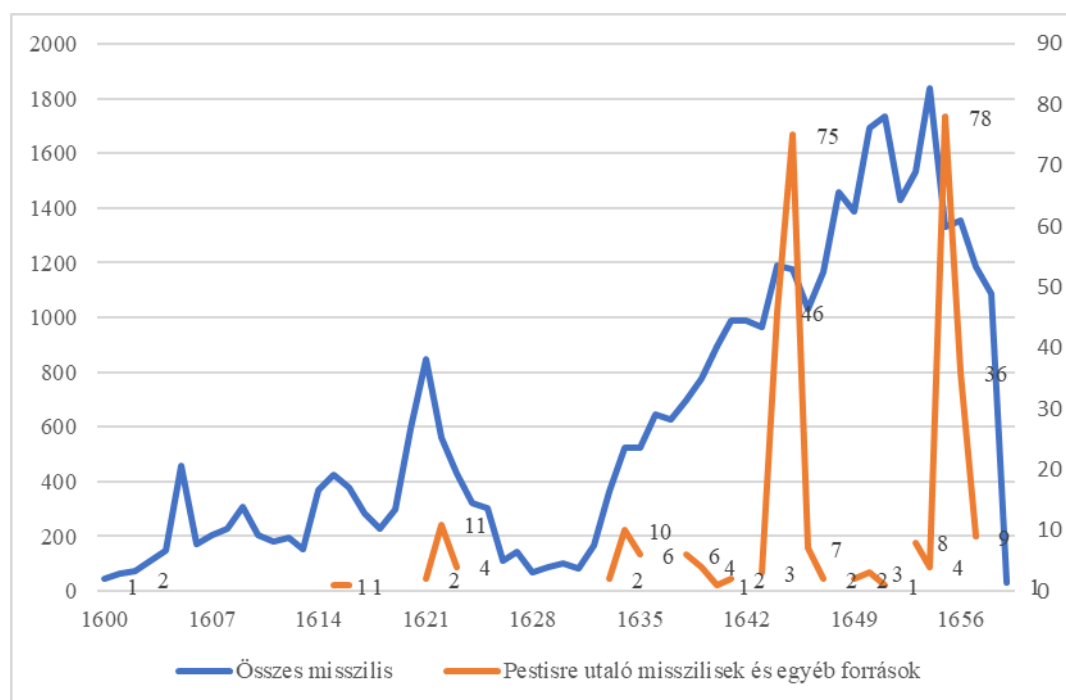
¹⁶ Varlik 2015.; Parker 201: 185–210.

¹⁷ Eckert 2000: 1–28.

¹⁸ Például: MNL OL P 1314 Nr. 32 401., 25 414., 25 421., 40 461, 30 493.; (Iványi 1965: 54. sz.), 29 459 (Iványi 1965: 303. sz.), 15 033., 16 195.

¹⁹ MNL OL P 1314 Nr. 14 963. (1633. dec. 7.), Nr. 108 294, illetve MNL OL P 1314 Nr. 33 266. (Iványi 1965: 380. sz. – utóbbi misszilis 1690-ből származik), 30 490. (Iványi 1965: 52. sz.)

jelenlétét a régióban nemcsak a misszilis és más írott források, hanem az újabb archaeogenetikai vizsgálatok is megerősíteni látszanak.²⁰



1. ábra. A fennmaradt Batthyány misszilis évi megoszlása és a pestis említése

A misszilis által legjobban lefedett időszak Batthyány I. Ádám földesurasága (1632–1659) idejére esett. Az ő erősen központosított és jelentős adminisztrációt igénylő igazgatási elképzelése megkövetelte, hogy a gazdaság és a helyi társadalom szempontjából fontos, minden apró-cseprőnek tűnő eseményről is tájékoztassák őt.²¹ Ebben a pestis is magától értetődően benne foglaltatott, hisz mind a helyi gazdaságra, mind a birtokkomplexum gazdaságára komolyan hathatott egy-egy nagyobb járvány. A betegség jelentőségét egy hasonló nagybirtok életében jól jelzi, hogy nem sokkal azt követően, hogy Batthyány Ádám átveszi a birtokkomplexum igazgatását, kibocsát újvári tiszttartója számára egy pestis-rendtartást, amelyben a városba való ki- és bejárás feletti teljes kontrollt tartja leginkább szem előtt.²² Ennek része az is, hogy amennyiben a pestis felüti a fejét egy-egy településen, minden eszközzel igyekezzenek megakadályozni annak továbbterjedését, megbénítva ezzel akár egy uradalom vagy a teljes birtokkomplexum működését. Ehhez egyfelől kontroll alatt kellett tartani a lakosságot, azaz tudni kellett, ha valahol megjelent a betegség, másfelől ellenőrizni kellett a birtokok településeire való ki- és belépéseket is. Mindkét probléma megjelenik a vizsgált misszilisokban. Batthyány Ádám állandó beszámolót kért a tiszttartóktól a pestis jelenlétét illetően egy-egy uradalomban, és több olyan misszilisünk is van, amely arra utal, hogy a jelentést illetően nem mindig bízott meg a tiszttartókban, igyekezett más alkalmazottaitól is információhoz jutni a pestis jelenlétéről. A következőkben a körmendi uradalmi (és más fent említett) misszilis segítségével arra keresem a választ, hogy ha nem sikerült a járványt elkerülni, milyen intézkedéseket tettek a Batthyányokhoz tartozó egyes településeken.

Körmenden elsősorban a polgári adminisztráció vezetői, a tiszttartók szolgáltak a pestisre vonatkozó információkkal, de előfordul az is, hogy számtartók, vajdák írtak ez ügyben, illetve a városban szolgáló alkapiányok jelentettek a járványról. A körmendi tiszttartók általában a napi temetésekről számoltak be a földesúr számára saját városuk, valamint az uradalom egyéb településeinek halálozásaira is kitérve. A napi halálozások esetében rendre külön számolnak be arról, hogy idős, fiatal, netán csecsemő hunyt el pestisben.²³ Ha többen haltak meg a szokásosnál, Batthyányt külön értesítették, hogy valóban valamilyen járvány alakult ki,

²⁰ Seifert et al. 2016.

²¹ Bán 1977: 24–71; Koltai 2012.

²² Iványi 1965: 70. sz.

²³ Például: MNL OL P 1314 Nr. 13 157. (Iványi 1965: 252. sz.), 15 997. (Iványi 1965: 81. sz.)

de az nem pestis volt. Így tett Kelemen György körmendi gyalogvajda is, amikor három gyermek is meghalt egy héten a körmendi várban, de halálukat véleménye szerint más okozhatta, mert épp nem volt pestis az uradalomban.²⁴ Tekintve, hogy 1655 nyaráról van szó a jelentésben, nem elképzelhetetlen, hogy mégiscsak pestis lehetett, hisz a megelőző hetekben több levél is említette a betegség jelenlétét akár Körmenden, akár az uradalom más településein.²⁵ Miután a pestis megjelenése esetében zár alá helyezték az adott házat, és a lehetőségekhez mérten magát a településeket is, a betegségben érintettek családtagjai rendre igyekeztek letagadni, hogy az adott halálesetet pestis okozhatta.²⁶ Nemcsak a fertőzöttek házukba való bezárására szolgáltat számos további példát a Batthyány misszilisanyag, hanem az adott településről való eltávolítására is. 1623. július 4-én kelt levelében Marusics Mátyás újvári fővárnagy arról számolt be Batthyány Ferencnek, hogy az újvári uradalomban található Zsámádon (Reinersdorf, AT, ma Heiligenbrunn része) pestises beteget találtak, akit parancsára kitétek a településről, vagy egy bizonyos Zöld-hegyre vagy az erdőbe küldték el,²⁷ és néhány héttel később, augusztus 15-én hasonlóan cselekedtek egy dobrafalvi (Dobersdorf, AT, ma Rudersdorf része) pestises beteg esetében is.²⁸

Batthyány II. Ferenc és fia, Ádám, valamint a család más tagjai is láthatóan igyekeztek, hogy kontrollálják a birtokokra érkezőket, különösen a fertőzött területről jövőket. 1555-ben Batthyány I. Ferenc például csak egy sajátos karanténidőszak eltöltésével engedélyezte az éppen Toronyban (Podturen, ma Horvátország) tartózkodó unokaöccsének és feleségének, Svetkovics Erzsébetnek, hogy a fertőzött Muraköz vidékéről Újvárra,²⁹ a család egyik központi rezidenciájára menjenek, ahol maga Ferenc is lakott ezekben a hónapokban.³⁰ A levél két fontos elemére érdemes kitérni. Az egyik, hogy szolgálóik nagy részét nem hozhatják magukkal, a másik, hogy bár átköltözhetnek Újvárra, de nem engedi be őket rögtön a várba, hanem néhány hétig a kertben kell lakniuk.³¹

Amikor 1638-ban a pestis megjelent Rohoncon (Rechnitz, ma Ausztria), Batthyány Ádám a birtok másik központjába, Szalónakra (Stadtschlaining, ma Ausztria) költöztette családját. Ez azonban csak félmegoldást jelenthetett, hiszen ez utóbbi sem volt mentes a pestistől. Lobkovicz Poppel Éva, Batthyány Ádám édesanyja ennek kapcsán azt javasolta, hogy fia távolabbi, kisebb rezidenciát válasszon a pestis elkerülése érdekében.³² Nemcsak a fertőzött helyről érkező személyek, hanem a tárgyak maguk is potenciális veszélyforrást jelentettek a Batthyányak szemében. Poppel Éva egy másik, Ádámnak fiának szóló levelében arról ír, hogy Batthyány egyik rohonci familiárisának meghalt a lánya Sopronban, és a felesége odament a pestissel fertőzött városba, hogy elhozza annak csomagjait, ezért legyen résen, mert „olyannal a mirigyet is hamar elhozhatja az ember magával”.³³ A ragályfogó tárgyaknál nagyobb jelentőséget tulajdonított a korszak ugyanakkor a fertőzött levegőnek, amely Gerdákovics Mátyás körmendi tiszttartó egy levelében is megjelent, miszerint a körmendi várban lakók „egészséges áyerben vannak”.³⁴

A fentiek arra engednek következtetni, hogy a pestis kezeléséről és a betegség terjedésének megállításáról határozott elképzelések voltak. Kulcsjelentőséget tulajdonítottak a prevenciónak, azaz a Batthyányak azt próbálták mindenképpen elérni, hogy ha meg is jelent a birtokkomplexum egy településén a betegség, az tovább már ne terjedhessen. Ez azért tűnt nehéz feladatnak, mert már részben II. Ferenc, de különösen I. Ádám földesurasága idején is az uradalomban erősen integrált módon működött a gazdálkodás, azaz az egyes uradalmak szintjén sem törekedtek az önellátásra.³⁵ Az 1634. évi instrukció és részben a misszilisek alapján egy másik cél is kirajzolódni látszik, amelyre a két nagy járvány kapcsán még kitérünk, ez pedig a

²⁴ MNL OL P 1314 Nr. 25 414. (1655. júl. 31.)

²⁵ MNL OL P 1314 Nr. 13 158 (Iványi 1965: 252. sz.), Nr. 45 126. (Iványi 1965: 251. sz.), Nr. 13 159. (Iványi 1965: 254. sz.)

²⁶ MNL OL P 1314 Nr. 21 809. (Iványi 1965: 172. sz.)

²⁷ MNL OL P 1314 Nr. 30 524. (Iványi 1965: 58. sz.)

²⁸ MNL OL P 1314 Nr. 30 529. (Iványi 1965: 59. sz.)

²⁹ Iványi 1965: 66–67.

³⁰ A család rezidenciáira lásd Koltai 2012.

³¹ MNL OL P 1314. Nr. 3710. (Iványi 1965: 10. sz.)

³² MNL OL P 1314. Nr. 38 079. (1639. [!] máj. 8.). Kiadása: Kincses 1993: 50. sz. Vö. Koltai 2012: 237. (mind Kincses, mind Koltai 1638-ra datálja a levelet).

³³ MNL OL P 1314 Nr. 38 003. (Iványi 1965: 62. sz.). Lásd erre Tóth G. 2001: 374–375.

³⁴ MNL OL P 1314 Nr. 16 184. (Iványi 1965: 103. sz. Kiemelés tőlem – V.A.)

³⁵ Erre részletesebben lásd Zimányi 1968; Bán 1977; Koltai 2012.

család a pestis idején használt rezidenciájának, illetve az annak otthont adó településnek a megvédése volt. Ádám két rezidenciát, Újvárt és Rohoncot használta a leggyakrabban. Közülük az utóbbit preferálta,³⁶ részben épp a pestis miatt volt, hogy hosszabb időt töltött a jobban izolálható Újváron. Ez történt a két alább tárgyalt járványos időszak közül az első idején, 1644-ben. Furcsa tehát, hogy a század legerősebb pestisjárványának hónapjaiban nemcsak, hogy Rohoncon tartózkodott, de 1655 augusztusában lakodalmat tartott, feleségül véve elhunyt első felesége (Formentini Auróra) egyik udvarhölgyét, Wittmann Katalint.³⁷ Ez annál is inkább meglepő, mert már az első magyarországi pestistraktátusok is kitértek arra, hogy esküvőt és temetést ne, vagy csak zárt körben rendezzenek.³⁸

Batthyány I. Ádám esküvője alkalmával – talán a választottja iránt érzett szerelemtől elvakultan – valóban nem tett meg mindent a pestis elkerüléséért. Pedig általában konzekvens szabályrendszert alkalmazott a birtokkomplexuma területén, és ennek alapjai már II. Ferenc idején megvoltak. Bár a misszilisek, mint arra már utaltunk, átlagosan kétévente jelzik a pestis jelenlétét az egyes uradalmakban, két pestises időszak mindeképpen kitüntetett figyelmet érdemel.

KÉT JELENTŐS NYUGAT-DUNÁNTÚLI PESTISJÁRVÁNY A 17. SZÁZAD KÖZEPÉN. A vizsgált időszak két legnagyobb járványa 1644–1645-ben, valamint 1655–1656-ban játszódott le. Az idézett misszilisek közül számos e két időszak valamelyikében keletkezett, hiszen a gazdasági és egyéb, a pestis által megkövetelt intézkedések leginkább ekkor keletkeztek. A két nagy járvány egyike sem volt elszigetelt jelenség: a Batthyány uradalomrendszer mellett a Magyar Királyság és Erdély, illetve Európa bizonyos részein szintén feljegyeztek ekkortájt nagyobb megbetegedés-hullámokat.

Az 1640-es években az eddigi kutatások az európai pestisjárvány-gócponatok csökkenését mutatták ki.³⁹ Ez ugyanakkor nem jelenti azt, hogy ne lettek volna a betegség által érintett területek. A kutatás két nagyobb pestisgócpontról tud az 1640-es években: egyfelől Angliában és Skóciában, másfelől – és ez jelen írás szempontjából sokkal fontosabbnak tűnik –, Szászország területén. Itt 1640 és 1644 között játszódott le egy jelentősebb megbetegedési hullám. A betegség 1642-ben megjelent a cseh területeken is, majd 1644-ben és 1645-ben Bécsben és szerte Alsó-Ausztriában. Ez a közép-európai megbetegedéshullám számos okból lehetett a Kárpát-medencei 1644–1645. évi pestisjárvány fészke, hiszen erős gazdasági-kereskedelmi kapcsolatok álltak fenn e területek és a Magyar Királyság között. Másfelől, a harmincéves háború ismétlődő hadjáratai rendre érintettek pestis által fertőzött területeket, így ha I. Rákóczi György 1644. évi hadjárata⁴⁰ idején már volt is pestis a magyarországi városokban, valamint az erdélyi hadban,⁴¹ egészen bizonyos, hogy a csapatmozgások még inkább hozzájárultak a járvány kiterjedéséhez. (Ez bizonyos városok esetében konkrétan ki is mutatható.)⁴²

A járvány 1644 nyarán jelent meg Magyarországon és 1645 végéig folyamatosan értesülünk lefolyásáról a Batthyány misszilisekből és egyéb forrásokból egyaránt. Misszilisek mellett kortárs krónikák és más kútfők Sopronból,⁴³ Pozsonyból,⁴⁴ Győr vármegyéből,⁴⁵ a Szepességből és Felső-Magyarország más részeiből⁴⁶ és Erdélyből⁴⁷ egyaránt beszámolnak a pestis jelenlétéről.⁴⁸ Úgy tűnik tehát, hogy szinte az egész Magyar Királyságot és Erdélyt érintette valamilyen formában e két évben a járvány. A betegség terjedésére nézve a forrásanyag azonban csak kevés támpontot ad. A birtokkomplexum területén júniusban jelent meg a

³⁶ A rezidenciákra lásd Koltai 2012: 164–238.

³⁷ Koltai 2012: 465–468.

³⁸ Lásd erre Szende – Gecser 2022.

³⁹ Eckert 2000.

⁴⁰ Czigány 2017: 75–96.

⁴¹ Például Tóth 2001: 203.

⁴² Vö. Hetyéssy 1971: 269; Kádár 2014: 1262. Általában a harmincéves háborúra és a járvány terjedésére: Outram 2001: 174–180.

⁴³ Dominkovitsné Szakács 2008: 69–70. (62.), illetve magyar fordítása uo. 146–147; Heimler 1942: 32.

⁴⁴ Például: Ipolyi 1875: 685; Tóth 2001: 819; MNL OL P 1314 Nr. 35 332. (Iványi 1965: 104. sz. [helytelen, július 20-ai datálással]).

⁴⁵ Ráth 1861: 198–199. 181. sz.

⁴⁶ Bal et al. 1910: 207. (kiemeli Eperjest és Kassát); Szilágyi 1883: 816–817. 12. sz. (Besztercebánya).

⁴⁷ Benkő 1862: 93–94, 97. (konkrétan nem jelenik meg a pestis, csak a nagy halálozás); Krauss 1862: 157. (egész Magyarországra és Erdélyre, majd Sziléziára és Lengyelországra vonatkoztatva a pestist).

⁴⁸ Egyéb adatokra lásd Magyar-Kossa 1931: 360–362.

betegség, ekkoriban számolnak be először az ország más területeiről származó források is a pestisről. Ugyanakkor feltétlenül említést érdemel a járvány elhúzódása a Batthyány birtokon. Eltérően attól, amit a nagy pestisjárvány idején a nyugat-európai források megörökítenek, a betegség nem múlt el, hanem hosszan jelen volt az egyes birtoktesteken. Például körmendi eseteket említenek a misszilisek 1644 júliusától 1645 februárjáig, márciusban utal rá egy levél, hogy megszűnt a pestis. Az uradalomrendszer többi települése is hasonló cipőben járt, azaz rendre találkozunk azzal, hogy öt–hét hónapig is vannak pestises esetek egy-egy településen. 1644-ben Újvárt ugyanakkor többé-kevésbé sikerült megvédeni a pestistől, mindössze egy rövid időszakban, novemberben jelentettek esetet Batthyány Ádámnak. Ez azért lehet fontos, mert mint arra már utaltunk, a földesúr és családja ebben az időben leggyakrabban éppen az újvári várban tartózkodott.⁴⁹ Hasonlóan az 1644–1645. évihez, az 1650-es évek közepén bekövetkezett másik jelentősebb pestisjárvány eddig szintén kevés kutatói figyelmet kapott nemcsak a Magyar Királyság,⁵⁰ hanem általában Közép-Európa esetében is.⁵¹ A tanulmányban egyetlen kérdésre utalunk az 1655. évi járvány kapcsán, ez pedig annak forrásvidéke, aminek feltérképezése egy fontos, a bevezetőben felvett kérdés megválaszolásában segíthet. Az uradalomrendszerben 1655 elején jelentkeztek az első pestises települések, illetve számoltak be pestisgyanús betegekről a tiszttartók, majd május és a következő év tavasza között szinte mindenütt hosszabb-rövidebb ideig jelen volt a betegség. 1655-ben Batthyány Ádám részt vett a pozsonyi országgyűlésen, de az év nagyobb részét – beleértve fent említett esküvőjének időszakát – nagyrészt Rohoncon töltötte, ahol a korábban Újvárról ismert belépési korlátozásokat léptették életbe.⁵² A betegség 1655 közepén már bizonyosan jelen volt az osztrák területeken is, ennek megfelelően az innen érkezők is potenciális fertőzésveszélyt jelentettek, mégis a hódoltság felől érkezőkben – így a rabokban – látták a legnagyobb kockázatot. Több misszilisben is megjelenik 1655 folyamán, hogy korlátozták a keresztény rabok mozgását, akik a saját megváltásuk összegét igyekeztek összegyűjteni a járvány idején is.⁵³ Részben érthető volt az aggodalom a rabokat illetően, hiszen válogatás nélkül járták a településeket, ami a betegség potenciális hordozójává tette őket.

Az egyik, a rabokra vonatkozó misszilis arra is kitér, hogy a pestis az oszmán területek felől érkezett. Ez mindenképpen érdekes, mert szemben a korábbival, e járványszakasz esetében kevésbé azonosítható a járvány útvonala. Az 1650-es évek első felében ugyanis a Kárpát-medencét övező szinte minden területen jelen volt a járvány. A Balkán-félsziget oszmánok által uralt területein már az 1650-es évek elején voltak pestises megbetegedések,⁵⁴ de szintúgy jelentkezett a Kárpát-medencétől keletre, Podóliában és Lembergben (Lviv, ma Ukrajna).⁵⁵ 1652–1653-ban a Lengyel Királyság számos területén úgyszintén megjelent a pestis, beleértve Krakkót és a Magyar Királysággal a legszorosabb kereskedelmi kapcsolatokat fenntartó Sziléziát és Kis-Lengyelországot.⁵⁶ 1652–1653-ban Nyugat-Európa több területén is felütötte fejét a betegség; Németalföldön kisebb demográfiai krízis alakult ki, ugyanakkor sem a Német–római Birodalomban, sem Angliában, sem a Francia Királyságban nem játszódtott le ekkoriban nagyobb pestisjárvány.⁵⁷ Az itt felsorolt gócpontok egymástól látszólag távol helyezkedtek el, és a járvány mozgását sokkal kevésbé lehet nyomon követni, mint az 1644. évi pestisjárvány megjelenésekor. Ez egyben felveti azt a korábban már érintett kérdést, hogy mennyiben beszélhetünk a pestis egy-egy – akár Európán kívüli – gócpontból való újra és újra elterjedéséről a kora újkor folyamán. Az 1650-es évek közepi sokkőzpontú járvány inkább arra enged következtetni, hogy egy vagy több európai rezervoár (gyűjtőhely) szolgált a baktérium fészkekül a kora újkor folyamán.⁵⁸

⁴⁹ MNL OL P 1314 Nr. 22 558., 20 124. (Iványi 1965: 137–138. sz.). Vö. Koltai 2012: 234–235.

⁵⁰ Granasztói 1970: 311–312; D. Szakács 2013: 246–251.

⁵¹ A Mediterráneum e téren sokkal jobban feldolgozott. Lásd Ibériára: González 1982; Itáliára: Fusco 2009: 115–138; Fosi 2007; Alfani 2013: 408–430; Közép-Európára: Eckert 2000: 9–11.

⁵² MNL OL P 1314 Nr. 29 724. (Iványi 1965: 269. sz.)

⁵³ MNL OL P 1314 Nr. 29 730. (Iványi 1965: 276. sz.); MNL OL P 1314 Nr. 200 52. (Iványi 1965: 278. sz.)

⁵⁴ Ayalon 2015: 72, 87. A járvány hódoltsági jelenlétére lásd a Budára vonatkozó napi 180 fős, nyilvánvalóan túlzó halálozási adatot: MNL OL P 1314 Nr. 44 953. (Iványi 1965: 286. sz.)

⁵⁵ Eckert 2000: 9–11.

⁵⁶ Wyrobisz 2000: 165–181.

⁵⁷ Curtis 2020: 145, 148–150. Vö. Eckert 2000: 9–11. részben eltérő adatait.

⁵⁸ Seifert et al. 2016. Ezt feltételezi a magyarországi adatok alapján: Faragó 2005: 46.

KONKLÚZIÓK. A kora újkori európai hétköznapiak egyik megszokott járványos betegsége volt a pestis. Ha a betegség kora újkori megjelenését vizsgáló európai kutatásokból indulnánk ki, azt hihetnénk, hogy a Kárpát-medencét és részben Közép-Európa más területeit jóformán elkerülte, miképpen ezt a középkori nagy pestisjárvány (1347–1352) esetében is feltételezik.⁵⁹ Ez a kép két szempontból is árnyalásra szorul. Egyfelől a fent hivatkozott forrásgyűjtések (Magyary-Kossa, Réthly) már majd egy évszázada rámutattak arra, hogy a Magyar Királyság, Erdély és az Oszmán Birodalom Kárpát-medencei területei esetében is hasonló gyakorisággal látjuk megjelenni a pestist, mint Európa más részein. Az igaz, hogy kevesebb kísérlet történt eddig az egyes esetek feldolgozására – különösen igaz ez a 16–17. századra vonatkozóan –, nagyobb pestis-adatbázisok kiépítésére, illetve a hazai eredmények kommunikációjára a nemzetközi járványtörténeti kutatások irányába. Ennek főképp az lehetett az oka, hogy az anyakönyvi adatokat megelőző korszak esetében általában nem feltételezte a kutatás, hogy az egyes pestis- említések összegyűjtésénél több információt szolgáltathatnak a források. Ebből az időszakból is nyerhetünk ugyanakkor képet egy-egy pestisjárvány súlyosságáról, lefolyásáról, amennyiben sikerül bevonni újabb és újabb forráscsoportokat a vizsgálódásba. Ilyenek lehetnek akár a városi tanácsulési jegyzőkönyvek,⁶⁰ akár az e munkában is részletezett magánlevelek.

Lehetséges, hogy sosem fogjuk részleteiben megismerni a késő középkori és kora újkori Kárpát-medencei pestisjárványok demográfiai, gazdasági, társadalmi jelentőségét, és egészen biztosan nem tudjuk még azt sem megmondani, hogy a 17. században a Magyar Királyság vagy Erdély lakosságának mekkora része vált a pestis áldozatává. Ugyanakkor annyi információt össze tudunk gyűjteni a fennmaradt írott forrásanyagból, ami segít európai összefüggésbe helyezni a járványt, valamint eldöntheti a kérdést, hogy valóban egy, az egész Kárpát-medencét érintő problémát jelentett a pestis a kora újkorban vagy sem.

IRODALOM

- Alfani, Guido: Plague in Seventeenth-Century Europe and the Decline of Italy: an Epidemiological Hypothesis. *European Review of Economic History* 17. (2013) 408–430.
- Atanasiu, V. et al.: *Yersinia. Georeferences for Places of Plague Occurrence in Europe 1347–1600*. H. n. 2008.
- Ayalon, Yaron: *Natural Disasters in the Ottoman Empire Plague, Famine, and Other Misfortunes*. Cambridge 2015.
- Bal Jeromos et al. (kiad.): *Hain Gáspár lőcsei krónikája*. I. Lőcse 1910.
- Balázs Péter: *Egészségügyi szabályozás a XVIII. század végén. Magyar Királyság és Erdély I–II. Rendeletek és tervezetek, 1770–1793*. (Magyar Tudománytörténeti Szemle Kiskönyvtára 112.) Bp. 2016.
- Bán Péter: A nyugat-dunántúli Batthyány-uradalmak birtokigazgatási rendszere a XVII. század első felében. *Agrártörténeti Szemle* 19. (1977) 24–71.
- Benkő József (közl.): *Haller Gábor naplója 1630–1644*. (Erdélyi Történelmi Adatok IV.) Kolozsvár 1862.
- Bobory Dóra: *Batthyány Boldizsár titkos tudománya. Alkímia, botanika és könyvgyűjtés a tizenhatodik századi Magyarországon*. (Mikrotörténelem) Bp. 2018.
- Bolyki János: Komáromi Csipkés György: Pestis Pestise (1664). *Orvostörténeti Közlemények* 86. (1978) 4, 87–89.
- Bos, K. I. et al.: A Draft Genome of *Yersinia Pestis* from Victims of the Black Death. *Nature* 478. (2011) 506–510.
- Büntgen, Ulf et al.: Digitizing Historical Plague. *Clinical Infectious Diseases* 55. (2012) 1586–1588.
- Campbell, Bruce M. S.: *The Great Transition. Climate, Disease and Society in the Late-Medieval World*. Cambridge 2016.
- Curtis, Daniel R.: Was Plague an Exclusively Urban Phenomenon? Plague Mortality in the Seventeenth-Century Low Countries. *The Journal of Interdisciplinary History* 47. (2016) 139–170.
- Czigány István: I. Rákóczi György erdélyi fejedelem királyellenes hadjárata a harmincéves háborúban (1644–1645). *Acta Academiae Agriensis, Sectio Historiae* 44. (2017) 75–96.
- Csáki Árpád: Szárazság és pestis Háromszéken 1717–1720-ban. *Acta Siculica* [4.] (2010) 277–287.
- D. Szakács Anita: Az 1650-es évek pestisjárványai Sopronban. *Soproni Szemle* 67. (2013) 246–251.
- Dávid Zoltán: Az 1738. évi pestisjárvány pusztítása. *Orvostörténeti közlemények* 69–70. (1973) 75–130.

⁵⁹ Atanasiu et al. 2008; Büntgen et al. 2012: 1586–1588; Izdebski et al. 2022.

⁶⁰ Lásd például Sopron esetét: D. Szakács 2013; illetve Granasztói 1970.

- Dominkovitsné Szakács Anita (szerk.): A Petz János Gottliebnek tulajdonított XVII. századi soproni krónika. (Sopron Város Történeti Forrásai C sorozat 6.) Sopron 2008.
- Eckert, Edward A.: The Retreat of Plague from Central Europe, 1640–1720: A Geomedical Approach. *Bulletin of the History of Medicine* 74. (2000) 1–28.
- Eckert, Edward A.: *The Structure of Plagues and Pestilences in Early Modern Europe. Central Europe, 1560–1640*. Basel 1996.
- Faragó Tamás: Adatok a pestisjárványok magyarországi történetéhez A máramarosi példa. *Korall* 8. (2007) 30. sz. 19–60.
- Faragó Tamás: Humanitárius katasztrófák Máramaros vármegyében a középkortól az első világháborúig I. *Történeti demográfiai évkönyv* 6. (2005) 19–78.
- Fialová, L. – Maur, E.: Příspěvek ke studiu přirozené měny obyvatelstva čech V 16. A první polovině. *Historická Demografie* 41. (2017) 3–37.
- Fosi, Irene (ed.): *La peste a Roma (1656–1657)*. Roma 2007.
- Fusco, I.: La peste del 1656–58 nel Regno di Napoli: diffusione e mortalità. *Popolazione e storia* 10. (2009) 115–138.
- Gecser Ottó – Szende Katalin: Hans Saltzmann, az 1510-es pestisjárvány és a nagyszebeni vesztegzár. *Századok* 156. (2022): 9–24.
- Géra Eleonóra: Az Apokalipszis lovasai Budán (1710–1723). *Fons. Forráskutatás és Történeti Segédtudományok* 19. (2012) 139–160.
- González, Jesús Maiso: La peste aragonesa de 1648 a 1654. Zaragoza 1982
- Granasztói György: Becslés Sopron XVI–XVII. századi lélekszámára. *Történelmi Szemle* 13. (1970) 275–325.
- Green, Monica H.: The Four Black Deaths. *The American Historical Review* 125. (2020) 1601–1631.
- Heimler Károly (közread): Payr György és Payr Mihály krónikája 1584–1700. (Soproni krónikák 2.) Sopron 1942. 32.
- Hetyéssy István: Sopron vármegye 1646. évi tisztújító közgyűlésének előzményei és Nádasdy Ferenc. *Soproni Szemle* 25. (1971) 269–271.
- Ipolyi Arnold: Veresmarti Mihály élete és munkái. XVII. századi magyar író. Korrajz a hitujítás idejéből. Bp. 1875.
- Iványi Béla: *Részletek a magyarországi fertőző betegségek történetéből. Adatok a körmen di levéltárból, a pestis XVI–XVII. századi történetéhez, 1510–1692*. (Communicationes ex Bibliotheca Historiae Medicae Hungarica. Supplementum 3.) Bp. 1965.
- Izdebski, Adam et al.: Palaeoecological Data Indicates Land-Use Changes Across Europe Linked to Spatial Heterogeneity in Mortality during the Black Death Pandemic. *Nature. Ecology and Evolution*. doi: 10.1038/s41559-021-01652-4
- Kádár Zsófia: Jezsuita vezetésű vallásos társulatok Magyarországon a 17. században (1582–1671). *Századok* 148. (2014) 1229–1272.
- Kaniewski, David – Marriner, Nick: Conflicts and the Spread of Plagues in Pre-Industrial Europe. *Humanities and Social Sciences Communications* 7. (2020) 162. sz.
- Kincses Katalin Mária: „Im küttem én orvosságot” Lobkowitz Poppel Éva levelezése 1622–1640. (Régi Magyar Történelmi Források 3.) Bp. 1993.
- Koltai András: Batthyány Ádám. Egy magyar főúr és udvara a XVII. század közepén. (A Győri Egyházmegyei Levéltár Kiadványai Források, feldolgozások 14.) Győr 2012.
- Krauss, Georg: *Siebenbürgische Chronik des Schässburger Stadtschreibers I. 1608–1665*. (Fontes Rerum Austriacarum. Erste Abteilung, Scriptores III.) Wien 1862.
- Magyary-Kossa Gyula: Magyar orvosi emlékek. Magyar orvostörténeti adattár (1000–1700). (Értekezések a magyar orvostörténelem köréből 3.) Bp. 1931.
- Melegh Attila: Kiskunhalas népesedéstörténete a 17. század végétől a 20. század elejéig. (Központi Statisztikai Hivatal Népeségtudományi Kutatóintézetének kutatási jelentései 65.) Bp. 2000.
- MNL OL P 1314: Magyar Nemzeti Levéltár Országos Levéltára P 1314 Családok, személyek, testületek és egyesületek iratai, Családi fondok, levéltárak, A herceg Batthyány család levéltára. Missiles
- MNL OL X Magyar Nemzeti Levéltár Országos Levéltára X. Másolatok gyűjteménye

- Moess Alfréd – M. Román Éva: Az utolsó nagy pestisjárvány Debrecenben. Adalékok az 1739. évi járvány történetéhez. In: *A Hajdú-Bihar Megyei Levéltár évkönyve* 7. Szerk. Gazdag István. Debrecen 1980. 117–130.
- Novák László: Pestis-, himlő- és kolerajárványok Pest-Pilis-Solt vármegyében a XVIII–XIX. században. In: *Bács-Kiskun megye múltjából* IV. Szerk. Iványosi-Szabó Tibor. Kecskemét 1982. 275–392.
- Outram, Quentin: The Socio-Economic Relations of Warfare and the Military Mortality Crises of the Thirty Years' War. *Medical History* 45. (2001) 2. sz. 174–180.
- Óri Péter: A pestisjárványok demográfiai következményei a 17–18. századi Magyarországon. In: *Történeti demográfiai évkönyv, 2005*. Szerk. Faragó Tamás – Óri Péter. Bp. 2006. 115–162.
- Parker, Geoffrey: *Global Crisis: War, Climate Change and Catastrophe in the Seventeenth Century*. New Haven 2013.
- Ráth Károly (közl.): Gróf Eszterházy Miklós nádor levelei. *Magyar Történelmi Tár* 1. sorozat 8. (1861) 1–208.
- Réthy Antal: Időjárási események és elemi csapások Magyarországon 1700-ig. Bp. 1962.
- Schultheiss [sic!], Emil – Tardy, Lajos: Short History of Epidemics in Hungary until the Great Cholera Epidemic of 1831. *Centaurus* 11. (1966) 279–301.
- Seifert, Lisa et al.: Genotyping Yersinia Pestis in Historical Plague: Evidence for Long-Term Persistence of Y. Pestis in Europe from the 14th to the 17th Century. *PLoS [Public Library of Science] ONE* 11. (2016) 1. sz.
- Seres István: A pestis Kötegyánban és Sarkadon 1738-ban. Adatok Kötegyán úratelepüléséhez. In: *A Békés Megyei Múzeumok Közleményei*, 33. Szerk. N. Varga Éva – Szatmári Imre. Békéscsaba 2009. 95–135.
- Spyrou, M. A. et al.: Phylogeography of the Second Plague Pandemic Revealed Through Analysis of Historical Yersinia Pestis Genomes. *Nature Communications* 10. (2019) 4470. sz.
- Szilágyi Sándor (szerk.): Levelek és okiratok I. Rákóczy György keleti összeköttetései történetéhez. 1644. sept. – 1645. jan. Bp. 1883.
- Takáts Sándor: Orvosságtudakozás és orvoslás a hódoltság korában. In: Uő: *Rajzok a török világból*. 3. köt. Bp. 1917. 93–135.
- Tóth G. Péter: Félelem és rettegés a pestistől. Egyéni és kollektív szenvedéstörténetek. In: *Népi vallásosság a Kárpát-medencében* 5. Konferencia Pápán 1999. június 22–24. II. köt. Szerk. S. Lackovits Emőke – Mészáros Veronika. Veszprém 2001. 361–396.
- Tóth István György: A remeterend vándormisszionáriusa: Vanoviczi János, az első pálos misszionárius levelei, 1642–1677. *Levéltári Közlemények* 72. (2001) 1–2. sz. 187–245.
- Tóth István György: Galántáról Japánba. Olasz misszionáriusok a 17. századi Magyarországon és Erdélyben. *Századok* 135. (2001) 819–890.
- Tóth G. Péter: „Ezen három szó: hamar, messze, későn pestis ellen orvosságod leszön.” Túlélési stratégiák és elvek pestisjárványok idején. 1737–1745. *Ethnographia* 106. (1995) 751–786.
- Vadas András: A Batthyány uradalomrendszer és a 17. század első felének pestisjárványai. *Századok* 156. (2022): 25–46.
- Varlik, Nükhet: *Plague and Empire in the Early Modern Mediterranean World: The Ottoman Experience, 1347–1600*. New York 2015.
- Vekérdi László (gyűjt.): A XVIII. századi magyarországi és erdélyi pestisjárványokhoz kapcsolódó főbb szakirodalmi források (1700–1944). Folyt. és s. a. r. Gazda István. *Kaleidoscope. Művelődés-, Tudomány- és Orvostörténeti Folyóirat* 8. (2017) 14. sz. 188–206.
- Wyrobisz, Andrzej: Misericordia pestis tempore. Attitudes and Behaviour During Pestilences in Early Modern Poland (16th–18th Centuries). *Acta Poloniae Historica* 81. (2000) 165–181.
- Zimányi Vera: A pestisbetegségek leírása és egyéb intézkedések a 17. század közepén a Batthyány birtokon. In: *In memoriam Barta Gábor. Tanulmányok Barta Gábor emlékére*. Szerk. Lengvári István. Pécs 1996. 285–289.
- Zimányi Vera: A rohonc-szalonaki uradalom és jobbágysága a XVI–XVII. században. Bp. 1968.

**LIFE17 IP/HU/000017 - LEVEGŐMINŐSÉG JAVÍTÁSA 8 RÉGIÓBAN A LEVEGŐMINŐSÉGI
TERVEK VÉGREHAJTÁSÁNAK ELŐSEGÍTÉSÉVEL**
**LIFE17 IP/HU/000017 - IMPROVING AIR QUALITY AT EIGHT HUNGARIAN REGIONS THRO-
UGH THE IMPLEMENTATION OF AIR QUALITY PLAN MEASURES**

**Babcsány Ildikó, Bezegh Barbara, Szigeti Tamás, Koplányi Nóra, Laukó-Doró Viktória,
Simon Dóra, Józsa Orsolya**

Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft., Budapest, Magyarország, *babcsany.ildiko@hoi.hu*

ÖSSZEFOGLALÁS. A LIFE IP HungAIRy projekt célja a környezeti levegő minőségének javítása 10 magyarországi településen (Békéscsaba, Budapest, Debrecen, Eger, Kaposvár, Karcag, Miskolc, Pécs, Szolnok, Tatabánya), az ország 8 régiójában. A projekt 2019. január 1-én indult és 2026. december 31-ig tart. A projekt keretében öko-menedzser hálózat jött létre a résztvevő települések kapacitásbővítése érdekében. A hálózat szakértőinek feladatai közé tartozik többek között (i) figyelemfelkeltő kampányok szervezése, (ii) a levegőminőségi tervek két-évenkénti felülvizsgálata, (iii) a finanszírozási programok és pályázati felhívások nyomon követése. Fejlesztés alatt áll egy, a különböző intézkedések levegőminőségre gyakorolt hatásának előrejelzésére szolgáló döntéstámogató eszköz. Ez az eszköz a levegőminőségi tervek felülvizsgálata során nyújt majd segítséget a partnereknek. Két új levegőminőségi monitoring állomás épül Békéscsabán és Kaposváron, ahol még nem volt ilyen állomás. Egy 60, alacsony költségű szenzorból álló PM monitoring hálózat kezdte meg működését Miskolcon. A hálózat a későbbiekben tovább bővül és Kaposváron is kiépül. Különböző pilot tevékenységek valósulnak meg a lakossági és a közlekedési eredetű kibocsátások csökkentése érdekében (pl. kerti hulladék égetésének szabályozása, távfűtés támogatása, szemléletformáló park- és zöldterület fejlesztés, zöldfelületi kataszter, lakóépületek energetikai felújítása, beltéri levegő minőség monitoring; rakodási helyfoglalási rendszer, intelligens forgalomirányítási és parkolási rendszer kifejlesztése, mérő- és információs kapuk, új mini közbicikli rendszerek). A mezőgazdasági kibocsátások csökkentését egy önkéntes program célozza meg. A tűzifa ellátási lánc optimalizálása érdekében egy kérdőíves felmérés, és két településre elkészített intézkedési terv tapasztalatai alapján nemzeti stratégiára készül javaslat. Különböző, felnőtteket és gyermekeket célzó kommunikációs anyagok készültek, valamint több országos figyelemfelkeltő kampányt is szerveztek. Egy nemzetközi konferencia keretében bemutakoztak a levegőminőség javítását célzó kezdeményezések, különösen a LIFE programban támogatott projektek, megosztották egymással a jó gyakorlataikat, megvitatták eredményeiket. A projekttevékenységek mellett számos további intézkedést kell megtenni nemzeti, regionális és helyi szinten a légszennyezés jelentős csökkentése érdekében, így a LIFE IP Magyarország partnerei az új javaslatok előmozdítására és integrálására is összpontosítanak.

ABSTRACT. The LIFE IP HungAIRy aims to improve ambient air quality in 10 Hungarian municipalities (Békéscsaba, Budapest, Debrecen, Eger, Kaposvár, Karcag, Miskolc, Pécs, Szolnok, Tatabánya) across 8 of the country's regions. The project officially started on 1 January 2019 and will be completed on 31 December 2026. In the frame of the project, an eco-manager network has been established to increase capacities at the participating municipalities. Tasks of the experts of the network include, among others, (i) organization of awareness raising campaigns, (ii) biannual revision of air quality plans, (iii) monitoring the funding programs and open calls. A decision support tool for predicting the impact of different measures on air quality is under development. This tool will provide support to the partners during the revision of the air quality plans. Two new air quality monitoring stations are under construction in Békéscsaba and Kaposvár that have not had monitoring stations yet. A particulate matter monitoring network including 60 low-cost sensors has started its operation in Miskolc. This network will be further extended and established in Kaposvár, too. Different pilot activities on the reduction of residential and traffic emissions are under development (e.g. regulation of burning of garden waste, promotion of district heating, awareness raising park and green area development, Green Cadastre, increasing energy efficiency and energy savings in dwellings, indoor air quality monitoring; city logistics, development of a smart traffic control and parking system, establishment of sensor and measurement gates, new mini public bicycle systems). The reduction of the agricultural emissions is targeted by a voluntary programme. A proposal for a

national strategy is being prepared on the optimization of the biomass supply chain based on a questionnaire and action plans prepared at two partner municipalities. Different communication materials targeting adults and children have already been produced as well as several national awareness raising campaigns have been organized. In the frame of an international conference, air quality improvement initiatives, especially those supported from the LIFE programme introduced themselves, shared their good practices, discussed their results. Besides the project activities, several actions must be taken at national, regional, and local levels to considerably reduce air pollution, thus the partners of the LIFE IP Hungary are focusing on facilitating and integrating new proposals.

A KONFERENCIÁN BEMUTATOTT DIÁK



LIFE17 IP/HU/000017

LEVEGŐMINŐSÉG JAVÍTÁSA 8 RÉGIÓBAN A LEVEGŐMINŐSÉGI TERVEK VÉGREHAJTÁSÁNAK ELOSEGÍTÉSÉVEL

Babcsány Ildikó
Ökomenedzser Tudásközpont vezető
Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft.
Nemzetközi Projektek Igazgatósága

V. ORVSMETEOROLÓGIAI KONFERENCIA
ONLINE, 2021. 12. 09-10

A PROJEKT FŐBB ADATAI



Projekt időtartam: 2019. január 1. – 2026. december 31., 4 x 2 éves fázisok
Kordináló kedvezményezett: Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft.
Együttműködő partnerek: 19 projekt partner
OMSZ, VITO, A Mindennapi Kultúráért Egyesület, Miskolci Egyetem, 10 önkormányzat és szolgáltató vállalatok: Békéscsaba, Budapest, Debrecen, Eger, Kaposvár, Karcag, Miskolc, Pécs, Szolnok, Tatabánya
Projekt költségvetése: 15 967 741 €
Európai uniós támogatás: 60%



2

HIÁNYOSSÁGOK - A LEVEGŐMINŐSÉGI TERVEK VÉGREHAJTÁSÁNAK GAP ANALÍZISE



- Tudományos háttér hiánya:** a helyi tervezéshez szükséges emissziós és immissziós adatok a leghatékonyabb intézkedések meghatározásához
- Pénzügyi források hiánya** – Számos projekt indult a levegőminőség javítására az adott levegőminőség vagy az AQP-k mélyreható/alapos elemzése nélkül
- Ismeretek hiánya** a környezetbarát, energiatakarékos lakossági fűtésről és a környezetbarát közlekedésről
 - A háztartási fűtési szokások és az energiahatékonyság szempontjából ritkán veszik figyelembe a környezetvédelmi kérdéseket
 - A közösségi közlekedés használata javítható
- Együttműködési nehézségek** a szereplők között

3

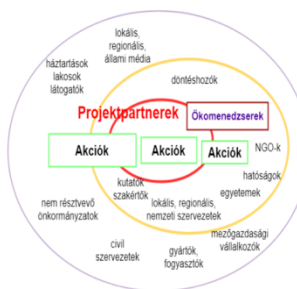
IP CÉLKITŰZÉSEI



- Döntéshozók támogatása helyi adatokkal és modellel
- Légszennyezés-megelőzési tanácsadói hálózat létrehozása
- A pénzügyi források felhasználási hatékonyságának növelése
- A környezettudatosság növelése, érzékenyítés
- A lakosság támogatása a levegőminőség javítását célzó pályázatok hatékony benyújtásában
- A tudásátadás és a bevált gyakorlatok terjesztése országos és nemzetközi szinten

4

STAKEHOLDEREK



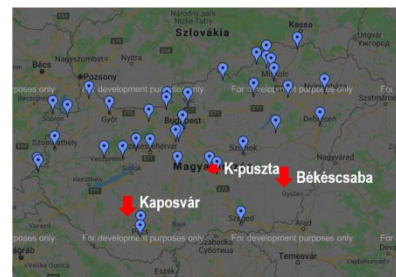
- Projekt partnerek
- Fő stakeholderok: kormányhivatalok, Agrárminisztérium, gazdák, levegőminőségi szakértők
- Egyéb stakeholderok: lakosok, civil szervezetek, nem résztvevő önkormányzatok



TANÁCSADÓ TESTÜLET
több, mint 40 tag

5

TEVÉKENYSÉGEK I. – ÚJ LÉGSZENNYEZETTSÉGI MÉRŐÁLLOMÁSOK TELEPÍTÉSE



<http://levegominoseg.hu/>

6

TEVÉKENYSÉGEK II. – DÖNTÉSTÁMOGATÓ, LEVEGŐMINŐSÉG-MODELLEZŐ ESZKÖZ FEJLESZTÉSE



Online elérhető alkalmazás a levegőminőség javítását célzó intézkedések levegőminőségre gyakorolt hatásának meghatározásához



Példa: közlekedésre vonatkozó intézkedés hatása Budapesten

⇒ következő előadás

7

TEVÉKENYSÉGEK III. – ÖKOMENEDZSER HÁLÓZAT FELÁLLÍTÁSA



- Levegőminőségi tervek megújítása
- Környezetvédelmi és levegőtisztaság-védelmi célú projektek felkutatása
- Lakossági tanácsadás
- Szemléletformálás

23 fő ökomenedzser



8

TEVÉKENYSÉGEK IV. – LAKOSSÁGI EREDETŰ KIBOCSÁTÁSOK CSÖKKENTÉSE



távfütes népszerűsítése – Budapest
szemléletformáló park és zöldterület fejlesztés – Debrecen
komposztáló program – Miskolc
valós idejű levegőminőség monitoring – Miskolc és Kaposvár
zöldfelületi kataszter, lakóépületek energetikai felújítása, beltéri levegő minőség monitoring – Pécs



pmmonitoring.hu

9

TEVÉKENYSÉGEK V. – KÖZLEKEDÉSI EREDETŰ KIBOCSÁTÁSOK CSÖKKENTÉSE



mini közbringa rendszer – Békéscsaba, Eger, Tatabánya
city logisztika – rakodási hely-foglalási rendszer – Budapest
okos forgalom-irányítási rendszer – Szolnok
okos parkolási rendszer – Szolnok, Pécs
mérő és információs kapuk – Tatabánya

10

MEZŐGAZDASÁGI ÖNKÉNTES PROGRAM



Jó gyakorlatok gyűjteménye

- Alacsonyabb kibocsátással jellemezhető technológiák
- Növénytermesztés és állattenyésztés

Önkéntesek toborzása és képzése

- Nemzeti Agrárgazdasági Kamara bevonása
- Két munkaértekezlet került megtartásra 2020-ban
- További munkaértekezletek megtartására van szükség

Önkéntes program

- Jó gyakorlatok alkalmazása
- Nyomon követés
- Jó gyakorlatok gyűjteményének fejlesztése

2019 2020 2021 2022 ...

11

TŰZIFA ELLÁTÁSI LÁNC OPTIMALIZÁLÁSA



Hogyan javítható a tűzifa ellátási lánc?

- átfogó tanulmány elkészítés
- helyi szintű felmérések - Békéscsaba, Eger
- kérdőíves felmérés (országos, 10 település)
- online munkaértekezlet - 2021. november 17.

Terveik:

- intézkedési terv kidolgozása két településre
- intézkedési terv nyomon követése
- nemzeti stratégia kidolgozása



12

LEVEGŐMINŐSÉGI TERVEK FELÜLVIZSGÁLATA



13

KIEGÉSZÍTŐ AKCIÓK



Akció/intézkedés típusa	Akciók/intézkedések száma	Az akció/intézkedés megvalósítására tervezett költség (EUR)	Az akció/intézkedés megvalósítására elkölthető összeg (EUR)
Energiatakarékosság növelése	176	472 739 697 EUR	236 229 660 EUR
Közlekedési eredetű kibocsátások csökkentése	41	316 717 958 EUR	201 218 433 EUR
Zöldfelületek fejlesztése	24	36 186 395 EUR	19 182 808 EUR
Szemléletformálás	3	109 603 EUR	12 490 EUR
Összesen	244	825 733 652 EUR	456 643 390 EUR

Megjegyzés: A táblázatban szereplő adatok a 2021. március 17-i állapotot mutatják.

14

SZEMLÉLETFORMÁLÁS



Kiemelt témakörök

- környezetbarát szilárd tüzelés
- komposztálás, zöldhulladék kezelése
- háztartások energiahatékonysága
- kerékpáros közlekedés
- elektromobilitás
- környezettudatos autózás

Eredménytermékek

- szakmai háttéranyag
- útmutató önkormányzatok részére
- kommunikációs anyagok
- képzések a partnerek számára

Célcsoportok

- felnőttek
- gyermekek

15

SZEMLÉLETFORMÁLÁST SEGÍTŐ KOMMUNIKÁCIÓS ANYAGOK



16

ORSZÁGOS SZEMLÉLETFORMÁLÁSI KAMPÁNYOK I.



Tiszta levegő a kék égboltért nemzetközi nap (szeptember 7.)

- Online oktatási csomag (óravázlat, oktatási segédletek) került összeállításra, mely elérhető a pedagógusok számára
- Célcsoport: általános iskolás gyermekek és az őket tanító pedagógusok
- Mintaórák kerültek megtartásra számos partnertelepülésen 2020-ban és 2021-ben is
- Elérések száma: ~1500 gyermek



Bővebb információ: <http://www.hungairy.hu/tiszta-levegő>

17

ORSZÁGOS SZEMLÉLETFORMÁLÁSI KAMPÁNYOK II.



KomPOSztold (2021-2022)

komposztálás népszerűsítése a partner településeken különböző akciók:

- keretoztas a lakosságnak
- keretoztas oktatási intézményeknek
- ismeretterjesztő előadások
- pályázat kiírása
- közösségi komposztáló pont kialakítása
- aprítógép beszerzése bérbeadás céljából



Bővebb információ: <http://www.hungairy.hu/tiszta-levegő>

18

ORSZÁGOS SZEMLÉLETFORMÁLÁSI KAMPÁNYOK III.



1. Ne csak tekAIRj, láss is! (2021)

Pályázatot hirdettünk a lakosság részére, melynek során egy rövid videón keresztül bemutathatták azokat a természetes vagy épített látványosságokat, melyekkel a kerékpározás során találkozhatnak.



2. TekAIRd körbe! (2022)

Egy játékos verseny keretében próbáljuk a kerékpárral történő közlekedést megszerettetni a gyermekekkel.

3. TekAIRj a városodért! (2022)

Egy verseny, melyben minden egyes kerékpárral megtett kilométer számít.

Bővebb információ: <http://www.hungairy.hu/node/309>

19

ORSZÁGOS SZEMLÉLETFORMÁLÁSI KAMPÁNYOK IV.



Környezetbarát fatüzelés napja (AMKE)

- Osztórák Kályhas Szövetség (ÖKV) indította útjára, hazánkban 2017-2019 között megrendezték
- a környezetbarát fatüzelést megismertető, népszerűsítő programsorozat
- Népszerűsítést végeztek: Ökomenedzser Hálózat munkatársai és a Magyarországi Cserépkályhások, Kandallóépítők és Gyártók Országos Ipartestületének (MACSOL) tagjai



Bővebb információ: <http://www.hungairy.hu/node/318>

20

INTERNATIONAL CONFERENCE ON AIR POLLUTION – MOVING TOWARDS CLEAN AIR FOR EUROPE



- online nemzetközi konferencia a HungAIRy LIFE IP szervezésében
- cél: a levegőtisztaság javítását célzó kezdeményezések, különösen a LIFE programban támogatott projektek bemutatása, a jogszabályok megosztása, az eredmények megvitatása
- résztvevők száma: 88 fő
- 2 plenáris előadás (Európai Bizottság, Egészségügyi Világszervezet), 20 szóbeli előadás (11 országból), 4 e-poszter
- a konferencia kiadványa elérhető a HungAIRy projekt honlapján
- hamarosan az előadások is elérhetőek lesznek

Bővebb információ: <http://www.hungairy.hu/node/332>

21

KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!



Babcsány Ildikó
Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft.
Nemzetközi Projektek Igazgatósága

www.hungairy.hu
hungairy@hoi.hu
+36 30 726 1551

facebook.com/hungairy



A LIFE IP HUNGAI (LIFE17 IPE/HU/000017) projekt az Európai Unió LIFE programjának támogatásával valósul meg.

22

A HUNGAI RY LIFE INTEGRÁLT PROJEKT KERETÉBEN FEJLESZTETT ATMO-PLAN DÖNTÉSTÁMOGATÓ ESZKÖZ BEMUTATÁSA

ATMO-PLAN ASSESSMENT AND DECISION SUPPORT TOOL APPLIED FOR THE HUNGAI RY LIFE INTEGRATED PROJECT

Viaene Peter¹, Ferenczi Zita², Kis-Kovács Gábor², Labancz Krisztina²,
Baranka Györgyi²

¹Flemish Institute for Technological Research, Brussels, Belgium, ² Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest, Magyarország, *labancz.k@met.hu*

ÖSSZEFOGLALÁS. A LIFE IP HungAIRy projekt célja a környezeti levegő minőségének javítása 10 magyarországi településen (Békéscsaba, Budapest, Debrecen, Eger, Kaposvár, Karcag, Miskolc, Pécs, Szolnok, Tatabánya), az ország 8 régiójában. A projekt 2019. január 1-én indult és 2026. december 31-ig tart.

Az ATMO-PLAN egy olyan tervező és döntéstámogató rendszer, melynek használatával a projektben résztvevő települések kipróbálhatják és számszerűsíthetik azokat az intézkedéseket, melyekkel városuk levegőminőségének javítását szeretnék elérni. Az ATMO-PLAN rendszert a Belgiumban működő Flamand Technológiai Kutatóintézetben fejlesztették ki. A HungAIRy projekt során a rendszert az Országos Meteorológiai Szolgálatnál telepítjük, itt látjuk el a szükséges bemenő paraméterekkel (háttérszennyezettségi mezők, meteorológiai adatok és országos kibocsátási adatok). A projektben résztvevő települések felhasználóként tudnak belépni a rendszerbe, mint online szimulációs platformba, és térképes applikáció segítségével tudják beállítani a kívánt intézkedéseket, és a modell futtatásával tudják számszerűsíteni az intézkedések hatását.

A rendszerben két intézkedési típus hatását vizsgálhatják meg a települések. Közlekedési intézkedések tervezésénél változtathatják az aktivitást az autók számának vagy az általuk megtett távolságnak a csökkentésével, vagy változtathatják a gépjárművek kibocsátásának mértékét sebességhatározással, vagy bizonyos járműtípusok használatának tiltásával. Az intézkedések irányulhatnak a lakossági fűtésből származó kibocsátások mérséklésére is (házak szigetelése, energiatakarékosabb fűtési berendezések, fűtésrendszer változtatása, jobb minőségű tüzelőanyag és tüzelési technológia alkalmazása).

A projekt első részében a közlekedési intézkedések hatásának vizsgálatát kezdtük el, melynek keretében megvizsgáltuk járművek kitiltásának hatását (Lánchíd lezárása), elemeztük a szmoghelyzetben Budapesten bevezetett intézkedések hatását (elérjük-e a célunkat pusztán a közlekedés korlátozásával). Az előadásban részletesen bemutattuk az erre vonatkozó esettanulmányokat.

ABSTRACT. The LIFE IP HungAIRy aims to improve ambient air quality in 10 Hungarian municipalities (Békéscsaba, Budapest, Debrecen, Eger, Kaposvár, Karcag, Miskolc, Pécs, Szolnok, Tatabánya) across 8 of the country's regions. The project has officially started on 1 January 2019 and will be completed on 31 December 2026. The ATMO-PLAN is a planning and decision support system that allows municipalities participating in the project to test and quantify the measures they want to take to improve air quality in their city. The ATMO-PLAN system was developed at Flemish Technological Research Institute in Belgium. During the HungAIRy project, the system will be installed at Hungarian Meteorological Service, where we will provide the necessary input parameters (background pollution fields, meteorological data and national emission data). The municipalities participating in the project can access the system as a user using an online simulation platform, and with the help of a map application they can set the desired measures and multiply the effect of the measures by running the model. In the system, municipalities can examine the impact of two types of measures. When planning transport measures, they can change the activity by reducing the number of cars or the distance they travel, or they can change the amount of emissions from vehicles by limiting the speed or prohibiting the use of certain types of vehicles. Measures may also be aimed at reducing emissions from residential heating (insulation of houses,

more energy-efficient heating equipment, changes to the heating system, use of better quality fuel and combustion technology).

In the first part of the project, we started to investigate the impact of transport measures, examining the impact of banning vehicles (closing the Chain Bridge) and analyzing the impact of the measures introduced in smog incident in Budapest (whether we can achieve our goal simply by restricting traffic). In this presentation, the relevant case studies are presented in detail.

A KONFERENCIÁN BEMUTATOTT DIÁK



A HungAIRy LIFE integrált projekt keretében fejlesztett ATMO-PLAN döntéstámogató eszköz bemutatása

Peter Viaeue – VITO
Ferenczi Zita – OMSZ
Kis-Kovács Gábor – OMSZ
Labancz Krisztina – OMSZ



V. Orvosmeteorológiai Konferencia, Budapest, 2021. december 8-9.



Az ATMO-PLAN döntéstámogató eszköz

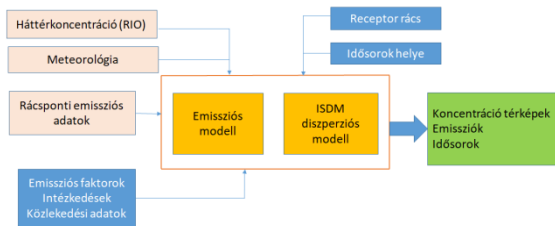
- Online szimulációs platform, mely segíti a leghatékonyabb intézkedések tervezését a levegőminőség javítása érdekében.
- Európában széleskörűen használt adatbázisokra épül, mint a CAMS, OpenStreetMaps.
- A felhasználók a saját céljaiknak megfelelően testreszabhatják.
- A felhasználók emissziócsökkentési szcenáriókat definiálhatnak az eszköz segítségével.



V. Orvosmeteorológiai Konferencia, Budapest, 2021. december 8-9.



A döntéstámogató rendszer felépítése



Háttérkoncentráció (RIO)
Meteorológia
Rácponti emissziós adatok
Emissziós faktorok
Intézkedések
Közlekedési adatok

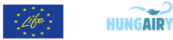
Receptor rács
Idősorok helye

Emissziós modell
ISDM diszperziós modell

Koncentráció térképek
Emissziók
Idősorok



V. Orvosmeteorológiai Konferencia, Budapest, 2021. december 8-9.



Hazai emissziós adatok

- A bemenő, hivatalos emissziós adatbázis a 2017-re vonatkozó hazai rácponti kibocsátásokat tartalmazza 5 km x 5 km felbontású rácson
- Ez minden rácspontban forrástípusonként és szennyezőanyagoként tartalmaz kibocsátási adatokat
- Külön adatbázisban vannak a magyarországi pontforrások adatai
- A Magyar Közúttól kapott adatbázisból országos közlekedési emissziós adatbázist állítottunk elő.

Ezek egy évre (2017) vonatkozó, térben változó adatok.

- Az időbeli változást beépített faktorokkal veszi figyelembe a rendszer emissziós modellje (pl. közlekedési napi és havi menetek).



V. Orvosmeteorológiai Konferencia, Budapest, 2021. december 8-9.



Felhasználói emissziós adatok

Térbeli adatok

- Városi forgalomszámlálási adatok
- Lakossági fűtésre vonatkozó adatok gyűjtése, adatbázis előállítás (ingatlan típusa, energia forrása, tüzelőberendezés típusa, környezetvédelmi besorolása, üzemanyag, szigetelés, lakók száma, stb.)

Időbeli adatok

- Városi közlekedési modell segítségével előállított közlekedési emissziós adatok
- Fűtési szokások, időbeli menetek felmérése



V. Orvosmeteorológiai Konferencia, Budapest, 2021. december 8-9.



Intézkedések tervezése

$Emisszió = Aktivitás \text{ (tevékenységi adat) } \times Emissziós \text{ faktor}$

Aktivitás: az emberi tevékenység (amely a kibocsátást okozza) mértékét számszerűsítő mennyiség

példa: közlekedés - üzemanyag-fogyasztás (liter / év)
- az autótól megtett távolság (km / év)
fűtés - fa égetése kályhában (kg / év)
- hőtermelés (J / év)

Emissziós faktor: az adott tevékenységre eső egységnyi kibocsátás

példa: közlekedés - kg NOx / liter dízel [kg/l]
- kg NOx / vezetett km [kg/km]
fűtés - kg PM2.5 / kg elégetett fa [kg/kg]
- kg PM2.5 / J fűtés [kg/J]



V. Orvosmeteorológiai Konferencia, Budapest, 2021. december 8-9.



Intézkedések tervezése - közlekedés

$Emisszió = Aktivitás \text{ (tevékenységi adat) } \times Emissziós \text{ faktor}$

Aktivitás változtatása:

csökkentsük az autók számát és/vagy kevesebb kilométert fusson egy autó

- tegyük drágábbá az autó használatot
- (bizonyos típusú) autószerkezet korlátozása: LEZ (Low Emission Zone)
- alternatívák (tömegközlekedés, kerékpárhasználat) preferálása
- útlezárások, forgalom elterelése (Lánchíd időszakos lezárása, környék építése a város körül)

Emissziós faktor változtatása:

nem minden autó típusnak ugyanaz az emissziós faktora

- (bizonyos típusú) autók használatának tiltása: LEZ
- járművek cseréjének ösztönzése
- járművek megengedett sebességének megváltoztatása



V. Orvosmeteorológiai Konferencia, Budapest, 2021. december 8-9.



Intézkedések tervezése - fűtés

$Emisszió = Aktivitás \text{ (tevékenységi adat) } \times Emissziós \text{ faktor}$

Aktivitás változtatása:

- fűtéshez szükséges energia legyen kevesebb
- házak szigetelése, energiatakarékosabb fűtési berendezések, alacsonyabb 'komfort' hőmérséklet = pulóver használata
- fűtési rendszer változtatása / emisszió ideje
- fűtési rendszer mellőzése építési helyzetben
- egyedi fűtési központi fűtésre váltás

Emissziós faktor változtatása:

- jobb minőségű tüzelőanyag és tüzelési technológia alkalmazása
- földgáz használata fa helyett
- száraz fa használata



V. Orvosmeteorológiai Konferencia, Budapest, 2021. december 8-9.

  Egy intézkedés hatásának vizsgálata - szmoghelyzet Budapesten

Mit tekintünk szmoghelyzetnek? Amikor a PM_{10} napi átlag koncentrációja meghaladja az $50 \mu g/m^3$ értéket (EU határérték).
Itt nem teljes évre számolunk, a számításokat azokra a napokra végezzük el, amikor határérték túllépés történt (vagyis szmog helyzet volt).

A levegőtisztaság javítását célzó intézkedés: adott típusú járművek használatának tiltása
A szmog helyzetben csak a hibrid járművek, az EURO2-es benzinesnél és az EURO5-ös dízelnél jobb besorolású járművek, vagy bármilyen, jobb típus (például teljesen elektromos meghajtású) jármű használata megengedett.

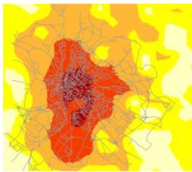
Számítási eljárás az ATMOPLAN rendszerben:
Azon jármű típusok eltávolítása a forgalomból, amelyek használata szmog helyzetben nincs engedélyezve
Az új járműpark kibocsátásának számolása, majd a koncentráció értékek meghatározása az új emissziós értékekkel
Felhasználói adatbázis (Budapest Főváros Önkormányzata): zajtérkép, BKK közlekedési modellje

V. Orvosmeteorológiai Konferencia, Budapest, 2021. december 8-9.

  Egy intézkedés hatásának vizsgálata - szmoghelyzet Budapesten

PM_{10} napi átlag szmoghelyzetben (nem teljes év)

Referencia  Szmog intézkedés 

$\mu g/m^3$

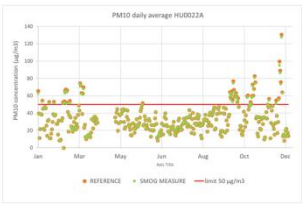
- < 40
- 40 - 45
- 45 - 50
- 50 - 55
- 55 - 59

V. Orvosmeteorológiai Konferencia, Budapest, 2021. december 8-9.

  Egy intézkedés hatásának vizsgálata - szmoghelyzet Budapesten

Budapest, Gillice tér, határérték túllépések a referencia évben



Az intézkedés hatása csak szmog helyzetben tér el a referencia időszaktól

Referencia: 48 túllépés
Intézkedés: 46 túllépés
Megengedett éves túllépések száma: 35

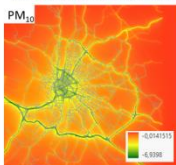
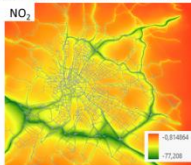
Javulás: 2-vel kevesebb esetben volt határérték túllépés

V. Orvosmeteorológiai Konferencia, Budapest, 2021. december 8-9.

  Egy intézkedés hatásának vizsgálata - szmoghelyzet Budapesten

Koncentráció értékek százalékos változása = (szcenárió - referencia) / referencia

PM_{10}  NO_2 

Az intézkedés hatása PM_{10} -re elhanyagolható, de NO_2 esetében jelentős!
A szmoghelyzet nem javult (definíció szerint), a NO_2 által okozott környezetterhelés viszont igen!

V. Orvosmeteorológiai Konferencia, Budapest, 2021. december 8-9.

  Fejlesztések 2022 év végéig

- Esettanulmányok, lehetséges intézkedések vizsgálata a résztvevő önkormányzatok részéről
- A közlekedési emissziós adatbázis fejlesztése forgalomszámlálás és forgalmi modellek segítségével
- Pontforrások ellenőrzése, az emissziós adatbázis javítása
- Lakossági fűtési szokások feltérképezése, minél több adat gyűjtése
 - Országos energetikai, kéményseprési, egyéb adatok gyűjtése
 - KSH népszámlálás (járvány miatt csúszott)
 - Résztvevő önkormányzatok saját adatgyűjtése
- Fűtési szcenáriók vizsgálata – ebből egy már elkészült Miskolcra, a zöldhulladékok égetésének tiltását célzó intézkedés vizsgálatára

V. Orvosmeteorológiai Konferencia, Budapest, 2021. december 8-9.

Köszönöm a figyelmet!



A LEVEGŐMINŐSÉGI PROBLÉMÁK TÁRSADALMI OKAI ÉS HATÁSAI, KEZELÉSÉNEK LEHETŐSÉGEI CIVIL SZEMMEL TISZTA FŰTÉS, RENDES HÁZ!

Bendik Gábor

Levegő Munkacsoport, levego@levego.hu

ÖSSZEFOGLALÁS. A Levegő Munkacsoport civil szervezetként több, mint 30 éve foglalkozik levegőminőségi kérdésekkel. Ingyenes lakossági környezeti tanácsadó irodát működtet, a megkeresések nagy része háztartási tüzeléssel kapcsolatos panasz, a szervezet leginkább innen szerzi gyakorlati tapasztalatait. A szennyezett levegő évente kb. 13.000 ember idő előtti halálát okozza Magyarországon, ami uniós összehasonlításban is rossz adatnak számít. Ez pedig csak a jéghegy csúcsa, mert rengeteg megbetegedés, és hatalmas gazdasági károk okozója a légszennyezettség. A részecskeszennyezés legfontosabb forrása a lakossági szektor, a háztartási tüzelés, a $PM_{2,5}$ kibocsátás kb. 85%-a ehhez köthető. Három fő problémát szoktunk elkülöníteni. Az első az avar-, illetve kerti hulladék égetése. Ezt korábban az önkormányzatok szabályozhatták, sok helyen (pl. Budapesten) be is tiltották. 2020-ban az Országgyűlés a környezetvédelmi törvény módosításával megvalósította az országos tiltást is, azonban ez ügyben nemrég visszalépés történt, így jelenleg újra az önkormányzatokra van bízva a szabályozás, ami sok helyen azt jelenti, hogy lehet égetni. Ez a tökéletlen, alacsony hőmérsékletű égés rendkívül szennyező. A második nagy probléma az illegális hulladékégetés, bel- és kültéren egyaránt. Ez azért különösen veszélyes, mert nem csupán a hagyományos légszennyező anyagok kibocsátásáért felelős, hanem egyéb mérgező, rákkeltő és mutagén anyagok is felszabadulnak. Ilyen például a PVC tartalmú hulladék égetésénél keletkező, az első világháborúban harci gázként is alkalmazott foszgén, vagy a vietnámi háború során a talajba került és azóta ott több százezer születési rendellenességet okozó dioxin. Az illegális hulladékégetések okozta szennyezés számos betegség kialakulásában játszik közre. A Levegő Munkacsoport által készítettetett közvélemény-kutatás szerint valamilyen gyakorisággal a lakosság mintegy egyharmad része éget hulladékot. Az égetések fő oka a lakosság többsége szerint a szegénység, az ismerethiány és a felelőtlenség együttesen. Az is megdöbbentő, hogy az ilyen égetések észlelőinek csak 7%-a próbált valahová fordulni a jogellenes cselekedet miatt. A hulladékok égetését a 306/2010. számú kormányrendelet tiltja, a szabályszegők 300 000 forintos levegővédelmi bírsággal sújthatók. Aggasztó az is, hogy a különféle használatcikk hirdetésekben nagyon gyakran jelenik meg olyan kezelt faanyag, ami már csak égetésre használható, ez ellen fel kellene lépni. A harmadik nagy problémacsoport, a legális, de szennyező tüzelőanyagok fűtési célú égetése. Itt elsősorban a rendkívül nagy kén-, hamu- és nedvességtartalommal rendelkező lignit és a nem kellően száraz fa égetése jelentős.

A KONFERENCIÁN BEMUTATOTT DIÁK

Tiszta fűtés, rendes ház!

Orvosmeteorológiai
Konferencia

2021. december 9.

dr. Bendik Gábor
Környezetvédelmi szakjogász
Levegő Munkacsoport

Levegő Munkacsoport www.levego.hu levego@levego.hu

Környezetvédelmi tanácsadás

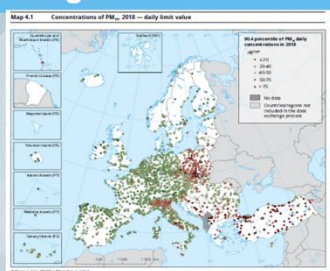
A környezeti tanácsadó iroda ingyenes tanácsadással segíti a lakosságot.

Kb. 1000 megkeresés egy évben.



Levegő Munkacsoport www.levego.hu levego@levego.hu

Évi 13.100 idő előtti haláletet Magyarországon

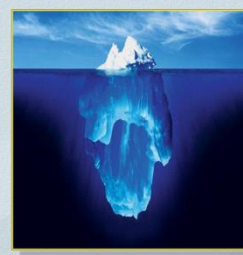


Forrás: Európai Környezetvédelmi Ügynökség

Levegő Munkacsoport

www.levego.hu levego@levego.hu

Ez csak a jéghegy csúcsa!



<http://www.easyinfo.org.com/2008/12/02/stunning-picture-of-an-iceberg/>

Levegő Munkacsoport

www.levego.hu levego@levego.hu

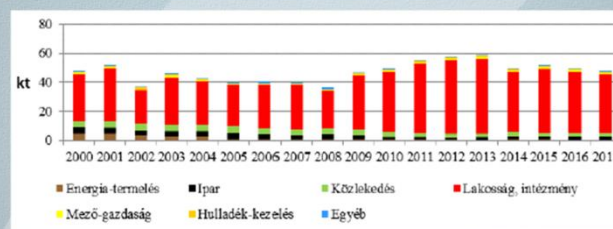
A PM_{2.5} szennyezettség miatt kieső munkanapok száma Magyarországon: évi 2,4 millió

Forrás: Cost-benefit Analysis of Final Policy Scenarios for the EU Clean Air Package. IIASA, 2014. március, <http://ec.europa.eu/environment/archives/air/pdf/TAP%20CBA%20corresponding%20to%20IIASA11%20v2.pdf>

Levegő Munkacsoport

www.levego.hu levego@levego.hu

Szektoronkénti PM_{2.5} kibocsátás



Levegő Munkacsoport

www.leve

Valamilyen gyakorisággal a lakosság harmada éget hulladékot!



Levegő Munkacsoport

www.levego.hu levego@levego.hu

Melyek a fő okok?



Levegő Munkacsoport

www.levego.hu levego@levego.hu

Fordultak-e valakihez az észlelők?



Bázis: akik tapasztalták az elmúlt egy évben, hogy lakókörnyezetükben hulladékot/szeméttel égetnek n=303

Levegő Munkacsoport

www.levego.hu levego@levego.hu

Jogszabályok

306/2010. (XII. 23.) Korm. rendelet
a levegő védelméről

27. § (1) E § rendelkezéseitől jogszabály eltérően rendelkezhet.

(2) Hulladék nyílt téri, vagy a hulladékok égetésének feltételeit rögzítő jogszabályban foglaltaknak nem megfelelő berendezésben történő égetése, a háztartásban keletkező papírhulladék és veszélyesnek nem minősülő, kezeletlen fabulladék háztartási berendezésben történő égetése kivételével tilos. Nyílt téri hulladékegetésnek minősül, ha a hulladék – az elemi kár kivételével – bármilyen okból kigyullad.

(3) Lábon álló növényzet, tölgy és növénytermesztéssel összefüggésben keletkezett hulladék nyílt téri égetése tilos.

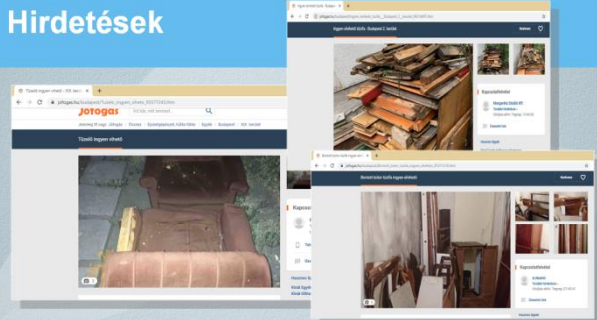
17. Bármely anyag a jogszabályi előírásokat megszegve, illetve engedély nélkül háztartási tüzelőberendezésben történő égetése;

300 000 Ft

Levegő Munkacsoport

www.levego.hu levego@levego.hu

Hirdetések



Levegő Munkacsoport

www.levego.hu levego@levego.hu

Legális szilárd tüzelőanyagok égetése



Levegő Munkacsoport

www.levego.hu levego@levego.hu

Lignittüzelés füstje egy kéményből

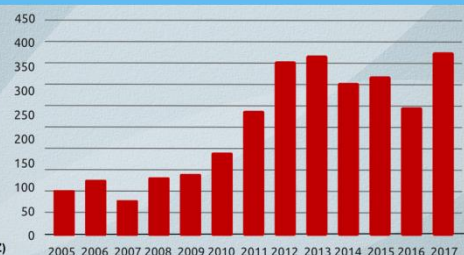
Fatüzeléses kályhák füstje



Levegő Munkacsoport

www.levego.hu levego@levego.hu

Háztartási lignittüzelés, kt



(Forrás: OMSZ)

Levegő Munkacsoport

www.levego.hu levego@levego.hu

Köszönöm megtisztelő figyelmüket!

T. Fiser Ildikó: A levegő



Mindenütt van
mégrem látnod.
Átöleli a világot.

Orvodon át
békét bújik,
majd a szélben
kivág.

Bárhol is vagy,
bármit kezelsz,
soha nem hagy
egyedül.

Mindenütt van
mégrem látnod.
Ez élteti a világot.

Levegő Munkacsoport

www.levego.hu levego@levego.hu

A TÜDŐRÁKRÓL ÉS AZ ELÉRHETŐ ADATOK MINŐSÉGÉNEK JELENTŐSÉGÉRŐL ABOUT THE LUNG CANCER AND THE IMPORTANCE OF THE QUALITY OF AVAILABLE DATA

Bíróné Kircsi Andrea

EPAM Systems Hungary Kft., 4010 Debrecen Pf 13. kircsi.andrea@gmail.com

ÖSSZEFOGLALÁS. Az életünk véges, ezért fontos, hogy tudatosan és örömmel éljünk minden egyes pillanatban, ami megadatik nekünk. Sokan csak akkor fogadják el ezt a tényt, amikor életünk egy szempillantás alatt megváltozik. Ilyen lehet például egy rákdiagnózis, ami után biztosan más szemmel nézünk a világra. Nem valószínű, hogy a tüdőrákra gondolunk először, pedig egyike napjaink legnagyobb egészségügyi problémáinak, amely egyben a levegőminőségével is összefüggésben áll. Ha jobban tudatában lennénk a kockázatnak, talán több életet lehetne megmenteni hazánkban is. Áttekintjük a tényeket és a témában elérhető adatokat.

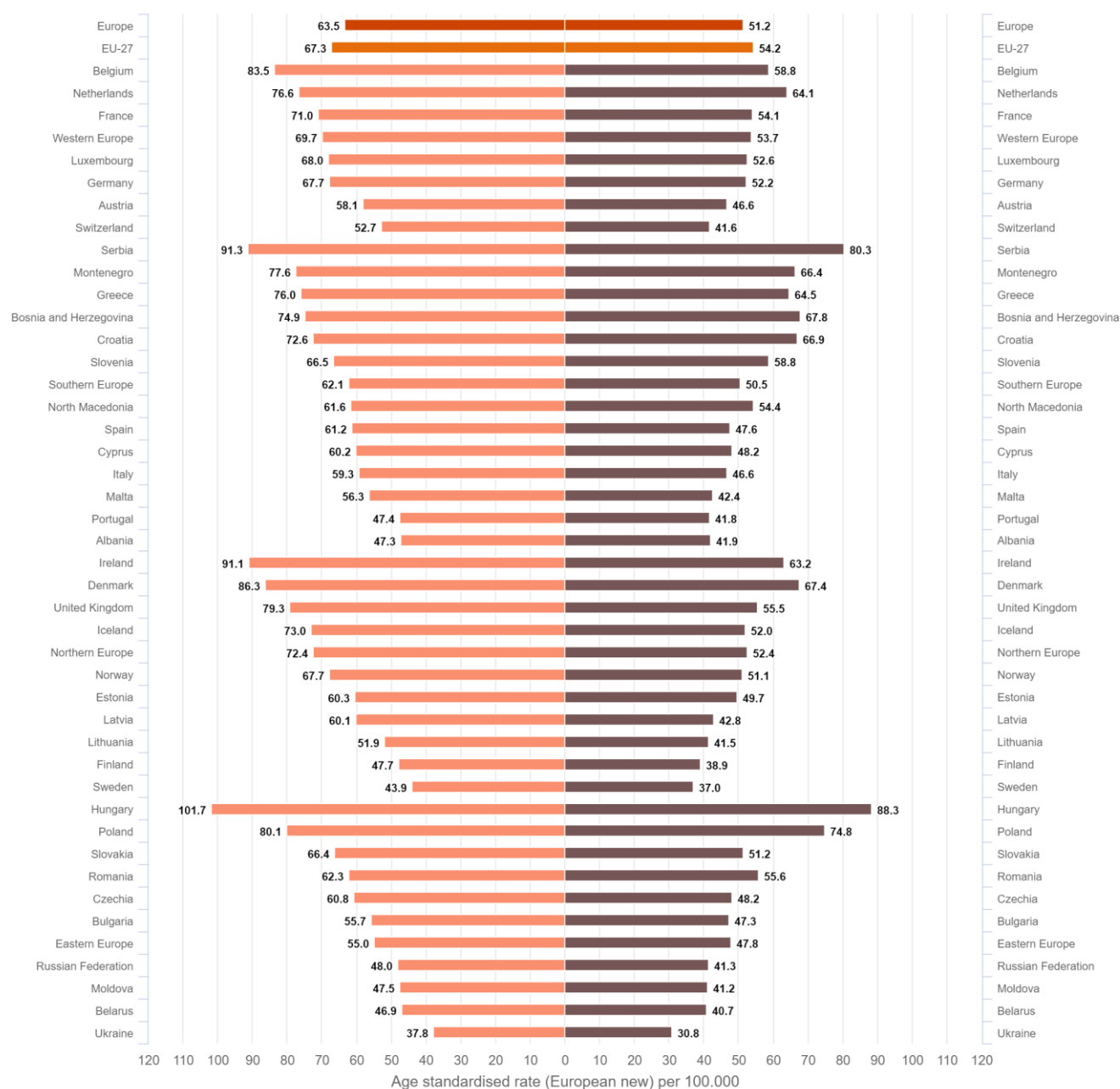
ABSTRACT. Our life is a finite time, so it is important to live consciously and joyfully in every moment we are allowed. Many people only accept this fact when our lives change in the blink of an eye. Such is the case with a cancer diagnosis, after which, of course, we look at the world with different eyes. We are unlikely to think of lung cancer first, but it is one of the biggest health problems of our time, and one that is also linked to air quality. If we were more aware of the risks, perhaps we could save more lives in our country, too. Let's review the facts and the data available on this subject.

MIT TUDUNK A TÜDŐRÁKRÓL? A tüdőrák esetén a rosszindulatú (rákos) sejtek a tüdő szöveteiben alakulnak ki, és ott hoznak létre tumort. Két nagyobb típusa van a tüdőrákos eseteknek, de mindegyik válfaja csak hosszú idő után alakul ki. Gyakran halálos betegség, mert a fájdalmak és a komolyabb tünetek, mint köhögés, légszomj, mellkasi fájdalom vagy indokolatlan jelentős fogyás csak túl későn, a 3.–4. stádiumban jelentkeznek. A lehetséges hatékony terápiák köre ekkorra leszűkül és sokszor eredménytelenek maradnak, így sokszor kevés az esély a túlélésre. A lehetséges kezelések a sebészi beavatkozások, a sugárterápia és egyéb célzott vagy kevésbé célzott gyógyszeres kezelések, de a végstádiumban csak a palliatív terápia segíthet.

MIT MUTATNAK A SZÁMOK? A becslések szerint 2020-ban világszerte mintegy 19,3 millió új rákos megbetegedést regisztráltak, és közel 10,0 millió rákos haláleset következett be (*Sung et al., 2021*). A tüdőrák a mellrák után 2020-ban először lett második az újonnan regisztrált rákesetek körében. Ebben az évben mintegy 2,3 millió új mellrákos és 2,2 millió új tüdőrákos esetet összesítettek a WHO GLOBOCAN adatai szerint. A tüdőrák sajnos vezető helyen áll a rák okozta halálozásban, közel 1,8 millió halálozási számmal (18%), amelyet a vastagbélrák (9,4%), a májrák (8,3%), a gyomorrák (7,7%) és a női emlőrák (6,9%) követett 2020-ban. A rákos megbetegedések számának további emelkedésével számolnak a jövőben. 2040-re várhatóan 28,4 millió új rákos eset lehet világszerte, ami 47%-os növekedést jelent 2020-hoz képest elsősorban a demográfiai változások miatt. Hasonló a helyzet az Európai Unióban, ahol 2020-ban 2,7 millió embernél diagnosztizáltak rákot, és mintegy 1,3 millió ember vesztette életét ilyen betegség miatt. A megbetegedések száma 2035-re akár 24%-kal fog növekedni, és ezzel a rák lehet a vezető halálozási ok az EU-ban. A becslések szerint a rák gazdasági hatása Európában már most meghaladja az évi 100 milliárd eurót. A kezelések sokszor igen költségesek, de a legnagyobb veszteséget az elvesztett életek jelentik. A COVID-19 világjárvány ráadásul súlyosan érintette a rákbetegek ellátását az európai országokban. Visszavetette a megelőzést és szinte mindegyik tagországban késve zajlottak a kezelések. A világjárvány kezdete óta a rákdiagnózisok száma csökkent, ami az esetek növekedését vetíti előre a következő években (*EBCP, 2021*). Az EU-27 országokban 2020-ban a tüdőrák az összes új rákdiagnózis 11,9%-át tette ki (nem számítva a nem melanoma bőrrákot) és a rák okozta összes halálozás 20,4%-át (*ECIS, 2021*). 2020-ban az új tüdőrákos esetek száma 318 327 volt az EU 27 tagállamában mindkét nem esetén, ugyanakkor a becsült halálozás

Estimated incidence and mortality by country

Europe, Both sexes, Lung, All ages, 2020

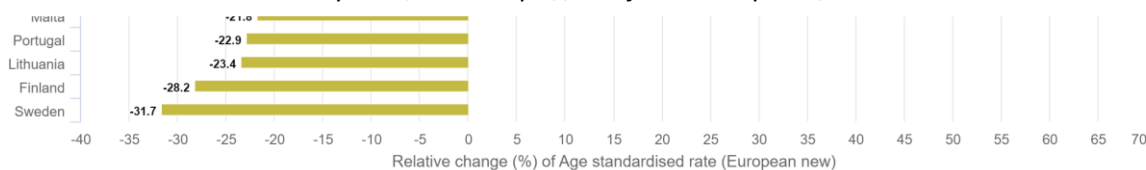


Indicator

Incidence

Mortality

3. ábra. Becsült tüdőrák incidenciája és mortalitása országoként az európai országokban 2020-ban életkorral korrigált arányok, az új európai standard népességgel standardizálva (2013). Forrás: European Cancer Information System, 2021 <https://ecis.jrc.ec.europa.eu/>



2. ábra. A becsült tüdőrák halálozás aránya országoként 2020-ban az EU27 átlagához viszonyítva standardizált európai (2013) koreloszlás esetén Forrás: European Cancer Information System, 2021 <https://ecis.jrc.ec.europa.eu/>

okozása terén (ECIS, 2021). A 2020-as adatok alapján az életkor szerinti standardizált arány (2013) akár 50%-os eltérést is mutat az EU27 átlagához képest. Különösen kiemelkedik mind az új esetek, mind a halálozás tekintetében Magyarország (1. ábra, 2. ábra). Sajnos Magyarország tüdőrák-statisztikája az összes európai országot figyelembe véve is lehangoló (3. ábra). Európában a tüdőrák 5 éves túlélési aránya mindössze 13% (11,2% a férfiaknál, 13,9% a nőknél). Sajnos Észak-, Dél-, Kelet- és Közép-Európa között határozott különbségek észlelhetők. Sejtethetjük, hogy a Kelet-Közép európai országokban jóval 10% alatti túlélési arányokat találhatunk. Ez az igen elkésztítő túlélési arány nyilvánvalóan összefügg a késői diagnózissal, ugyanis az esetek 50-70%-ában jellemzően az előrehaladott, 4. stádiumban történik meg, míg a korai, 1. stádiumban csupán az esetek 15-25%-ban (Van Meerbeeck és Franck, 2021). Persze az egészségügyi ráfordítások, az egészségügyi ellátás színvonala, az elérhető terápiák és elérhető rákgyógyszerek köre régióként és országonként és sokszor országon belül is igen eltérő. Mindezek jelentős területi különbségeket eredményeznek a túlélés esélyeiben Európán belül.

MIT TEHETÜNK? A rák azonban sok esetben megelőzhető, gyógyítható és túlélhető. Egyes vélemények szerint (CPE, 2018) a tüdőrákos esetek akár 90%-a potenciálisan megelőzhető lehetne. Ehhez a legfontosabb kockázati tényezőket kellene megértenünk és megváltoztatnunk. Komoly erőfeszítéseket kellene tennünk a levegőminőség javítása, különösen a PM_{2.5} csökkentése terén. Személyesen különösen fontosnak tartom a jelenleg is futó, 2026-ig tartó LIFE HUNGAIY program erőfeszítéseit (Hungairy, 2019). Az Európai Környezetvédelmi Ügynökség becslése szerint 2019-ben az EU 27 tagállamában körülbelül 307 000 idő előtti haláleset volt a PM_{2.5}-nek tulajdonítható (EEA, 2021). A közép-európai országokban, ahol télen a szénvel és fával történő fűtés általános, nemcsak a kültéri, hanem a beltéri levegő minősége is hozzájárul a tüdőt érintő súlyos megbetegedésekhez. A legfontosabb kockázati tényező a tüdőrák esetén természetesen a dohányzás. Ha rendkívül hosszú ideig tart (> 20 év) legalább napi doboz cigarettával, akkor még 50 éves kor elérése előtt megnő a tüdőrák kockázata, különösen, ha a rendszeres dohányzást már 20 éves kor előtt elkezdték. Ezért egyértelműen szorgalmaznunk kell a dohányzásról való mielőbbi leszokást. A tüdő regenerációjához idő kell, és ez mindig limitált. A leszokás után csak 15 év elmúltával nem észlelhető jelentősebb eltérés az egészséges tüdőhöz képest. Komoly kockázatot jelent a passzív dohányzás, és más, foglalkozáshoz kapcsolódó megbetegedések, mint a szilikózis, vagy az asbesztózis. Mindezek különösen az építőiparban dolgozókat érinthetik, de a tetőkön erodálódó sokévtizedes eternit és palatetők, a panelházak alagsoraiban fellelhető szigetelések és a minden háztartásban fellelhető tűzálló lapok, vagy babahintőporok, hosszú távon potenciális veszélyt jelenthetnek egészségünkre. Az asbeszt-mentesítő programok ugyan számos tagországban léteznek, de eredményeik még nem látványosak. Véleményem szerint ösztönöznünk kell a nagy rizikófaktorú személyek számára a tüdőszűrést, immár az alacsony dóziszú CT (LDCT) vizsgálatokkal. Klinikai vizsgálatok alapján ilyen vizsgálattal a mortalitás férfi örökdohányzók esetén 20%-kal, nők esetében akár 33%-kal csökkenthető. (Azért lehet valamivel több nőt megmenteni, mert ők általában magasabb életkorúak, mint a férfiak, ugyanakkor az elmúlt években aggasztóan megnőtt a dohányzó és örökdohányzó nők száma.) Csupán ezek az egyszerű intézkedések is életet menthetnek.

MIT TESZ AZ EURÓPAI UNIÓ? Az Európai Unió 2021. február 3-án tette közzé az Európai Rákellenes Tervet (EBCP, 2021), amely támogatja a tagállamok munkáját a rák megelőzésében, segítve a rákbetegeket, a túlélőket, családtagjait és gondozóikat, hogy számukra jobb életminőséget tudjanak biztosítani. 2021 novemberében jelent meg a tervhez kapcsolódó megvalósítási terv (EBCP IR, 2021), ez 2021–2025 időtávban tartalmazza a legfontosabb feladatokat, amelyhez közel 4 millió € forrást rendeltek. Létrehozták az Európai Cancer Mission kezdeményezést, amelyben az a cél, hogy 2030-ig közel 3 millió rákbeteg és hozzátartozói számára biztosítsanak jobb életminőséget. Az innovációk, a technológiai fejlesztések és az orvosi és gyógyszerkutatások jól átgondolt, összehangolt fejlesztése remélhetőleg tényleg értéket teremthetnek és életet menthetnek a következő években.

MIÉRT KELLENÉK JÓ MINŐSÉGŰ ADATOK? Napjainkban az üzleti életben az adatok által vezérelt döntéshozatal fontos értéket képvisel. Ugyan a közsféra digitalizációja hazánkban is elindult, több európai országban igen előrehaladott, és a tapasztalatok pozitívak, de még van hova fejlődni. A szükséges technológia már

rendelkezésre áll, tudjuk hogyan lehet jó megoldási javaslatokat készíteni, azonban mindezek mit sem érnek megfelelő minőségű adatok nélkül. Az egészségügyhöz kapcsolódó adatok köre számottevő, hiszen rengeteg orvosdiagnosztikai eszköz ontja magából az adatokat, a klinikai kutatások, kérdőíves felmérések, mobil applikációk több millió emberről adhatnak információkat, hogy ezáltal az orvosok, a kutatók vagy a politikusok jobb döntéseket hozhassanak. Az adatminőségre vonatkozó követelmények nem csupán a metaadatokra, vagy az adatkatalógusok létrehozására vonatkoznak. Különös kihívást jelentenek az egészségügyi adatok esetén az egységes standardok hiánya, az átgondolatlan adatgyűjtés, a hiányos adatok és az időben változó formátum nehézségei. Természetesen a világjárvány miatt számos innováció felgyorsult és érdemi lépések is történnek az Európai Unióban. Az Európai Bizottság számára az European Data Space létrehozása prioritást élvez 2019-2025 között, melyen belül a European Health Data Space létrehozása biztosíthatja a tagállamok közötti jobb adatcserét és adat elérhetőséget (EC, 2022). Az Európai Rákellenes Terv keretében áll fel 2021-ben az Európai Rák Információs rendszer (ECIS), amely az eddig igen eltérő színvonalú nemzeti rákregiszterek adatait igyekszik összesíteni egységes formában. A feladat nehézségét jelzi, hogy több ország, mint Magyarország, esetén még 2022-ben sem áll rendelkezésre idősor, vagy túlélési arány becslésére alkalmas statisztika, pedig tudjuk, hogy létezik. Van nemzeti rákregiszterünk, és a WHO is rendszeresen kap adatokat tőlünk. A KSH is tesz erőfeszítéseket ezen a téren és ennek köszönhető, hogy egy interaktív dashboardon bemutathatók pár részletesebb, rákkal kapcsolatos elérhető információt, amelyek 2001–2020 közötti időszakra vonatkoznak: https://public.tableau.com/app/profile/andrea.kircsi/viz/HU_cancer_final/Story1?publish=yes A felfedezés öröme és a következtetések levonását minden olvasónak meghagyom. Talán az idő múlásával az adatfolyam automatizálhatóvá válik és az információk a megjelenítő felületen is rendszeresen frissülhetnek.

IRODALOM

- Cancer Prevention Europe (CPE), 2018: <https://cancerprevention europe.iarc.fr/preventable-cancers/>; <https://cancerprevention europe.iarc.fr/european-code-against-cancer/tobacco-related-cancers-and-prevention/>
- EBCP IR, 2021: Europe's Beating Cancer Plan Implementation Roadmap 2021-2025 https://ec.europa.eu/health/sites/default/files/non_communicable_diseases/docs/2021-2025_cancer-roadmap_en.pdf
- EBCP, 2021: Europe's Beating Cancer Plan. https://ec.europa.eu/health/sites/default/files/non_communicable_diseases/docs/eu_cancer-plan_en.pdf
- EC, 2022: https://ec.europa.eu/health/ehealth-digital-health-and-care/european-health-data-space_en
- ECIS, 2021: Lung cancer factsheet in 2020 for EU-27 countries. https://ecis.jrc.ec.europa.eu/pdf/factsheets/Lung_cancer_en-July_2021.pdf
- EEA, 2021: Health impacts of air pollution in Europe. <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2021/health-impacts-of-air-pollution>
- Hungairy, 2019: <http://hungairy.hu/index.php/>
- PWC, 2021: Healthcare outcomes and expenditure in Central and Eastern Europe – a review. <https://www.efpia.eu/media/602945/pwc-strategy-report-increasing-healthcare-investment-in-cee-countries.pdf>
- Sung, H, Ferlay, J, Siegel, RL, Laversanne, M, Soerjomataram, I, Jemal, A, Bray, F. Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. CA Cancer J Clin. 2021; 71: 209- 249. <https://doi.org/10.3322/caac.21660>
- van Meerbeeck JP, Franck C. Lung cancer screening in Europe: where are we in 2021? Transl Lung Cancer Res 2021;10(5):2407-2417. doi: 10.21037/tlcr-20-890 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8182708/>

A KONFERENCIÁN BEMUTATOTT DIÁK



ON LUNG CANCER AND THE IMPORTANCE OF THE QUALITY OF AVAILABLE DATA

Andrea BÍRÓNÉ KIRCSI Ph.D.

Hungarian Meteorological Society
5th Medical Meteorology Conference
Budapest, 9-10 December 2021

Agenda

- 01 • Why lung cancer?
- 02 • Policy background in the EU
- 03 • Data sources of cancer
- 04 • Facts about lung cancer in Hungary
- 05 • Importance of data quality

WHY?

Lung cancer is the largest killer on the globe!

- "Worldwide, an estimated **19.3 million new cancer cases** (18.1 million excluding nonmelanoma skin cancer) and almost **10.0 million cancer deaths** (9.9 million excluding nonmelanoma skin cancer) occurred in 2020.
- Female breast cancer has surpassed lung cancer as the most commonly diagnosed cancer, with an estimated 2.3 million new cases (11.7%), followed by lung (11.4%), colorectal (10.0%), prostate (7.3%), and stomach (5.6%) cancers.
- Lung cancer remained the leading cause of cancer death, with an estimated **1.8 million deaths** (18%), followed by colorectal (9.4%), liver (8.3%), stomach (7.7%), and female breast (6.9%) cancers.
- The global cancer burden is expected to be **28.4 million cases in 2040, a 47% rise from 2020**, with a larger increase in transitioning (64% to 95%) versus transitioned (32% to 56%) countries due to demographic change"

<https://doi.org/10.3322/caac.21660>

WHY?

The problem similar in Europe!

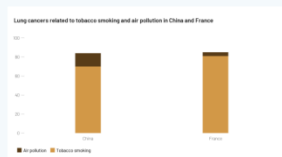
- In 2020, **2.7 million people** in the European Union were diagnosed with cancer, and another **1.3 million people lost their lives** to it, including over 2,000 young people.
- Unless we take decisive action now, cancer cases are set to **increase by 24% by 2035**, making it the leading cause of death in the EU.
- The overall economic impact of cancer in Europe is estimated to exceed **€100 billion** annually.
- Moreover, the **COVID-19 pandemic** has severely impacted cancer care, disrupting prevention and treatment, delaying diagnosis and vaccination, and affecting access to medicines. Since the pandemic began, the number of cancer diagnoses has decreased, foreshadowing a future increase in cases.

Cancer Plan for Europe, 2021
https://ec.europa.eu/health/sites/default/files/non_communicable_diseases/doc/cancer-plan_en.pdf

WHY?

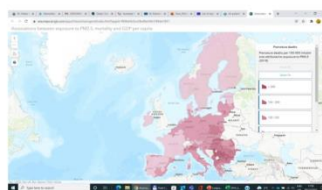
What is the most important risk factor of lung cancer?

- Smoking and smoking habit
- Air pollution (PM2.5) of location
- Occupation (silicosis, asbestosis)
- Age
- General life quality



<https://canceratlas.cancer.org/the-burden/lung-cancer/>

Associations between exposure to PM2.5, mortality and GDP per capita



<https://eea.maps.arcgis.com/apps/InteractiveLegend/index.html?appid=f008e0dc0ce24edfae5463748de10f27>

The [EEA estimates](#) that, in 2019, approximately **307,000 premature deaths** were attributable to PM_{2.5} in the 27 EU Member States.

The [International Agency for Research on Cancer](#) has classified air pollution, in particular PM_{2.5}, as a leading cause of cancer.

<https://www.eea.europa.eu/themes/air/health-impacts-of-air-pollution>

HOW CAN WE BEATING CANCER?

Policy background in the EU

Europe's Beating Cancer Plan

Europe's Beating Cancer Plan supports Member States' work to prevent cancer and to ensure a high quality of life for cancer patients, survivors, their families and carers and is structured around a number of key areas where the EU can add most value:

- prevention
- early detection
- diagnosis and treatment
- quality of life of cancer patients and survivors

Europe's Beating Cancer Plan: Implementation Roadmap 2021-2025

- Putting research, innovation and new technologies at the service of cancer prevention and care
- Saving lives through sustainable cancer prevention
- Improving early detection of cancer
- Ensuring high standards in cancer care
- Improving the quality of life for cancer patients, survivors, and carers
- **Reducing cancer inequalities across the EU**
- Putting childhood cancer under the spotlight

https://ec.europa.eu/health/sites/default/files/non_communicable_diseases/doc/cancer-plan_en.pdf
https://ec.europa.eu/health/sites/default/files/non_communicable_diseases/doc/2021_2025_cancer_roadmap_en.pdf

3 February 2021

17 November 2021

HOW CAN WE BEATING CANCER?

Policy background in the EU

- **EU Missions** are a new way to bring concrete solutions to some of our **greatest challenges**. They have ambitious goals and will deliver concrete results by 2030. EU Missions are a novelty of the **Horizon Europe** research and innovation programme for the years 2021-2027.

- **EU Mission Cancer Implementation Plan** September 2021

- **EU strategy "Shaping Europe's Digital Future"** adopted in February 2020

https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/research_and_innovation_funding/documents/cancer_implementation_plan_for_publication_final_v2.pdf

European Mission Cancer

"Improving the lives of more than 3 million people by 2030 through prevention, cure and for those affected by cancer including their families, to live longer and better"



Preparing the transition to a society powered by digital solutions and bringing all players to the table is one of the key challenges that we need to overcome. The Mission on Cancer supports the Digital Agenda through building new digital infrastructures, which will strengthen the digitalisation of health systems, allowing cancer patients and survivors to exchange data and stay connected with healthcare providers, in particular, the proposed European Cancer Patient Digital Centre, where patients will be able to share their own health data, will become part of the future European health data space, which will provide the framework for the secure exchange of health data throughout the EU. https://ec.europa.eu/health/sites/default/files/non_communicable_diseases/doc/cancer-plan_en.pdf

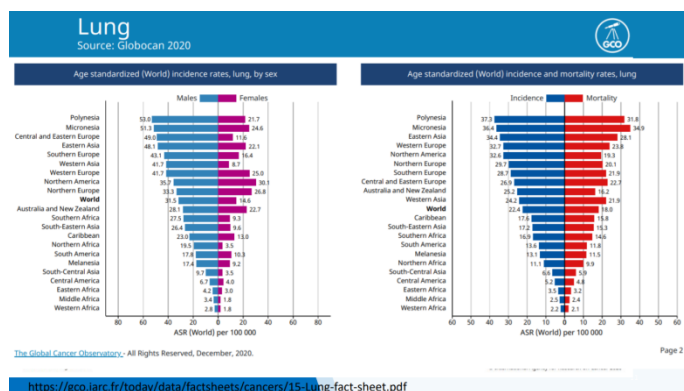


Data sources of cancer

GLOBOCAN Global Cancer Observatory (GCO) (gco.iarc.fr).

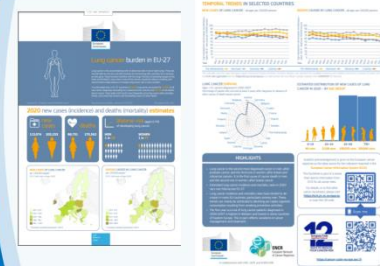


- ✓ The GLOBOCAN database for **185 countries and 36 cancers** (as well as all cancers combined), by age and sex.
- ✓ The profile of cancer, globally and by world region, is built up using the **best available sources of cancer incidence and mortality data within a given country**.
- ✓ Therefore, the validity of the national estimates depends on the degree of representativeness and quality of the source information.



European Cancer Information System ECIS

<https://ecis.jrc.ec.europa.eu/>

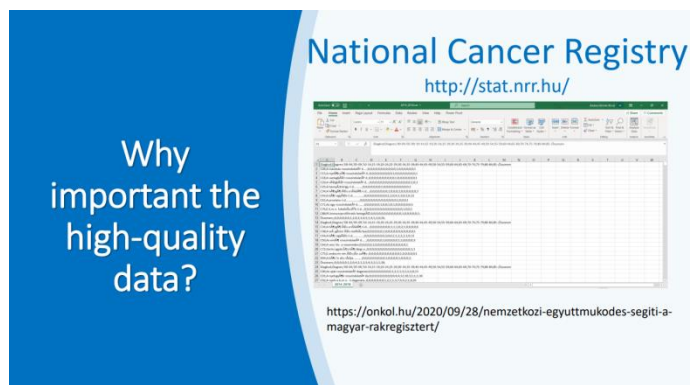
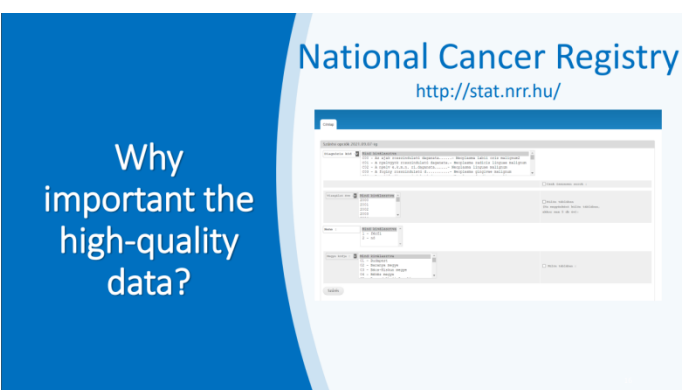
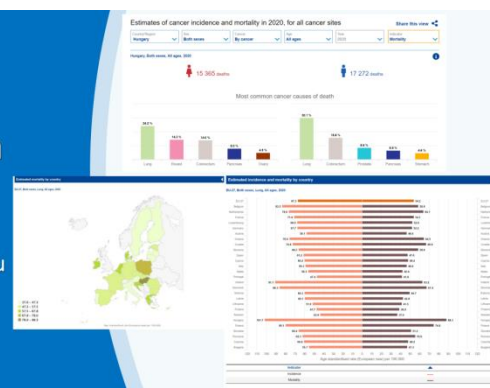


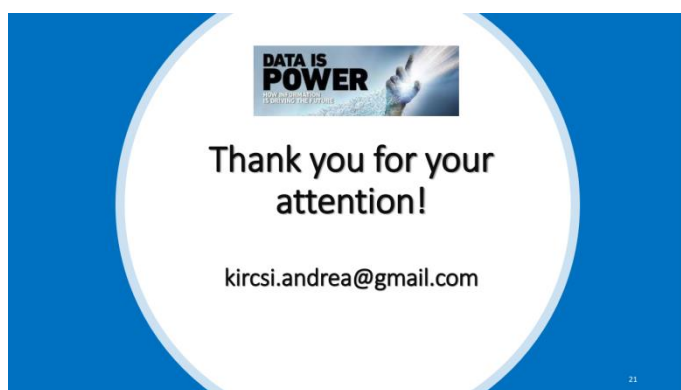
https://ecis.jrc.ec.europa.eu/pdf/factsheets/Lung_cancer_en-july_2021.pdf



European Cancer Information System ECIS

<https://ecis.jrc.ec.europa.eu/ropa.eu/>





LÉGSZENNYEZÉS HATÁSA AZ EGÉSZSÉGRE ÉS ÖKOSZISZTÉMÁRA IMPACT OF AIR POLLUTION ON HEALTH AND ECOSYSTEM

Hafenscher Viktória Priscilla

ELTE Társadalom- és Gazdaságföldrajzi Tanszék, *haf.viktoria@gmail.com*

ÖSSZEFOGLALÁS. A légszennyezésnek ismertek természetes és antropogén faktorai, ám az emberi tényező napjainkban egyre erősödik. Ennek komoly egészségügyi kockázatai vannak, mind rövid-, mind hosszútávon, melyek legfőképp légzőszervi és szív-érrendszeri elégtelenséghez vezetnek. Emellett a fizikai és élő környezetre is veszélyt jelent földön, vízen és levegőben egyaránt. A légkörbe jutott szennyezőanyagok ugyanis bekerülnek a vizekbe és a talajba is, ahol károsítják a helyi életközösségeket. Egyes szennyezőanyagok felhalmozódhatnak a táplálékláncban, így közvetett módon is hatással vannak az emberi egészségre. Az emberek nagy része mégsem látja annyira súlyosnak a problémát, hogy tegyen ellene, valamint a politikusok és döntéshozók sem vezetnek be kellően szigorú szabályozásokat.

ABSTRACT. Natural and anthropogenic factors of air pollution are both known, but nowadays the human factor is gaining ground. This has serious health risks, both in the short and long term, leading mainly to respiratory and cardiovascular failures. It also poses a threat to the physical and living environment on land, water and air. After all, pollutants released into the atmosphere end up in water and in the soil, where they harm local communities. Some contaminants can accumulate in the food chain and thus indirectly affect human health. Yet most people do not see the problem as serious enough to counter it, and politicians and policymakers do not introduce sufficiently strict regulations either.

BEVEZETÉS. Amikor légszennyezésről beszélünk, valójában egy többdimenziós problémával állunk szemben, mely dimenziókat együtt kellene vizsgálni egy komplex és reális kép kialakításához. Fizikai vonatkozásukban a levegőt szennyező anyagok lehetnek gázok, folyékony- vagy szilárd anyagok, melyek a légkörben halmazállapot változáson is átmehetnek. Ha kulturális szempontból vizsgáljuk a légszennyezést, visszasságokba ütközünk, ugyanis egyes helyeken a fával való fűtés – ami lokálisan szennyezi a levegőt – a mindennapok szerves része, valamint a tűzifa kivágása kifejezetten kell a férfias imázs fenntartásához (*Cupples, 2009*). Társadalmi vonatkozásban sokszor kényszer a tüzelés. Szegény régiókban sajnos nem csak fát égetnek, hanem nagyjából minden hulladékot, mint például régi cipő, gumiabroncs, ürülék, egyes helyeken pedig kerozinnal, vagy egyéb veszélyes anyaggal kénytelenek fűteni. Gazdasági szempontból a légszennyezés a termelés „természetes” velejárója, melynek csökkentése gazdaságilag látszólag hátrányos, ugyanakkor a gazdasági fejlődést korlátozza, vagy vissza is vetheti a légszennyezettség mértékének emelkedése (*Hao et al. 2018*). A politikusok, döntéshozók kifejezetten nehéz helyzetben vannak ebben a témában. Egészségi és környezetvédelmi szempontból a légszennyezés mérséklésére van szükség, amihez azonban megkorlátásokat kell hozni, ezért irracionálisnak tűnik a döntéshozók számára (*Baram 1979*). A tudomány világában pedig integrálni kellene az eddigi szempontokat, és megtalálni az arany középút.

A LÉGSZENNYEZŐK TÍPUSAI. A légszennyező anyagok közül az állati (és ezzel együtt az emberi) szervezetre legkárosabbak az aeroszolkok (particulate matter, PM), melyek a levegőben szuszpendált szilárd vagy folyékony részecskék elegyét jelenti. Három típusát különböztetjük meg méret szerint: a 10 mikrométernél kisebb átmérőjű durva részecske (PM_{10}), a 2,5 μm -nél kisebb átmérőjű finom részecske ($PM_{2,5}$), valamint 0,1 μm -nél kisebb átmérőjű ultrafinom részecske ($PM_{0,1}$). A PM_{10} a talajerózióból, utak kopásából, ipari tevékenységből, kipufogókból, valamint széntüzelésből származik. *Zanobetti et al.* (2000) kutatása alapján 10 $\mu g/m^3$ PM_{10} koncentrációemelkedés 2,5%-kal növeli a krónikus obstruktív tüdőbetegséggel (COPD, légutak tartós beszűkülésével járó kórkép) kezelték számát. A $PM_{2,5}$ másodlagosan nagyobb aeroszolkokból, égési termékekből, kondenzálódott szerves- vagy fémrészecskékből keletkezik. Elég apró ahhoz, hogy egészen a légnyagocskáig lejusson, emellett mutagén hatású. A $PM_{0,1}$ a légnyagocskákból felszívódva a véráramba kerülhet (*Brown et al.*, 2002). Itt gyulladást okozva növeli a vér alvadékonyságát, mely vérrög képződéséhez vezethet. A vérrög a szervezet bármely részén elzárhatja az ereket, így a kimenetel lehet mélyvénás trombózis, tüdőembólia, stroke, szívroham, vagy egyéb keringési elégtelenség. Az ultrafinom aeroszol részecskék leginkább gázolaj, dízelolaj égetéséből származnak, emellett a fatüzelés és hússütés is hozzájárul a kibocsátáshoz.

Az aeroszolkok általános rövidtávú hatásai közé tartozik a köhögés, nehézlégzés, légcsőhurut, valamint asztmásoknál rohamot vált ki. Hosszú távon csökkenti a várható élettartamot. *Mannucci et al.* (2015) eredményei azt mutatják, hogy 10 $\mu g/m^3$ $PM_{2,5}$ koncentrációemelkedés 10%-os mortalitás-növekedést okoz. A mortalitás okai szív-érrendszeri- és légúti megbetegedések, valamint tüdőrák. Az érrendszeri megbetegedések egyik oka, hogy a PM belégzése gyulladáshoz vezető folyamatokat vált ki, mely másodlagos hemosztázist, valamint reaktív oxigén-gyökök (ROS) képződését okozza. Menopauza után lévő nőket vizsgálva 10 $\mu g/m^3$ $PM_{2,5}$ koncentrációemelkedés után 21%-kal nő a koszorúér megbetegedések száma (*Miller et al.*, 2007). A Health Effects of Air Pollution on Susceptible Subpopulations (HEAPSS, 2003) projekt eredménye alapján szignifikáns kapcsolat van a közlekedési szennyezés és a szívinfarktus között.

A nitrogén-dioxid (NO_2) üzemanyagok égéstermékékként, energiatermelés során, valamint a fűtési rendszerek révén kerül a levegőbe legnagyobb mennyiségben, emellett a nitrogén-oxidból másodlagosan keletkezik, mely gyorsan átalakul nitrogén-dioxiddá. Irritáló hatása mellett csökkenti a tüdőfunkciót, nagyon magas koncentráció esetén a légutak összeszűkülhetnek (*Pandey et al.*, 2005).

A kén-dioxid (SO_2) ként tartalmazó fosszilis tüzelőanyagok elégetésével kerül a légkörbe, legfőképp az energiaipar, széntüzelés valamint közúti közlekedés révén, bár kibocsátása az utóbbi időben jelentősen csökkent (EEA 2018). Izgatja a légzőrendszert, emiatt a hörgők összehúzódását, a légutak görcsös állapotát okozza, ezért a nitrogén-dioxidhoz hasonlóan csökkenti a tüdőfunkciót (*Pandey et al.*, 2005).

Míg a sztratoszférában lévő ózon (O_3) a földi élet védelmét szolgálja, a troposzférában keletkező ózon károsítja azt. A talajközeli ózon másodlagos szennyező, mely elsődleges szennyezőkből képződik – mint például a nitrogén-oxidok, illó szerves vegyületek, oldószerek – UV-sugárzás hatására. Kellemetlen szaga mellett izgatja a szemet és a légzőszervek nyálkahártyáját, kiválthatja a légzőszervek gyulladását és súlyosbítja a hörgőhurutot, asztmát és a pollenallergiások tüneteit (*Ebi & McGregor*, 2008).

A légkörbe kerülő szén-monoxid (CO) legfőbb antropogén forrása a tökéletlen égés a belső égésű motorokban. Épp ezért a közlekedés okozta légszennyezés indikátoraként is használják. Mivel 250-szer nagyobb affinitással kötődik a vörsejtek hemoglobinjában található vashoz, gátolja az oxigén szállítást a szervezetben. Kezdeti tünet a fejfájás, melyet hányás, eszméletvesztés, és végül halál követ.

Amennyiben el akarjuk kerülni a magas légszennyezettségű területeket, nincs egyszerű dolgunk, hiszen a kibocsátás mértéke és a szennyező anyagok koncentrációja közt, az időjárás tényezői miatt sokszor nincs lineáris összefüggés. Az időjárás mintázata erős hatással van a légszennyező anyagok tér- és időbeli eloszlására. A szél, csapadék és a vertikális keveredés befolyásolja, hogy adott pillanatban egy adott helyen milyen koncentrációban, mely légszennyező anyagokkal találkozunk. A lokális légszennyezettséget akár nagyobb mértékben meghatározhatja a vertikális keveredés, mint az aktuális emisszió (*Querol et al.*, 2008). A kibocsátott szennyezőanyagok maradhatnak a forrás közelében magas koncentrációban, de szét is terjedhetnek, miáltal felhígulnak. Maradhatnak eredeti formájukban, de kémiaiilag át is alakulhatnak. Elszállíthatnak messzire, vagy leülepedhetnek a talajba és víztestekbe.

A TERMÉSZET ÉS A LÉGSZENNYEZÉS KÖLCSONHATÁSA. A légszennyezés nemcsak antropogén eredetű lehet, hanem természetes folyamatok eredménye is, mint például a villámlás, vagy az erdőtüzek. Bizonyos esetekben azonban nem lehet éles határt szabni. Az erdőtüzek ugyanis hozzátartoznak a természetes körforgáshoz, sőt, néhány ökoszisztémában elengedhetetlen egyes fajok számára, az utóbbi években azonban sok tűz kialakulásához és mértékéhez hozzájárult a szárazság. A szárazság egyik oka pedig a klímaváltozás, melyhez az emberiség egyre nagyobb mértékben járul hozzá (*Flannigan et al.*, 2000). Sokszor azonban az ember szándékosan okozza az erdőtüzet, mivel az égetés bevett szokás a földhasználat megváltoztatására. A levegőminőség szabályozásában épp ezért fontos szerepet játszik az égetések szabályozása (*Kotto-Same*, 1997).

Az erdőtüzek gyakorisága és mérete leginkább a mediterrán területeken emelkedett meg, ahol nagy ökológiai károkat okoz. Mégis, ahol erősebben melegszik a klíma, ott a káros hatások is kifejezettebbek, és hosszabb ideig elhúzódhatnak, ezért az egyes területek eltérő mértékben veszélyeztetettek (*Paoletti et al.*, 2007).

Az erdőtűz hatására légkörbe kerülő szennyezőanyagok a szén-monoxid, ózon-prekursorok, illékony szerves vegyületek (VOC), higany és különböző méretű aeroszol részecskék. A hatás azonban kölcsönös, mivel a levegő szennyezettsége elősegíti az erdőtüzek kialakulását. Az emelkedett ózonkoncentráció a légkörben, és az elérhető nitrogén csökkentheti a gyökér/hajtás tömegarányát és a vízvesztés kontrollját. Emiatt a fák fogékonyabbak lesznek a szárazság-stresszre és a tűzre egyaránt. A tartós légszennyezettség ráadásul csökkenti a növények védekező készségét más stresszorokkal szemben (*Agbaire*, 2009). Ennek tulajdonítják Kaliforniában az ózon-terhelt erdőkben a szukcessziós változást. Mivel az egyes fajok, valamint fajon belül egyedi szinten a szennyezőkkel szembeni tolerancia és ellenálló képesség eltér, a légszennyezés a fajösszetétel és génállomány változását okozhatja, mely felboríthatja a táplálékhálózatot (*Paoletti et al.*, 2007).

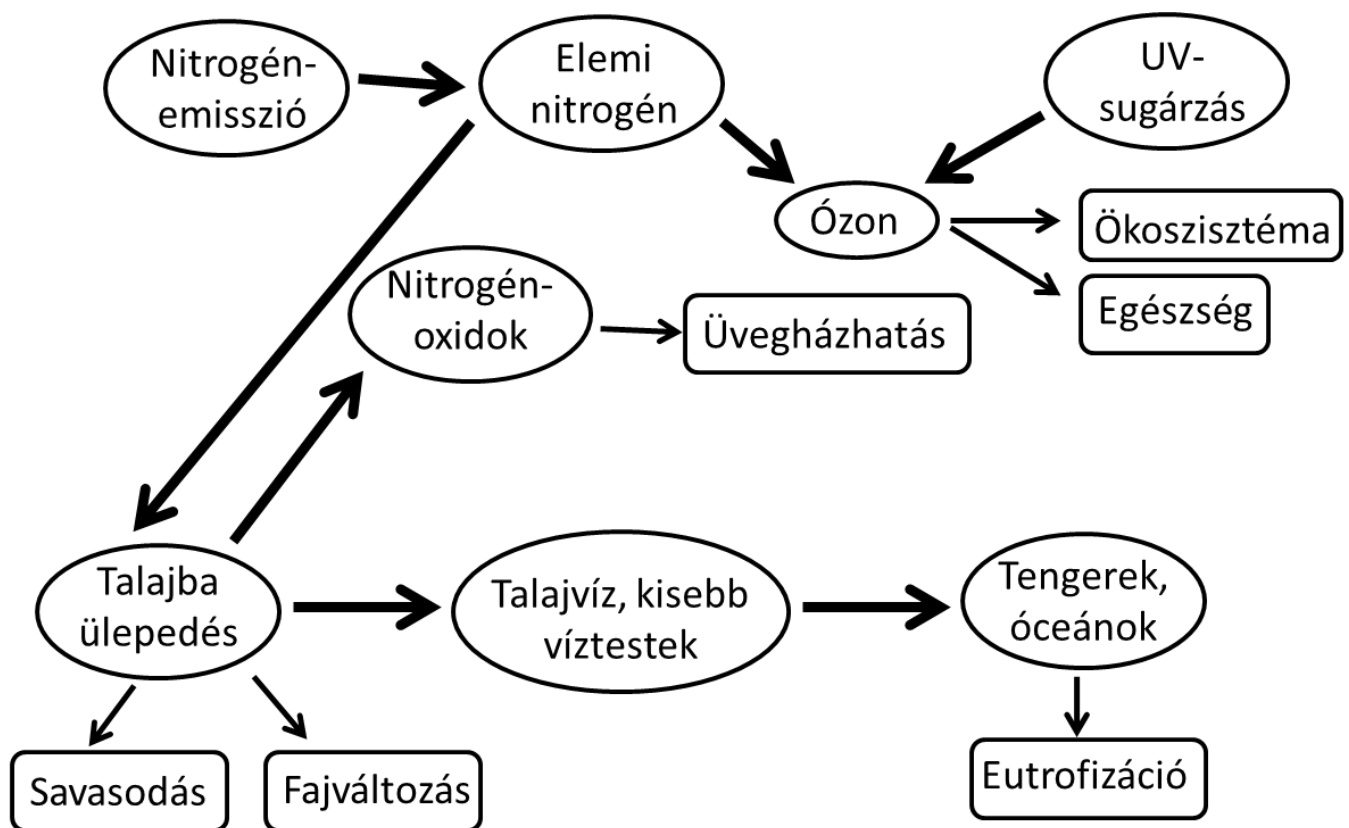
Kiemelt jelentőségű a vegetáció károsításában a troposzférikus ózon, mely kétféleképp is csökkenti a fotoszintézist. Egyrészt direkt módon csökkenti a klorofill tartalmat, és a ribulóz-1,5-biszfoszfát-karboxiláz-oxigenáz (RuBisCO) enzim mennyiségét, melyek elengedhetetlenek a fotoszintézishez. Emellett a növényi védekezés egyik formája, a sztómarezisztencia a sztómák záródását eredményezi, így csökken a légzés, mely szintén csökkenti a fotoszintézist (*Chapla & Kalamakar*, 2004). A fotoszintézis csökkenése pedig produkció- és terménycsökkenéshez vezet. Továbbá, ha az ózon bejut a sztómákra, oxidatív stresszt okoz, mely a növényben hormon-indukált gyors előreledést eredményez. Egy másik hormon, etilén is termelődik ózon hatására, ami visszaveti a gyökérszét fejlődését. Az előbb felsorolt hatásokból következik, hogy a mezőgazdaságra igen káros az ózon a nagymértékű terménycsökkenés miatt. Az ebből adódó élelemhiány elkerülése végett még több földterületet kell mezőgazdasági művelés alá vonni, ami tovább növeli a légszennyezést és az ózonkoncentrációt.

A nitrogén- és kénvegyületek hatása a szárazföldi ökoszisztémákra függ a vegyületek mobilizálhatóságától. Átmosódva a lombon károsítják a növény leveleit, csökkentve a termelői szint biomasszáját. A talajba mosódva elsavasítják azt a pozitív töltésű fémionok kimosásával, valamint mobilizálják a komplexben lévő alumíniumot, mely ionos formában mérgező a növények gyökerére. Amennyiben nem alkotnak azonnal savat, a talajban akkumulálódva késleltetett hatással kell számolni. Egyrészt később, mikor a kén- és nitrogén emisszió már meg is szűnt elsavasíthatják a talajt, vagy a felhalmozódó nitrogén kedvez az invazív növényfajoknak (*Gough et al.*, 2000). Mi több, a növényevő rovarok jobban kedvelik a nitrogéndús hajtásokat, így a kártevők egyrészt felszaporodnak a különböző növénytársulásokban, másrészt új fajok is meg tudnak települni. A nitrogén-feldúsulás miatti fajkészlet változás kiemelten veszélyezteti a lápokot, ahol a jellemző harmafű (*Drosera*) és tőzegmoha (*Sphagnum*) fajok helyét átveszi a sédbúza (*Deschampsia*) és a gyapjúsás (*Eriophorum*). Hasonlóképpen a karbonátos talajú gyepeken a nitrogén feldúsulás a bennszülött, ritka fajok elvesztésével járhat (*Bobbink et al.*, 1998).

A mocsár és láp anaerob körülményei közt a szulfátokat egyes baktériumok redukálják. Ugyanezen baktériumok metilálják a higanyt, így a kénvegyületek hatására a baktériumok fokozott aktivitása révén dimetil-higany képződik, mely felvehető a növények, vagy fitoplankton számára. A higany elkezd feldúsulni a táplálékhálózatban, így végső soron az embert is veszélyezteti. A kénvegyületek hatása az erdőkire változatos, ugyanis függ a talaj- és erdőtípustól. Bázikus talajon a savasság pufferelődik, bázisszegény területeken

azonban a magas magnézium- és kalciumigényű fásszárúak pusztulását okozhatja, mint az ezüst juhar, fehér kőris és pompásvirágú som (*Horsley et al.*, 2002). Amerika északkeleti részén, az Appalache-hegységben is a talajsavasodásnak tulajdonítják a vörösfenyő állomány tömeges pusztulását (*DeHayes et al.*, 1999). A flóra mellett a gerinctelen fauna is érzékeny a kénvegyületek talajba mosódására. A szaprofágok pusztulása miatt lassul a lebontás, valamint a gerinctelen állatokkal táplálkozó madárpopuláció is csökken.

Az élő víztestekben a kénvegyületek miatti savasodás hatására az alumínium felszabadul stabil komplexekből, és ionos formában káros hatással van a vízi élővilágra (*Driscoll et al.*, 2001). A kopolytús szervezetek légzőszervében gátolja az iontranszportot, emellett megváltoztatja a gerinces fajok hormonegyensúlyát, valamint viselkedését (*Brakke et al.*, 1994). A kénvegyületek további hatásaként a tavakban csökken az oldott szerves anyag (DOC) mennyisége. Ezáltal a fény mélyebbre jut le, a bentikus alga produkciója nő, valamint megváltozhatnak a predátor-préda interakciók a látási viszonyok változása miatt (*Yan et al.*, 2008). További törést okozhat a táplálékhálózatban, ha a préda érzékeny a savasodásra, mivel ha a táplálékhálózat egy alsó tagja csökken, az várhatóan csökkenteni fogja a felette levő populációk egyedszámát. A nitrogén felhalmozódása a vízben eutrofizációhoz vezet, mely teljesen felboríthatja az addigi életközösséget.



A légszennyezés kiszámíthatatlanságára és komplex mivoltára kiváló példa a nitrogén-kaszád (*Galloway et al.*, 2003) (1. ábra). A fosszilis tüzelőanyag elégetéséből származó, légkörbe kerülő egy darab N-atom sorsa és hatása sokrétű. Egyrészt N-oxidokat képezve növeli az üvegházhatást. UV-sugárzás hatására prekursor-ként viselkedik, és hozzájárul a légköri ózonképződéshez. Ez az ózon károsítja az egészségünket, valamint az egész ökoszisztémát. A kibocsátott N-atom átmosódhat a lombokon és leülepedhet a talajban, ahol savasodást és fajkészlet változást okozhat. A talajból baktériumok aktivitásának eredményeképp a nitrogén vissza-kerülhet a légkörbe valamilyen N-oxidként, ahol ismét fokozza az üvegházhatást. Alternatív lehetőségként a

1. ábra. N-kaszád sematikus ábrája. A kibocsátott nitrogén a talajba ülepedhet, ahonnan ismét a légkörbe kerülhet N-oxidok formájában, erősítve az üvegházhatást, vagy UV-sugárzás hatására ózonná alakulhat, károsítva ezzel az ökoszisztémát és az emberek egészségét. A talajba ülepedő nitrogén savasodást és fajváltozást okozhat, majd belekerülhet a talajvízbe, vagy kisebb víztestekbe. Innen elszállíthat nagyobb víztestekbe, végül a tengerekbe, óceánokba kerülhet, ahol a nitrogén-feldúsulás algavirágzást okozhat.

talajvízzel bemosódhat az élő vizekbe, ahol algavirágzást okoz, szorosan kapcsolódva az eutrofizációhoz, ami

hypoxiához vezet, ezzel a vízi élővilág pusztulását okozva. Ebből a kaszkádból azt is láthatjuk, hogy a légszennyezés káros hatásainak csökkentésére költséghatékony megoldás a N-kibocsátás csökkentése.

A LÁTHATÓSÁG PROBLEMATIKÁJA. Bár számos tudományos, ismeretterjesztő cikk és médiahír született a környezet- és légszennyezés káros hatásairól, az emberek nagy része nem foglalkozik a problémával és nem tesz ellene. Könnyen elképzelhető, hogy a természet és a vadon élő növény- és állatfajok sorsa nem foglalkoztatja az embereket, hiszen egyre inkább eltávolítjuk magunkat a természettől, ám a saját egészségünket is károsítjuk. Az emberre általánosságban nem jellemző, hogy ne érdekelné saját vagy rokonai egészsége, élete, tehát ezen a ponton ellentmondásra jutottunk. Az ellentmondás feloldható a légszennyezés láthatóságának és megfoghatóságának vizsgálatával. A modern technika annyira a mindennapjaink részévé vált, – már eleve beleszületünk a szennyezett környezetbe, – hogy egyszerűen természetessé vált számunkra. Akik nem érzik úgy, hogy a természet részei, sokkal kevésbé elkötelezettek a természet- és környezetvédelmi ügyek iránt, mint akik úgy gondolják, kapcsolódnak a természethez, és annak részei (*Schmitt et al.*, 2019). Mégis furcsa, hogy ha ennyi helyről, több csatornán is – képekkel, cikkekkel, televízió műsorokkal, rádióadásokkal – próbálják láttatni a problémát az emberekkel, és felhívni a figyelmet a cselekvés fontosságára, miért találnak sokszor „süket fülekre”? Nem csak láthatóság, de a hatékony láttatás is akadályokba ütközik. A tudományos közösség publikációi vagy egyáltalán nem jutnak el a laikus emberekhez, vagy ha el is jutnak, sokszor nem tudják áthidalni a tudományos és laikus közösség közti kommunikációs szakadékot (*Brimblecombe*, 2006). Másrészt a döntéshozók és a közemberek nem azt akarják hallani, amit a tudományos közösségnek el kell mondania, hanem ami éppen érdekli őket és kedvükre van (*Moshammer*, 2010).

A közemberekhez jóval nagyobb százalékban jutnak el a média hírek, mint a tudományos publikációk. A környezet- és légszennyezéssel, valamint ezek várható következményeivel foglalkozó média hírek retorikájára jellemző a félelem- és szorongáskeltés. Azonban hiába szembesítjük az embereket tetteik súlyosságával és következményeivel, több kutatás is arra a következtetésre jutott, hogy a félelem- és szorongáskeltés kontraproduktív, tehát az emberek úgynevezett háritással reagálnak, és próbálják kizárni a nyomasztó gondolatokat, érzéseket. Sokan erőtlennek érzik magukat ahhoz, hogy bármi jelentékeny tegyene a környezeti problémák ellen, mint például a klímaváltozás és légszennyezés (*Bickerstaff*, 2004). A jelenség túldramatizálása emellett ellenszenvet is kiválthat az emberekből, gyengítve ezzel az ügy iránti elkötelezettségüket (*Nisbet*, 2009). Több kutatás is irányult a környezettudatosságra való hatékony motiválásra. A hatékony motiváció egyik alapja az öndeterminációs, vagy önmeghatározás elmélet, mely szerint az ember három alapszükséglete az autonómia (szabad, önálló döntés), a kompetencia (önmagunk független lényként megtapasztalása), valamint a kapcsolódás (másokkal való kapcsolataink alapja legyen a kölcsönös szeretet és tisztelet). A sikeres önmeghatározás adja az alapot a belső motivációhoz, mely esetben a cselekvés motivációja tisztán a cselekvéssel járó öröm és tapasztalás (*Deci*, 1972). Ilyen belső motivációval azonban sok környezeti probléma nem oldható meg, például kevés ember leli örömét abban, ha az autó helyett a tömegközlekedést választja. Ezért fontos a szociális hálón alapuló társadalmi motiváció és internalizáció. Bizonyos szabályokat mindenki elsajátít és követ, melyre jó példa a szelektív hulladékgyűjtés (*Deci & Ryan*, 2000). A belső motiváció azonban hosszabb távon kitart és mentális jólétet biztosít, míg a külső motiváció könnyen kényszerré válhat. Ezért fontos ötvözni a kettőt, tehát a kutatóknak oly módon kell közölniük javaslataikat, a döntéshozóknak oly módon kell cselekedni, hogy az emberek úgy érezzék, az ő nézőpontjukat is megértik és figyelembe veszik, tiszteletben tartják a választáshoz való jogukat és amennyiben választási lehetőségeik korlátozottak, erre ésszerű indoklást kapnak (*Osbaldeston & Sheldon*, 2003).

ÖSSZEGZÉS. Láthatjuk, hogy a légszennyező anyagok hatása érezhető földön, vízen, levegőben, valamint az élő szervezeteken belül is. Egy nem elhanyagolható problémával állunk szemben, a kén-dioxid kivételével mégsem láthatunk határozott, csökkenő trendet a kibocsátásban. El kell gondolkodni azon, hogyan lehet az emberek számára láthatóvá, megfogható problémává tenni a légszennyezés kérdését. Ha még a természet és az élővilág pusztulásával szemben érdektelenek vagyunk is, az ember azt gondolná, saját egészségünk megóvása érdekében tenni szeretnénk valamit a légszennyezés csökkentése érdekében. A fejlődő országokban sajnos sokszor nem tudják figyelembe venni a szennyezés csökkentését, mivel a megélhetésért küzdenek az emberek. A fejlett országokban egyrészt a fogyasztói társadalom vet gátat a szennyezés

csökkentésének, másrészt a kényelemhez való ragaszkodás. Hiába oktatják hazánkban most már talán minden iskolában, hogy kapcsoljuk le a villanyt, ne menjen feleslegesen a televízió vagy a számítógép. Az emberek csak hallják, de nem értik; vagy értik, de teljesen érdektelenek. Sokszor a városi döntéshozókra, önkormányzatokra hárítják a légszennyezés csökkentésének felelősségét (Slovic et al., 2016), azonban úgy gondolom, hogy a lakosság elköteleződése és támogatása nélkül nem valósulhatnak meg hatékonyan erre irányuló intézkedések. A légszennyezés terén nagy jelentősége van mind a lokális döntéshozók intézkedéseinek, mind a civil összefogásnak és egyéni életmódnak (Cifuentes, 2001).

A természettudósok feltárhatják a folyamatokat, hatásokat és várható kimeneteket, de cselekedni nem tudnak többmilliárd ember helyett. Ahhoz, hogy a tudományos világ üzenetei hatékonyan eljussanak a döntéshozókhoz és laikus emberekhez, több tudományág szakértőinek összefogására van szükség. A légszennyezés és környezeti problémák kutatóinak, pszichológusoknak és pedagógiai szakértőknek össze kell dolgozniuk, hogy áthidalhassuk a tudományos közösség, valamint a döntéshozók és közemberek közti kommunikációs szakadékot.

IRODALOM

- Agbaire PO, 2009: Air Pollution Tolerance Indices (APTI) of some plants around Erhoike-Kokori oil exploration site of Delta State, Nigeria. *International Journal of Physical Sciences*. 4:366-368
- Baram MS, 1979: Cost-Benefit Analysis: An Inadequate Basis for Health, Safety, and Environmental Decisionmaking. *Ecology Law Quarterly*. 8:473-532
- Bickerstaff, K, 2004: Risk perception research: socio-cultural perspectives on the public experience of air pollution. *Environment international*, 30(6), 827-840.
- Bobbink R, Hornung M & Roelofs JGM, 1998: The effects of air-borne nitrogen pollutants on species diversity in natural and semi-natural European vegetation. *Journal of Ecology* 86:717–738
- Brakke DF, Baker JP, Bohmer J, et al. 1994: Group report: physiological and ecological effects of acidification on aquatic biota. In *Acidification of Freshwater Ecosystems: Implications for the Future*. C.E.W. Steinberg & R.F. Wright, Eds.: 275–312
- Brimblecombe, P., & Schuepbach, E, 2006, December: Communicating air pollution science to the public and politicians. In *Journal de Physique IV (Proceedings)* (Vol. 139, pp. 413-423). EDP sciences.
- Brown JS, Zeman KL, Bennett WD, 2002: Ultrafine particle deposition and clearance in the healthy and obstructed lung. *Am J Respir Crit Care Med* 166:1240–1247
- Chapla J & Kamalakar JA, 2004: Metabolic responses of tropical trees to ozone pollution. *Journal of Environmental Biology* 25:287-290
- Cifuentes L, Borja-Aburto VH, Gouveia N, Thurston G, Davis DL. 2001: Assessing the health benefits of urban air pollution reductions associated with climate change mitigation 2000–2020: Santiago, Sao Paulo, Mexico City and New York City. *Environ Health Perspect*. 2001; 109: 419.
- Cupples J., 2009: Culture, nature and particulate matter – Hybrid reframings in air pollution scholarship. *Atmospheric Environment* 43:207-217
- Deci, E. L., 1972: The effects of contingent and noncontingent rewards and controls on intrinsic motivation. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 8, 217–229.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M., 2000: The 'what' and 'why' of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. *Psychological Inquiry*, 11, 227–268.
- DeHayes DH, Schaberg PG, Hawley GJ & Strimbeck GR. 1999: Acid rain impacts on calcium nutrition and forest health. *Bioscience* 49: 789–800
- Driscoll, C. T., Lawrence, G. B., Bulger, A. J., Butler, T. J., Cronan, C. S., Eagar, C., & Weathers, K. C. 2001: Acidic Deposition in the Northeastern United States: Sources and Inputs, Ecosystem Effects, and Management Strategies: The effects of acidic deposition in the northeastern United States include the acidification of soil and water, which stresses terrestrial and aquatic biota. *BioScience*, 51(3), 180-198.
- Ebi KL & McGregor G, 2008: Climate Change, Tropospheric Ozone and Particulate Matter, and Health Impacts. *Environmental Health Perspectives* 116(11):1449-1455
- European Environmental Agency, 2018: Air Pollutant Emission. <https://www.eea.europa.eu/airs/2018/environment-and-health/air-pollutant-emissions#tab-based-on-indicators> (29 Nov 2018)

- Flannigan MD, Stocks BJ, Wotton BM, 2000: Climate change and forest fires. *Science of the Total Environment* 262(3):221-229
- Galloway JN, Aber JD, Erisman JW, et al. 2003: The nitrogen cascade. *Bioscience* 53:341-356
- Gough L., Osenberg CW, Gross KL & Collins SL, 2000: Fertilization effects on species density and primary productivity in herbaceous plant communities. *Oikos* 89:428-439.
- Hao Y, Peng H, Temulun T, Liu LQ, Mao J, Lu ZN, Chen H 2018: How harmful is air pollution to economic development? New evidence from PM_{2.5} concentrations of Chinese cities. *Journal of Cleaner Production*, 172:743-757
- HEAPSS: Forastiere F, Bellander T, Kulmala M, Nyberg F, Paatero P, Pekkanen J, Peters A & Sunyer J, 2003: The heapss project (health effects of air pollution on susceptible subpopulations): Study design, air pollution, and recruitment of myocardial infarction patients. *Epidemiology* 14(Supplement)
- Horsley SB, Long RP, Bailey SW, 2002: Health of eastern North American sugar maple forests and factors affecting decline. *Northern Journal of Applied Forestry* 19: 34-44.
- Kotto-Same J, Woomer PL, Appolinaire M, Louis Z, 1997: Carbon dynamics in slash-and-burn agriculture and land use alternatives of the humid forest zone in Cameroon. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 65(3):245-256
- Mannucci PM, Harati S, Martinelli I, Franchini M, 2015: Effects on health of air pollution: a narrative review. *Intern. Emerg. Med.* DOI 10.1007/s11739-015-1276-7
- Miller KA, Siscovick DS, Sheppard L, Shepherd K, Sullivan JH, Anderson GL et al., 2007: Long-term exposure to air pollution and incidence of cardiovascular events in women. *N Engl J Med* 356:447-458
- Moshhammer, H. 2010: Communicating health impact of air pollution. In *Air Pollution*. IntechOpen.
- Nisbet, M. C. 2009: Communicating climate change: Why frames matter for public engagement. *Environment: Science and policy for sustainable development*, 51(2), 12-23.
- Osbaldiston, R., & Sheldon, K. M. 2003: Promoting internalized motivation for environmentally responsible behavior: A prospective study of environmental goals. *Journal of environmental psychology*, 23(4), 349-357.
- Pandey JS, Kumar R, Devotta S, 2005: Health risks of NO₂, SPM and SO₂ in Delhi (India), *Atmospheric Environment* 39(36):6868-6874
- Paoletti, E., Bytnerowicz, A., Andersen, C., Augustaitis, A., Ferretti, M., Grulke, N., Günthardt-Goerg MS, Innes J, Johnson D, Karnosky, D, Luangjame J, Matyssek R, McNulty S, Müller-Starck G, Musselman R, & Percy K, 2007: Impacts of air pollution and climate change on forest ecosystems — emerging research needs. *The Scientific World Journal* 7(S1):1-8
- Querol Q, Pey J, Minguillón MC, Pérez N, Alastuey A, Viana M, Moreno T, Bernabé RM, Blanco S, Cárdenas B, Vega E, Sosa G, Escalona S, Ruiz H & Artíñano B, 2008: PM speciation and sources in Mexico during the MILARGO-2006 Campaign. *Atmospheric Chemistry Physics* 8:111-128
- Schmitt, M. T., Mackay, C. M., Droogendyk, L. M., & Payne, D. 2019: What predicts environmental activism? The roles of identification with nature and politicized environmental identity. *Journal of Environmental Psychology*, 61, 20-29.
- Slovic, A. D., de Oliveira, M. A., Biehl, J., & Ribeiro, H. 2016: How can urban policies improve air quality and help mitigate global climate change: a systematic mapping review. *Journal of Urban Health*, 93(1), 73-95.
- Yan ND, Somers KM, Girard RE, et al. 2008: Long-term trends in zooplankton of Dorset, Ontario, lakes: the probable interactive effects of changes in pH, total phosphorus, dissolved organic carbon, and predators. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 65:862-877
- Zanobetti A, Schwartz J & Dockery DW, 2000: Airborne particles are a risk factor for hospital admissions for heart and lung disease. *Environmental Health Perspective* 108(11):1071-1077

MIT TUDNAK A KÖZÉPISKOLÁS DIÁKOK A LÉGSZENNYEZÉS KÁROS HATÁSAIRÓL?

Molnárné Pelle Beáta^{1,2}, Weidinger Tamás³, Tasnádi Péter³

¹Tompa Mihály Református Gimnázium, Rimaszombat, Szlovákia; ²ELTE Fizika Doktori Iskola;

³ELTE Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék

ÖSSZEFOGLALÁS. A légszennyeződés környezeti és egészségügyi kérdéseivel, hasonlóan a fenntarthatóság, vagy az éghajlatváltozás problémaköréhez, nem foglalkoznak külön témakörként sem a magyar, sem a szlovák középiskolákban. Erre különböző szaktárgyak, mindenekelőtt a földrajz, s esetenként a fizika keretében, széttagoltan kerül sor. Áttekintjük a magyarországi és a szlovákiai gimnáziumi kerettantervi és érettségi követelményeket a légszennyezés kérdéskörével összefüggésben. A légszennyezettséggel kapcsolatos ismeretek fontos elemei az egészségkultúrának és az iskolai egészségnevelésnek is. A középiskolás hallgatók tudását kérdőíves felmérés során vizsgáltuk egy felvidéki magyar tanítási nyelvű gimnáziumban. Mit tudnak a 15–17 éves diákok a légszennyezés káros hatásairól és milyen elképzeléseik vannak a legjelentősebb forrásairól? A felmérés kiértékelése alapján megalapozottnak érezzük, hogy a légszennyezéshez kapcsolódó ismeretanyag oktatására elsősorban projektfeladatok formájában kerüljön sor.

BEVEZETÉS. Amíg egy diák a gimnázium 10–11. évfolyamába jut, sok alkalommal találkozik a légszennyezés témakörével. Az iskolai keretek között főképpen a földrajz órákon tanul róla, de a különböző tömegtájékoztató eszközökön és a szociális médián keresztül is sok információ jut el hozzá, ami meghatározza a gondolkodását az adott témáról (Zsóka et al., 2013). A légszennyezés kérdésköre ma jelentősen átpolitizált kérdés, amiben a középiskolás korosztály is hallatja hangját. Fontos a környezettudatosság kialakítása (Marjainé Szerényi et al., 2012).

A légszennyezettséggel és hatásaival, tágabb értelemben a környezettudatossággal kapcsolatos ismeretek és viselkedési normák átadása azért is fontos, mert ebben az életkorban legfogékonyabbak a gyerekek. Ezt bizonyítják a középiskolás és a fiatal felnőtt korosztály összehasonlító vizsgálatai. A két korosztály körében végzett fókuszcsoporthoz tartozó interjúk során nem mutattak ki jelentősen eltérő ismereteket, illetve attitűdöket (Szűcs és Hámosi, 2016). Tapasztalatok szerint az egyik legfontosabb feladat a környezeti problémák, így a légszennyezettség, az üvegházhatású gázok kibocsátása és tágabb értelemben a fenntartható fejlődéssel kapcsolatos ismeretek átadása, hogy eloszthatók legyenek a tévhitek és érezhessék a diákok a környezet megóvásának súlyát és benne saját szerepük fontosságát.

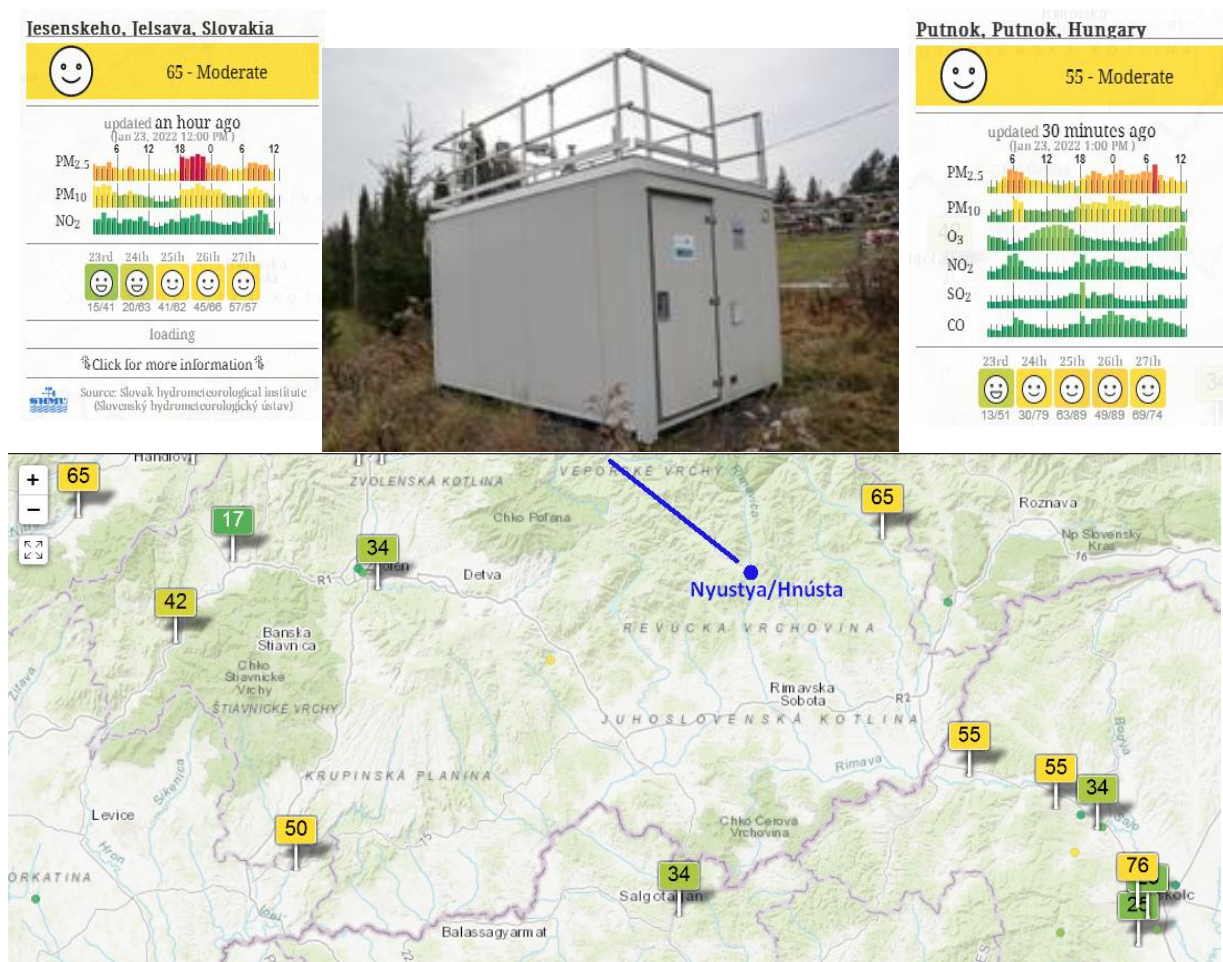
Megnéztük, hogy mit tartalmaznak a magyarországi és szlovákiai gimnáziumi kerettantervi és érettségi követelmények a légszennyezés kérdéskörével kapcsolatban. Más környezeti problémákhoz hasonlóan egyik országban sem szerepel külön témakörként a légszennyezettség. A pedagógusok oktatási tapasztalatára, környezeti attitűdjére támaszkodva azonban a természettudományos tárgyak mindegyikében helyet kap a témakör [1]; [2]; (Demcakova et al., 2021). Valószínű, hogy ez a megosztott és változó, de aktuális problémákhoz kapcsolódó tárgyalásmód hasznosabban szolgálja az oktatási nevelési célokat, mintha időben koncentráltan önállóan jelenne meg a téma.

Ezért is tartottuk fontosnak, hogy képet alkossunk a középiskolás hallgatók légszennyezettséggel kapcsolatos ismereteiről. A rimaszombati Tompa Mihály Református Gimnáziumban végzett kérdőíves felmérés során megvizsgáltuk, hogy mit tudnak a 15–17 éves diákok a légszennyezés káros hatásairól és milyen elképzeléseik vannak a szennyezés legjelentősebb forrásairól. E felmérés eredményeit tesszük közzé a cikkben. A légszennyező anyagokkal és a légszennyezettséggel (legyen az kül- vagy beltéri) kapcsolatos ismeretek fontos elemei az egészségkultúrának és az iskolai egészségnevelésnek is (Nagy et al., 2012; Gelencsér, 2015; Szabó, 2020). Céljaink között szerepel a légszennyezettség témakörének magyarországi és szlovákiai középiskolai oktatási lehetőségeinek áttekintése, hasonlóságok és különbségek meghatározása, ajánlások megfogalmazása.

Végezetül javaslatot teszünk, hogyan épülhetne fel a légszennyezésről szóló tananyag, mindenekelőtt projektfeladatok formájában. E témakör, más meteorológiai és éghajlatváltozási kérdésekkel együtt egyre

hangsúlyosabban jelenik meg a fizika oktatásban, ahol a jelenségek megismertetése mellett magyarázatukra is törekszünk (*Radnóti és Nahalka, 2002; Vörös, 2009*).

A LÉGSZENNYEZÉS A KERETTANTERVI ÉS ÉRETTSÉGI KÖVETELMÉNYEKBE MAGYARORSZÁGON ÉS SZLOVÁKIÁBAN. Magyarországon a légszennyezés kérdésköre a 2020-as NAT gimnáziumi kerettantervein belül a *Földrajz 9–10. évfolyam* és a *Természettudomány 11. évfolyam* követelményei között szerepel. A *Földrajz 9–10. évfolyamának* kerettanterve *A légkör* témakörön belül fogalmaz meg a légszennyezés ismeretével kap-



1. ábra. A Rimaszombathoz legközelebbi szlovákiai automata levegőkörnyezeti mérőállomás Nyustya/Hnúšta (jelenleg nincs bekapcsolva a nemzetközi adaforgalomba), fent középen. Aktuális légszennyezettségi adatok (PM_{2.5}, PM₁₀, NO₂) elmúlt napi értékei és a légszennyezettségi index (AQI - Air Quality Index [5]) aktuális és előrejelzett adatai 2022. január 23-án Jolsva/Jelšava állpmáson (Krajčovičová and Matejovičová, 2010) (balra fent) és a magyarországi határmenti putnoki OLM (Országos Légszennyezettségi Mérőhálózat [6]) állomás adatai (jobbra fent). A nemzetközi adatcserére kerülő levegőkörnyezeti állomásokat és az állomások mellett elhelyezett kis táblán megadott légszennyezettségi index értékeit az alsó térkép-kivágat szemlélteti [5]. Az AQI index értékei 0 és 500 között változhatnak. Ha az AQI érték 50 alatti, akkor jó; 50 és 100 között mérsékelt; 100 és 150 között már veszélyes lehet a szennyezettség egyes érzékeny csoportokra [5].

csolatos követelményeket. „A témakör tanulása hozzájárul ahhoz, hogy a tanuló a nevelési-oktatási szakasz végére: megnevezi a légkör legfőbb szennyező forrásait és a szennyeződés következményeit, érti a lokálisan ható légszennyező folyamatok globális következményeit” [1].

A *Természettudomány* c. tárgy 11. évfolyamának kerettanterve a *Környezet és egészség* témakörön belül taglalja a légszennyezés problémakörét. „A tanulóktól elvárt tanulási eredmények: „tudatosan értékeli a lakóközösségének levegőminőségére vonatkozó információit, érti a szmogriadó különféle fokozatai esetén elrendelt intézkedések célját, támogatja a települési levegőminőség védelmét szolgáló intézkedéseket,

adott esetben maga is kezdeményez;” [1]. A légszennyezés problémaköre megtalálható a 2023-ig érvényes és a 2024-től életbe lépő földrajz érettségi követelmények között is. A két követelményrendszer között kisebb különbségek vannak, néhány feladat átkerül emelt szintről középszintre. A földrajzból középszinten érettségiző fiataloknak meg kell nevezniük a legfontosabb légszennyező forrásokat, példák alapján be kell mutatniuk a légszennyezés élettani, társadalmi és gazdasági károsító hatásait, illetve a szennyezés mérséklésének lehetőségeit. Ezen kívül légszennyezési adatokat és információkat kell tudniuk értelmezni. 2024-től a középszintű feladatok közé tartozik majd, hogy az érettségizőknek be kell mutatniuk a társadalmi eredetű éghajlatváltozások okait és következményeit is. Az emelt szinten érettségizőknek ezen felül érvelniük kell abban a kérdésben, hogy mi az egyén felelőssége és mik a lehetőségei a károsítás mérséklésében és a légköri folyamatok egyensúlyának megőrzésében, valamint következtetnie kell a levegő minőségére az összetétel változását bemutató adatsorokból. 2023-ig külön feladat foglalkozik még az emberi tevékenység ózonréteget károsító hatásaival. 2024-től már általánosan az emberi tevékenység levegőburkot károsító hatásairól lesz szó. [3,4]. 2024-től a gimnazistáknak lehetőségük lesz *Természettudomány* tantárgyból is érettségi vizsgát tenni. Ennek a tantárgynak a légszennyezettséggel kapcsolatos követelményei hasonlóak, mint a földrajz középszintű követelményei [3]. A légszennyezés témája a szlovákiai kerettantervi és érettségi követelményekben is a földrajz tantárgyhoz kapcsolódik, de a magyarországinál általánosabban van megfogalmazva. A diákokkal szemben az az elvárás, hogy legyenek tisztában a légszennyezés témakörével és tudjanak példákat mondani a légkörnek a szennyezéssel szembeni védelmére [4]. A szlovákiai tanárok között végzett felmérés szerint itt is sok múlik a tanárok lelkesedésén és felkészültségén (*Demcakova et al.*, 2021). Mindkét országban szükség lenne több oktatási segédanyagra, javasolt projektfeladatra, helyi meteorológiai és levegőkörnyezeti információk bekapcsolására az oktatásba. Fontos lenne a mérési és adatfeldolgozási készség fejlesztésére is. Az interneten is hozzáférhető légszennyezettség-mérő állomások adatait, illetve a mérési adatok és levegőkörnyezeti modellszámítások alapján készített levegőkörnyezeti index (AQI – Air Quality Index [5]) térképi megjelenítését az 1. ábra szemlélteti. Ez az internetes adatforrás is jó lehetőség önálló hallgatói projektfeladatok kialakítására (adatfeldolgozás, levegőkörnyezet állapotának nyomon követése, a változások magyarázatának keresése). Ezek olyan felfedező jellegű, élmény-alapú pedagógiai feladatok, amelyeket véleményünk szerint szívesen végeznének a diákok, s egyúttal kapcsolódnak a helyi identitás kialakításához, megőrzéséhez.

KUTATÁSI KÉRDÉSEK ÉS MÓDSZEREK (KÉRDŐÍVES FELMÉRÉS) A felvidéki rimaszombati középiskolás hallgatók légszennyezettséggel kapcsolatos ismereteit kérdőív feldolgozásával mértük fel. Ez segíti a diákok tudásszintjéhez igazodó oktatási anyagok fejlesztését, környezeti tudatosságuk erősödését. Hasonló típusú felmérést végzett magyarországi (fővárosi és vidéki) gimnazisták között *Marjainé Szerényi et al.* (2012), illetve szlovákiai tanárok részvételével *Demcakova et al.* (2021). 15–17 éves szlovákiai magyar tanítási nyelvű gimnáziumba járó diákoknak tettünk fel kérdéseket a légszennyezés káros hatásaival kapcsolatban. Ezek a diákok az oktatási folyamat során egyaránt használják a szlovák földrajz tankönyvek magyar fordításait és a Nemzeti Köznevelési Portál okostankönyveit [7]. A kérdőívet 59 diák töltötte ki az iskolában, vagy a karanténban lévők otthon. A kérdőívben a következő kérdések szerepeltek:

1. Milyen légszennyező anyagokat ismersz? Sorold fel őket!
2. Szerinted mik a légszennyezés legfontosabb forrásai? Sorold fel őket!
3. Milyen egészségkárosító hatása van az általad felsorolt légszennyező anyagoknak?
4. Milyen egyéb káros következményei lehetnek annak, hogy szennyező anyagok kerülnek a levegőbe?
5. Mit jelent a levegőminőségi index?
6. Mi a levegőminőségi index nemzetközileg használatos rövidítése?
7. Hol szerezhetsz információt a levegőminőségi index aktuális értékéről?
8. Mutat-e a légszennyezettség napi vagy éves viszonylatban változást?

KUTATÁSI EREDMÉNYEK. A diákok először a „Milyen légszennyező anyagokat ismersz?” kérdésre válaszoltak. A légszennyező anyagokat többféleképpen csoportosítják. Pongrácz [8] a főbb légszennyező anyagok közé a kén-dioxidot (SO₂), nitrogén-oxidokat (NO_x), ammóniát (NH₃), szén-monoxidot (CO), port (PM₁₀,

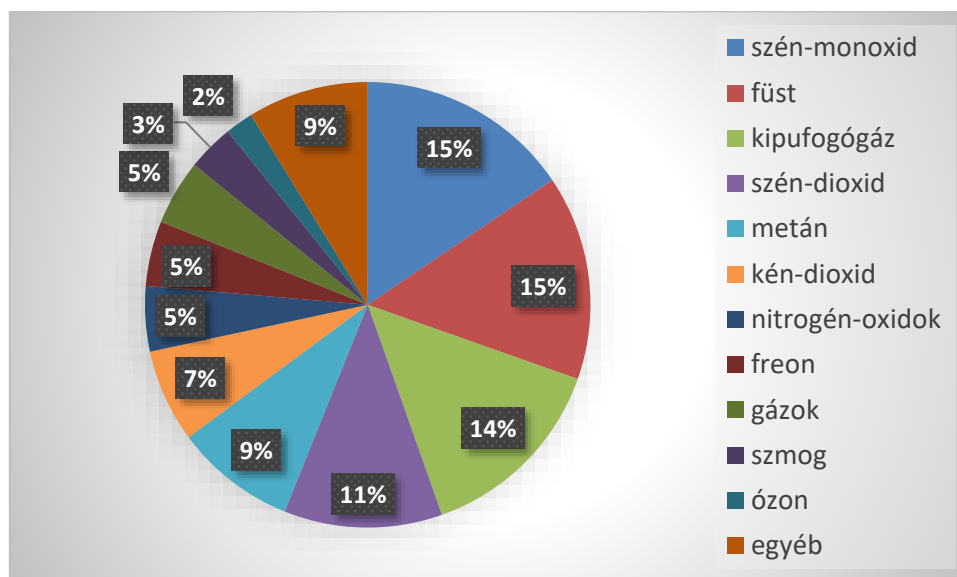
PM_{2,5}) illékony szerves vegyületeket (VOC), benzolt (C₆H₆), ólmot (Pb) és az ózont (O₃) sorolta. A Központi Statisztikai Hivatal éves kibocsátási jelentéseiben [9] négy csoportba vannak besorolva a légszennyező anyagok hatásuk alapján: üvegházhatású gázok, savasodást okozó gázok, ózon prekursorok és a szálló por.

1. táblázat. Légszennyező anyagok a Központi Statisztikai Hivatal besorolása alapján [9].

(*Az ammónia, NH₃ hatása összetett, a reaktív nitrogénvegyületekhez tartozik, de a KSH kimutatásában ebben a csoportban szerepel, Pogány, 2011.)

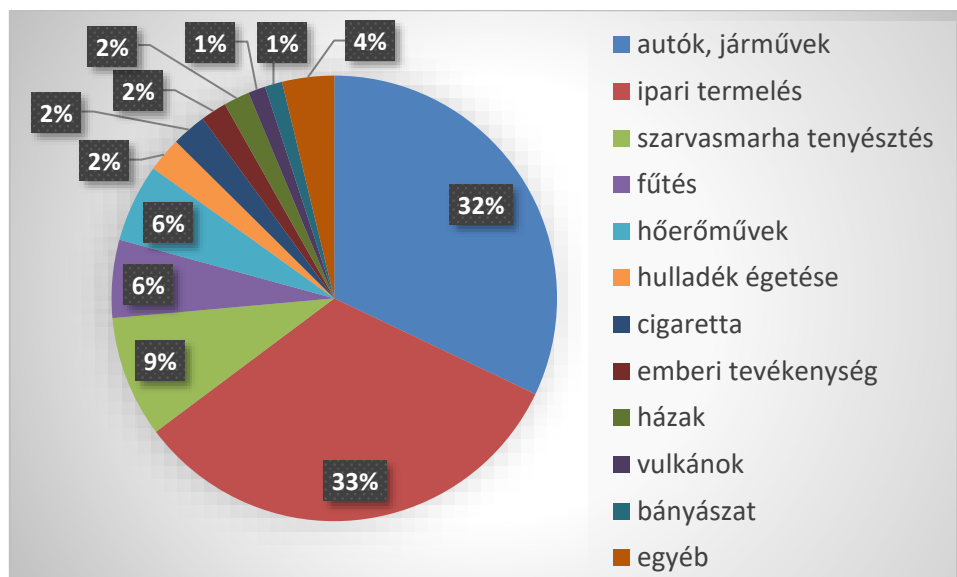
Üvegházhatású gázok	CO ₂ , NO ₂ , CH ₄ , PFC (perfluorkarbon), HFC (fluorozott szénhidrogén), SF ₆
Savasodást okozó gázok	SO ₂ , NO _x (nitrogén-oxidok), NH ₃ *
ózon prekursorok	NO _x , NMVOC (nem metán illékony szerves vegyületek), CO, CH ₄
Szálló por	P ₁₀ , P _{2,5}

A diákok nem kaptak támpontokat az általuk ismert légszennyező anyagok felsorolásához. Válaszaik között a legtöbbször a szén-monoxid (23 diáknál), a füst (22 diáknál) és a kipufogógáz (21 diáknál) szerepelt (2. ábra). A diákok közel negyede megnevezte a szén-dioxidot és a metánt, valamivel kevesebben a kén-dioxidot, nitrogén-oxidokat és a freonokat. Egy-egy válaszban szerepelt az ammónia, ólom és a szálló por is. A diákok általában fel tudnak sorolni több légszennyező vegyületet, ugyanakkor magas számban adtak olyan válaszokat is, ahol csak általánosságban írták le a légszennyező anyagokat (pl. füst, kipufogógázok, gázok). Fontos tehát a légszennyező anyagok definíciójának pontosítása, ami függ a kibocsátás mennyiségétől és eredetétől is (Szabó, 2020). Hiányzott az üvegházhatású és a nem üvegházhatású gázok elkülönítése. Javaslatként fogalmazódik meg a KSH által alkalmazott kategóriák megismertetése a hallgatókkal. Fontos továbbá az aeroszol részecskék és a gáz szennyezők elkülönítése, illetve az aeroszol részecskék méreteloszlásának megismerése. Szólni kell az elsődleges és a másodlagos légszennyezőkről is. Megjegyezzük, hogy a három legveszélyesebb légszennyező csoport az aeroszol részecskék, a redukív nitrogén vegyületek és az ózon.



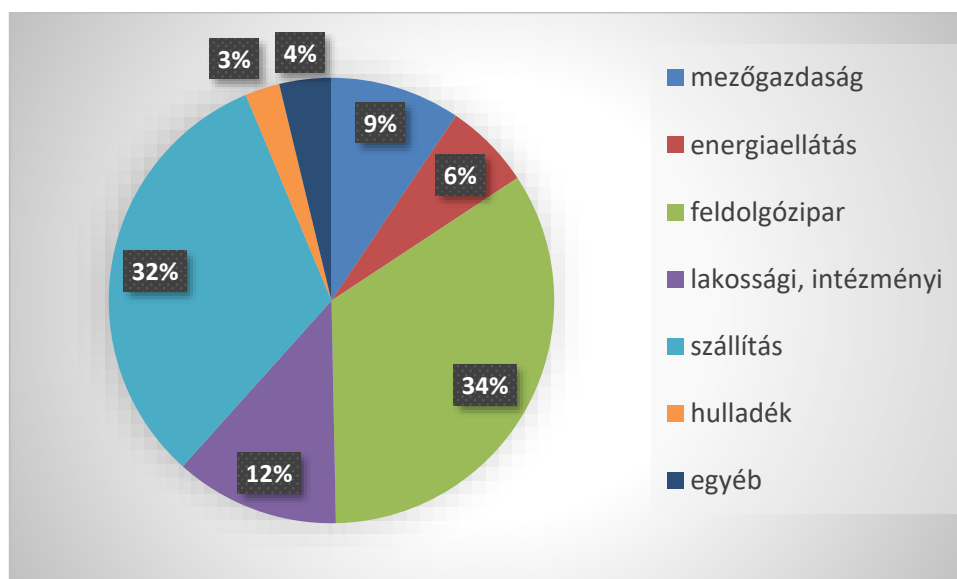
2. ábra. A légszennyező anyagok megoszlása a diákok válaszaiban.

A második kérdés a légszennyezés legfontosabb forrásaira vonatkozott. A gimnazisták itt sem kaptak a válaszhoz semmilyen támpontot. Először azoknak a válaszait vizsgáljuk meg, akik a légszennyezés fő forrásaként a közlekedési eszközöket és az ipari termelést nevezték meg. A harmadik helyre a szarvasmarha tenyésztés került, feltehetően a téma gyakori médiában történő megjelenése miatt. A lakossági fűtést 9, a hőerőműveket pedig 8 diák írta (3. ábra).



3. ábra. A légszennyezés legfőbb forrásainak megoszlása a diákok válasza alapján.

Ezt követően csoportosítottuk a válaszokat aszerint, ahogyan az Európai Környezetvédelmi Ügynökség (EEA) besorolja a légszennyezés forrásait: mezőgazdaság, energiaellátás, feldolgozóipar és bányászat, lakossági, kereskedelmi és intézményi légszennyezés, szállítás, hulladékfeldolgozás [10]. Itt is jól látható a feldolgozóipar és a szállítás dominanciája a diákok válaszaiban (4. ábra).



4. ábra. A légszennyezés legfőbb forrásainak megoszlása a diákok válaszaiban az Európai Környezetvédelmi Ügynökség (EEA) [10] besorolása alapján.

A diákok válaszait összehasonlítottuk a Központi Statisztikai Hivatal (KSH) légszennyezésre vonatkozó 2019-es adataival (2. táblázat). Ennek alapján az üvegházhatású gázok, az ózon-prekursorok és a szálló por esetében a legfőbb légszennyezők a háztartások. A savasodást előidéző gázok esetében a mezőgazdaság a legfőbb kibocsátó [11]. A diákok elképzeléseit a legfőbb kibocsátók kérdésében jelentősen befolyásolja a média hatása. A kibocsátás típusai Szlovákiában is a magyarhoz hasonlóak, az arányokban és az értékekben természetesen a két ország gazdasági szerkezetében levő eltérések miatt különbségek vannak [12].

A légszennyezés egészségkárosító hatásai között 52 tanuló írta a légúti panaszokat, 7 tanuló válasza között jelent meg az asztma, 6 tanuló írta a daganatos betegségeket, 3 pedig a szív-és érrendszeri betegségeket. Ezen kívül a válaszok között volt allergia, bőr, szem és nyálkahártya irritáció és fejfájás is. A válaszokból látható, hogy a diákok tisztában vannak a légszennyező anyagok egészségkárosító hatásaival (vesd össze a 3. táblázatot és az 5. ábrát).

2. táblázat. A 2019-ben Magyarországon kibocsátott légszennyező anyagok mennyisége és legfőbb forrásai a Központi Statisztikai Hivatal adatai alapján. (Az Üvegházhatású gázkibocsátás CO_2 egyenértékben három nagyságrenddel haladja meg más szennyezők kibocsátását.)

	Nemzetgazdaság	Háztartások	Összesen	Legfőbb légszennyezők
Üvegházhatású gázok ezer tonna CO_2 egyenértékben	57 356	22 651	80 007	háztartások villamos energia előállítása feldolgozóipar
Savasodást előidéző gázok SO_2 tonna egyenértékben	233 750	33 687	267 437	mezőgazdaság háztartások szállítás
Ózonprekursorok NMVOC tonna egyenértékben	215 914	118 030	333 944	háztartások mezőgazdaság feldolgozóipar
Szálló por PM_{10} tonna egyenértékben	28 396	33 323	61 719	háztartások mezőgazdaság építőipar
Szálló por $\text{PM}_{2,5}$ tonna egyenértékben	7 416	32 041	39 457	háztartások feldolgozóipar mezőgazdaság

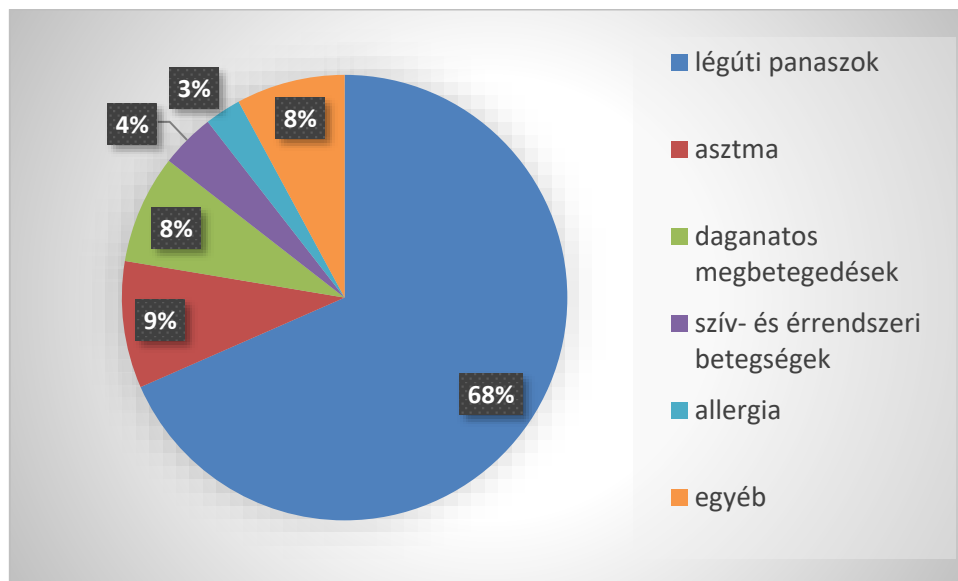
3. táblázat. A legfőbb légszennyező anyagok egészségkárosító hatása [6].

SO_2 - irritálja a nyálkahártyát, köhögés, asztmás rohamok, szem, bőr irritációja
NO_x - a nyálkahártyán a savas kémhatás károsítja a szöveteket, a tüdő funkciójának gyengítése, vékérelváltozások
NH_3 - maró hatású
CO - az idegrendszer és szívizom oxigénhiányát okozza
VOC - a légzőszervek nyálkahártyájának irritációja, vese vagy máj károsodás, néhány szerves vegyület rákkeltő hatású
Szálló por - csökkenti a tüdő ellenálló képességét a fertőzésekkel szemben

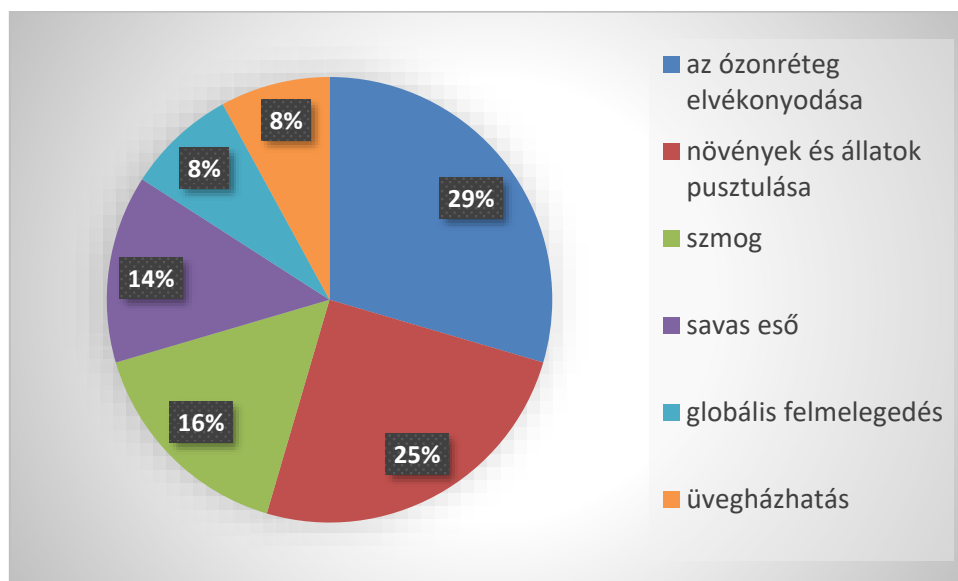
Milyen egyéb káros következményei lehetnek annak, hogy szennyező anyagok kerülnek a levegőbe? Ez volt a kérdőív 4. kérdése. Most az ezekre adott válaszokat elemezzük (6. ábra). A diákok általánosságban jól látják, hogy a légszennyezés az emberi egészséget károsító hatáson kívül károsan hat az élő természetre, veszélyezteti az ökoszisztémák egyensúlyát, savas esőt, szmogot okozhat és hozzájárul az üvegházhatás felerősödéséhez.

Egy-egy hallgató több választ is írhatott. Így az ózonréteg vékonyodását a diákok közel fele (26-an az 59 kitöltőből) beírta. A diákok több mint egyharmada (22) írta a természeti hatásokat (növények és állatok pusztulása, a biológiai egyensúly megbomlása). Vidéki gimnázium lévén ez természetes, hiszen közel vannak

a „napi élethez”. Szerepel a felsorolásban a szmog (14), a savas eső (12). 7–7 említés történt a globális felmelegedésről, illetve az üvegházhatás jelenségéről.



5. ábra. A légszennyező anyagok egészségkárosító hatása a diákok válaszaiban.



6. ábra. A légszennyezés egyéb hatásai a diákok válaszaiban.

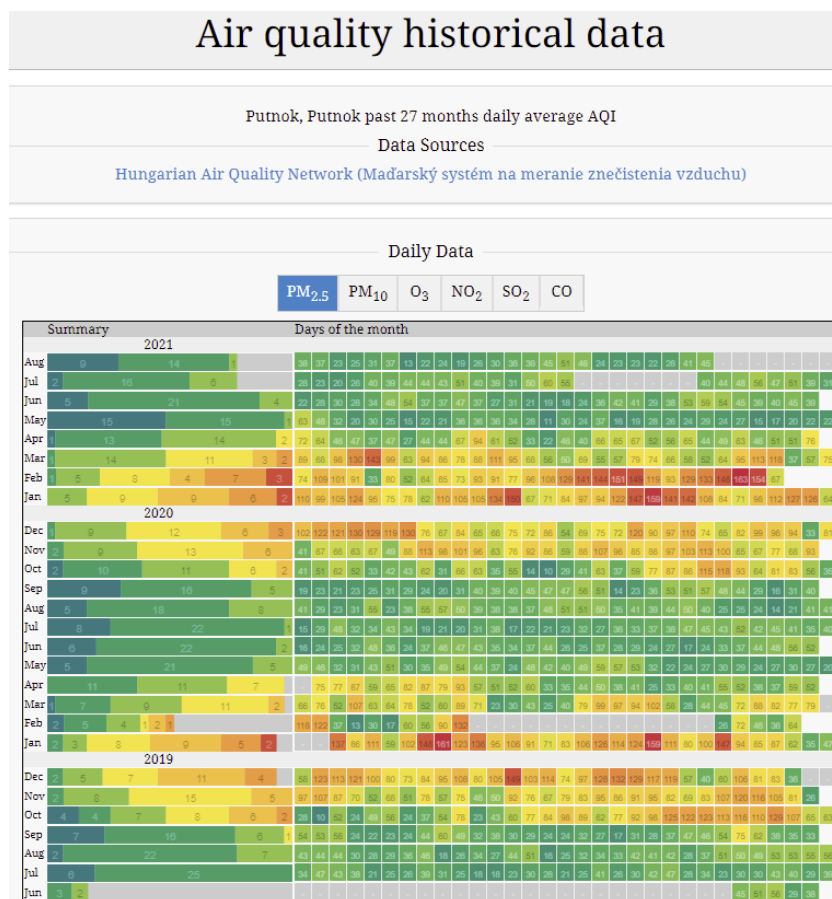
Viszonylag sokan említették a savas esőt. Természetesen a savasodást okozó légszennyezők károsítják a környezetet, de az elmúlt évtizedekben jelentősen mérséklődött (hosszvetőlegesen harmadára csökkent) a kén-dioxid kibocsátás, így a korábbiakhoz képest csökken a károkozás is. Szintén az antropogén tevékenység eredménye a sztratoszférikus ózonréteg elvékonyodása a magasabb szélességeken. A folyamatért felelős, ózonréteget lebontó anyagok kibocsátását megtiltó Montreali Jegyzőkönyv 1989-ben lépett életbe. A kibocsátás erősen csökkent, ugyanakkor az ózonréteg bontásáért felelős gázok (elsősorban a freonok) hosszú tartózkodási ideje miatt máig számolnunk kell a jelenséggel, de legalább nem nőtt az intenzitása. A magas légrétegekben az ózon védő funkciójáról tehát tudnak. Arról viszont, hogy a talaj menti ózon, mint a légszennyezés másodlagos terméke komoly egészségügyi veszélyforrást jelent, nem rendelkeznek kellő ismeretekkel. Ez egy olyan téma, amit be kellene emelni az oktatásba.

Az 5–7. kérdés a levegőkörnyezeti index-szel (AQI) foglalkozott i) Mit jelent a levegőminőségi index? ii) Mi a levegőminőségi index nemzetközileg használatos rövidítése? iii) Hol szerezhetsz információt a levegőminőségi index aktuális értékéről?

25 diák írta le a levegőminőségi index rövidítését helyesen, jelentős részük feltehetően az angol fordítás rövidítéséből. 2 tanuló megnevezett olyan oldalakat is, amelyeken naprakész információkat talál a levegőminőségi indexről a Föld különböző pontjain. (Ez mindenképpen jó hír, a hallgatók érdeklődését mutatja. Korábbi órákon említés szintjén már szerepelt a fogalom.) Többen írtak meteorológiai honlapokat és applikációkat, de többségében csak általánosan írták oda, hogy az interneten találunk információt. Egy-egy alkalmakkal fordult elő az SHMU (Szlovák Hidrometeorológiai Intézet), az OMSZ honlapja, az aqicn.com és a waqi.info. A válaszokból az látszik, hogy míg a hőmérséklet alakulását naprakészen követik, a levegő minőségére vonatkozó adatok nem jelentenek a számukra napi szinten fontos információt.

Az utolsó kérdés arról szólt, hogy mutat-e a légszennyezettség napi vagy éves viszonylatban változást. Ez talán túl általános kérdés. 59 diák közül 45-en jellemzően hosszú távú változásokra gondoltak, napi vagy évszakos változásokat csak néhányan említettek. Fontos tehát az időjárási helyzet és a légszennyezettség közötti kapcsolat hangsúlyozása. Tudják, hogy az utolsó évtizedek intézkedései megmutatkoznak az európai légszennyezettség javulásában.

KÖVETKEZTETÉSEK. A légszennyezés forrásainak és hatásainak tanításában sokféle módszert dolgoztak már ki. A tankönyvekből információkhoz juthatnak a diákok. A száraz adatközlésen túl láthatunk vizuálisan igényesen kidolgozott térképeket, grafikonokat (1. és 7. ábra), de érdekesen feldolgozott animált vagy videós ismeretközléssel foglalkozó anyagokat is.



7. ábra. A putnoki mérőállomás hosszútávú adatai az aqicn.com oldalon [5].
A színezés a légszennyezettségi index (AQI) osztályaira utal.

Találkozhatunk dramatizációs feladatokkal és irányított vitákkal, amelyek során érdekesen fel lehet dolgozni a témakört. Lehet, hogy kevésbé érdekes, de mindenképpen tanulságos olyan projektfeladatokat végezni a diákokkal, amelyek során valós statisztikai adatokat dolgoznak fel, valós időben mért légszennyezési adatokat figyelnek meg és hosszabb távon saját méréseket végeznek, hogy személyes tapasztalatot szerezzenek a kérdéskörben. Ilyen feladatok lehetnek a középiskolások számára, ha a KSH meghatározott évre vonatkozó

légszennyezési adatait dolgozzák fel táblázatkezelő programmal, grafikonok segítségével és összehasonlítják a légszennyezés egyes forrásait.

A helyi rövid- és hosszútávú légszennyezési adatok (1. és a 7. ábra) követhetőek és megtalálhatóak pl. az *aqinc.com* oldalon [5]. A diákoknak innen is adhatunk olyan feladatokat, amelyek során összehasonlítják a légszennyezési adatokat napi vagy éves viszonylatban. Összehasonlíthatják a nagyvárosi mérőállomások adatait a hátrányosabb helyzetű régiókban lévő mérőállomások adataival.

ÖSSZEGZÉS. A diákok általában tisztában vannak azzal, hogy mik a légszennyezés egészségügyi szempontból káros hatásai. Az egyéb regionális vagy globális káros hatások tekintetében a médiában megjelenő, gyakran felületes információk befolyásolták a válaszokat. A diákok legnagyobb arányban az ózonpajzs elvékonyodását nevezték meg ilyen káros hatásnak. Arról, hogy az ózon a troposzférában is jelen van, és mérgező hatása van az emberekre és az állatokra, s káros a növényzetre, már kevés információval rendelkeznek. A légszennyező anyagok forrásainak kérdésében az ipari termelést és a szállítást gondolják dominánsnak. A háztartások szerepét a légszennyezésben kevésbé látják fontosnak. Ezeknek a kérdéseknek az oktatásba való beemelése segítené a diákokat a téma jobb megértésében. A légszennyezés forrásainak és hatásainak tanítását a tantervek szerint gyakorlati szempontból kell közelíteni, hogy a tanulók megértsék a veszélyeket és érzelmileg is érdekeltté váljanak a megelőzésben. Értsék, hogy a védekezés csak a helyi közösségek együttműködésével valósítható meg hatékonyan. Az a tény, hogy a háztartások milyen fontos szerepet játszhatnak a légszennyezés mértékének a csökkentésében, növelheti a személyes felelősségüket a kérdésben. Saját tapasztalataink is mutatják ennek a szemléletnek a helyességét. A tanításra ennek megfelelően olyan projekt-feladatokat látunk legalkalmasabbnak, amelyben a tanulók valós statisztikai adatokat dolgoznak fel, valós időben mért légszennyezési adatokat figyelnek meg és hosszabb távon saját méréseket végeznek, hogy személyes tapasztalatot szerezzenek a kérdéskörben.

IRODALOM

- Demcakova, A., Sera, B., Sery, M., 2021: Environmental pollution as a part of environmental education in school education – example from Slovakia. *Fresenius Environmental Bulletin* 30, No.: 02A/2021, 2045–2052.
- Gelencsér A, 2015: Füstbe ment bolygó, Pannon Egyetemi Kiadó, Veszprém.
- Krajčovičová, J., Matejovičová, J., 2010: Notification of the postponement of attainment deadlines and exemption from the obligation to apply daily and annual limit values of PM₁₀ and annual limit value of NO₂ for certain zones and agglomerations of Slovakia. *Slovak Hydrometeorological Institute, Bratislava*, 94 p. <https://www.shmu.sk/File/Notification.pdf>
- Marjainé Szerényi Zs., Zsóka Á., Széchy A., 2012: Környezettudatosak-e a középiskolások? In: Fenntartható fogyasztás? Trendek és lehetőségek Magyarországon. AULA Kiadó, 226–259. http://unipub.lib.uni-corvinus.hu/1102/1/ff_otka68647p226.pdf
- Nagy M., Makovický P., Blaščáková M., Popráčová J., 2012: Egészségnevelés és egészségkultúra az iskolában. A SJE Nemzetközi Tudományos Konferenciája – Medzinárodná vedecká konferencia UJS, „Művelődés–Identitás–Egészség” – „Vzdelávanie–identita–zdravie, Komárom, 2012. szeptember 13–14 – Komárom, 13-14. september 2012, 685–689.
- Pogány A., 2011: Ammónia koncentráció- és fluxusmérő műszer fejlesztése környezetvédelmi kutatásokhoz. PhD dolgozat, Szegedi Tudományegyetem, 105 oldal http://doktori.bibl.u-szeged.hu/id/ep-rint/680/1/PhD_PA.pdf
- Szűcs V., Hámori J., 2016: A fiatalok fenntartható fejlődéssel kapcsolatos ismereteinek és környezettudatos magatartásának kvalitatív vizsgálata. *Journal of Central European Green Innovation* 4(2), 121–134. <http://greeneconomy.karolyrobert.hu/>
- Radnóti K., Nahalka I., 2002: A fizikatanítás pedagógiája. 3. fejezet: Különböző tudományterületek kapcsolatai a fizikával. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 55–99. oldal.
- Szabó A.I., 2020: Civilizációnk „megszokott” csendes gyilkosa: a légszennyezettség. Másfélfok. Éghajlatváltozás közérthetően. <https://masfelfok.hu/2020/05/14/civilizacionk-csendes-gyilkosa-legszennyezettseg/>

Vörös A.I.V., 2009: A környezeti nevelés lehetőségei a fizika oktatásában. Fizikaoktatás tartalmasan és érdekesen. Konferenciakötet 215–220. <http://users.atw.hu/fizkonf/konfkotet.pdf>

Zsóka, Á., Marjainé Szerényi, Zs., Széchy, A., Kocsis, T., 2013: Greening due to environmental education? Environmental knowledge, attitudes, consumer behavior and everyday pro-environmental activities of Hungarian high school and university students. Journal of Cleaner Production 4(8), 126–138.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.11.030>

INTERNET-ES HIVATKOZÁS

- [1] https://www.oktatas.hu/kozneveles/kerettantervek/2020_nat/kerettanterv_gimn_9_12_evf
- [2] https://www.statpedu.sk/files/sk/svp/maturitne-skusky/platne-od-sk-r-2018/2019/cp_geografia_2019.pdf
- [3] https://www.oktatas.hu/kozneveles/erettsegi/kozismereti_vizsgatargyak_2023ig
- [4] https://www.oktatas.hu/kozneveles/erettsegi/kozismereti_vizsgatargyak_2024tol
- [5] <http://aqicn.org/map/world/>
- [6] <http://www.levegominoseg.hu/>
- [7] <https://www.nkp.hu/okostankonyvek>
- [8] A környezetvédelem alapjai, ELTE, 2012, In: Pongrácz Rita: Levegőszennyezés és éghajlatváltozás, 154-217.
- [9] https://www.ksh.hu/stadat_eves_5
- [10] <https://www.eea.europa.eu/hu/themes/air>
- [11] <https://www.ksh.hu/stadat?theme=kor>
- [12] <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps>

LEVEGŐKÉMIAI ÉS HUMÁN BIOMONITORING VIZSGÁLATOKKAL A FATÜZELÉS NYOMÁBAN

Balogh Boglárka Sára^{1,2}, Csákó Zsófia¹, Nyiri Zoltán¹, Szigeti Tamás¹

¹Nemzeti Népegészségügyi Központ, Budapest; ²ELTE Környezettudományi Doktori Iskola, Budapest
balogh.boglarka@nnk.gov.hu

A fatüzelést gyakran „tisztá” vagy „zöld” fenntartható és természetes energiaforrásnak nevezik, mivel a klímapolitika elősegíti a megújuló forrásokból származó energia felhasználását. Azonban a lakossági biomassza égetés, elsősorban fűtési célú használata nagymértékben hozzájárul a gyakorta kedvezőtlen levegőminőség kialakulásához. A magyar háztartásokban a fa gyakran nem hatékony, rosszul szellőztetett tüzelőberendezésben ég el, és a tökéletlen égés következtében számos, egészségre ártalmas kémiai anyag keletkezik. Ezen légszennyezők jelentősen hozzájárulnak a globális betegségteherhez és nem kívánatos rövid- és hosszú távú egészségi kimenetekhez vezetnek. A Nemzeti Népegészségügyi Központban célul tűztük ki a biomassza égetésnek tulajdonítható légszennyezettség vizsgálatát, így kétszer kéthetes mintavételi és helyszíni mérési kampány keretében a PM_{2.5} tömegkoncentráció mellett vizsgáltuk a biomassza égetés egyik nyomjelző vegyületének (levoglükozán) térbeli és időbeli változékonyságát. A felmérést két különböző fűtési szokásokkal jellemezhető magyarországi településen (Nógrádmegyer, Esztergom) végeztük 2020-ban a fűtési (január-február) és nem fűtési időszakban (augusztus-szeptember). Míg Nógrádmegyeren a szilárd tüzelőanyagok fűtési célra történő használata jelentős mértékű, addig Esztergomban a távhővel, gázzal való fűtési mód a jellemző. A környezeti levegő monitorozása mellett humán biomonitoring vizsgálatot is végeztünk, melynek célja, hogy azonosítsuk a fatüzelésből származó légszennyezők biomarker vegyületeit önkéntesektől gyűjtött biológiai minták segítségével. Vizeletmintából határozható meg a fatüzelés jellemző vegyülete, a levoglükozán, melynek biomarkerként történő alkalmazásáról az eddigi kutatások ellentmondó eredményekről számoltak be. Az önkéntesektől két alkalommal gyűjtöttünk reggeli első vizelet mintát, a fűtési, majd a nem fűtési időszakban. A két település közül Nógrádmegyeren a fűtési szezonban az átlag PM_{2.5} tömegkoncentráció kb. 1.7-szer olyan magas volt, mint az Esztergomban mért átlagérték. A fűtési és nem fűtési időszakban mért PM_{2.5} tömegkoncentráció értékek között szignifikáns eltérés volt kimutatható. Az Egészségügyi Világszervezet által meghatározott 24-órás PM_{2.5} átlagkoncentrációra vonatkozó irányértéket (15 µg/m³) a nógrádmegyeri minták 79%-a és az esztergomi minták 50%-a haladta meg a fűtési időszakban. A fatüzelés egyik jellemző marker vegyülete a levoglükozán, melynek átlag koncentrációja Nógrádmegyeren 1.5-ször olyan magas volt, mint az Esztergomban mért átlag érték. A PM_{2.5} mintákban a levoglükozán medián koncentrációja a fűtési időszakban egy nagyságrenddel magasabb volt, mint a nem fűtési időszakban. A vizeletmintákban mért levoglükozán medián-koncentráció értékek között szignifikáns eltérés volt kimutatható a Nógrádmegyeren élők körében a fűtési és nem fűtési időszakban mért eredmények között, illetve a felnőtteknél a fűtési időszakban a két település között. A PM_{2.5} mintákban és azok mintavétele során gyűjtött vizeletmintákban mért levoglükozán koncentrációk között nem volt szignifikáns összefüggés, kivéve Nógrádmegyeren a felnőttek esetén, a két mintavételi időszakot együttesen elemezve. Az eredmények azt jelzik, hogy a vizeletben lévő levoglükozán koncentrációt befolyásolja a faégetésnek való kitettség. Az évtrend a levoglükozán kitettség másik lehetséges forrása. A kérdőíves felmérés és a vizeletben lévő levoglükozán koncentrációk együttes elemzését követően megállapítható, hogy levoglükozán forrásként számon tartott élelmiszer bevitel erőteljesebben befolyásolhatja a vizelet levoglükozán koncentráció szintjét, mint a magas fafüst expozíció szintnek való kitettség. Összességében kijelenthető, hogy a levoglükozán korlátozottan alkalmazható (egyéb befolyásoló tényezők figyelembevételével) a biomassza tüzelésből származó légszennyezettség biomarkereként. Az eredmények rámutattak arra, hogy a faégetés során jelentős mennyiségű légszennyező anyag keletkezik. A felmérés eredményei azt sugallják, hogy a karbon-semleges szilárd tüzelőanyagok (fa) népszerűsítése helyett különösen sürgős a szilárd tüzelőanyagok háztartási használatának csökkentése és szabályozása.

A KONFERENCIÁN BEMUTATOTT POSZTER



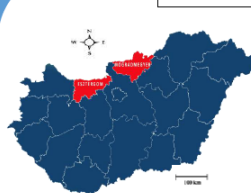
Levegőkémiai és humán biomonitoring vizsgálatokkal a fatüzelés nyomában

BALOGH Boglárka Sára ^{1,2}, CSÁKÓ Zsófia ¹, NYIRI Zoltán ¹, SZIGETI Tamás ¹¹ Nemzeti Népegészségügyi Központ, Budapest; ² ELTE Környezettudományi Doktori Iskola, Budapest

HÁTTÉR

Világsszerte egyre nagyobb érdeklődést tanúsítanak a fatüzelésnek tulajdonítható légszennyezés kutatására, mivel a fa fűtőanyagként való felhasználása széles körben terjed. A fatüzelést gyakran „tisztá” vagy „zöld” fenntartható és természetes energiaforrásnak nevezik, mivel a klímapolitika elősegíti a megújuló forrásokból származó energia felhasználását. Azonban a lakossági biomassza égetés, elsősorban fűtési célú használata nagymértékben hozzájárul a gyakorta kedvezőtlen levegőtisztaság kialakulásához. A magyar háztartásokban a fa gyakran nem hatékony, rosszul szellőztetett tüzelőberendezésben ég el és a tökéletlen égés következtében számos, egészségre ártalmas kémiai anyag keletkezik. Ezen légszennyezők jelentősen hozzájárulnak a globális betegségterhez és nem kívánatos rövid és hosszú távú egészségi kimenetekhez vezetnek. A környezeti levegő monitorozása mellett humán biomonitoring vizsgálatot is végeztünk, melynek célja, hogy azonosítsuk a fatüzelésből származó légszennyezők biomarker vegyületeit önkéntesektől gyűjtött biológiai minták segítségével. Vízletmintából határozható meg a fatüzelés jellemző vegyülete, a levoglükózán, melynek biomarkerként történő alkalmazásáról az eddigi kutatások ellentmondó eredményekről számoltak be.

MINTAVÉTELI KAMPÁNY



Mintavételi helyszínek:

- Nógrádmegyer: jelentős mértékű a szilárd tüzelőanyag használata
- Esztergom: távhővel, gázzal való fűtési mód a jellemző

Mintavételi időszak:

2020-as fűtési és nem fűtési időszak

Vizsgált markerek:

PM_{2.5}, levoglükózán

Vizsgált biomarker:

levoglükózán

Vízlet mintavétel:

Két alkalommal reggeli első vízlet mintavétel

Vizsgált populáció:

- 6-12 éves gyermek + az egyik szülő
- 192 db önkéntes résztvevő → összesen 384 db vízletminta

MÓDSZER

Levegőkémiai vizsgálat



Lakossági fatüzelés



Mintavételi kampány



Mintaelőkészítés



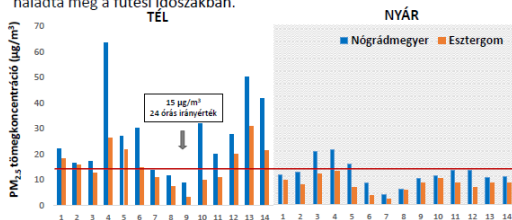
Analízis



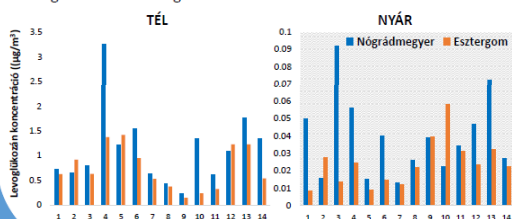
Humán biomonitoring vizsgálat

Levegőkémiai vizsgálat

A fűtési és nem fűtési időszakban mért PM_{2.5} tömegkoncentráció értékek között szignifikáns eltérés volt kimutatható. A két település közül Nógrádmegyeren a PM_{2.5} tömegkoncentráció kb. 1.7-szer olyan magas volt, mint az Esztergomban mért átlagérték. Az Egészségügyi Világszervezet által meghatározott 24-órás PM_{2.5} átlagkoncentrációra vonatkozó irányértéket (15 µg/m³) a nógrádmegyeri minták 79%-a és az esztergomi minták 50%-a haladta meg a fűtési időszakban.

1. ábra: PM_{2.5} tömegkoncentráció alakulása.

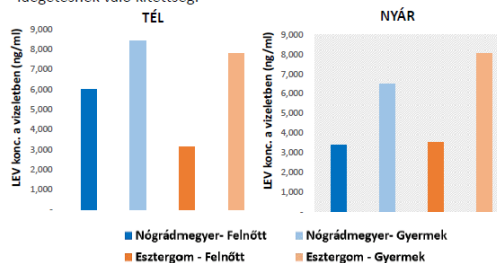
A széles körben alkalmazott, biomassza égetés marker vegyületei között szignifikáns összefüggés volt megfigyelhető a fűtési időszakban, melyből következtethető, hogy azonos forrásból származnak. A PM_{2.5} mintákban a levoglükózán medián koncentrációja a fűtési időszakban egy nagyságrenddel magasabb volt, mint a nem fűtési időszakban. A fatüzelést jelző markerek koncentrációja magasabb volt Nógrádmegyeren, mint Esztergomban mindkét mérési kampány tekintetében. A levoglükózán átlag koncentrációja Nógrádmegyeren 1.5-ször olyan magas volt, mint az Esztergomban mért átlag érték.



2. ábra: Biomassza égetés marker vegyületei

Humán biomonitoring vizsgálat

A vízletmintákban mért levoglükózán medián-koncentráció értékek között szignifikáns eltérés volt kimutatható a Nógrádmegyeren élők körében a fűtési és nem fűtési időszakban mért eredmények között, illetve a felnőtteknél a fűtési időszakban a két település között. Nógrádmegyeren a fűtési időszakban mért átlag levoglükózán koncentráció a felnőttek esetében 1.8-szor, gyermekek körében 1.3-szor olyan magas volt, mint a nem fűtési időszakban mért átlag érték. Mindkét mintavételi időszakban a levoglükózán koncentrációja jelentősen magasabb volt a gyermekek vízletében, mint a felnőtt résztvevők mintájában. A PM_{2.5} mintákban és azok mintavétele során gyűjtött vízletmintákban mért levoglükózán koncentrációk között nem volt szignifikáns összefüggés, kivéve Nógrádmegyeren a felnőttek esetén a két mintavételi időszakot együttesen elemezve. Az eredmények azt jelzik, hogy a vízletben lévő levoglükózán koncentrációt befolyásolja a faégetésnek való kitettség.



3. ábra: A vízletminták levoglükózán koncentrációi.

Az étrend – pontosabban a karamellás és füstaromás élelmiszerek - a levoglükózán kitettség másik lehetséges forrása. A kérdőíves felmérés és a vízletben lévő levoglükózán koncentrációk együttes elemzését követően megállapítható, hogy levoglükózán forrásként számon tartott élelmiszer bevétele erőteljesebben befolyásolhatja a vízlet levoglükózán koncentráció szintjét, mint a magas fafűtési expozíció szintnek való kitettség. Összességében kijelenthető, hogy a levoglükózán korlátozottan alkalmazható (egyéb befolyásoló tényezők figyelembevételével) a biomassza tüzelésből származó légszennyezetté biomarkereként.

KONKLÚZIÓ

A megújuló energiákról szóló irányelv előírja, hogy minden európai uniós országnak 2030-ig energiájának legalább 32%-át megújuló forrásokból kell beszereznie. Az uniós jogszabályok értelmében a biomassza karbon semleges, abból a feltételezésből kiindulva, hogy a szilárd biomassza elégetésekor felszabaduló szén újra felhasználásra kerül a fa növekedése során. Az eredmények rámutattak arra, hogy a faégetés során jelentős mennyiségű légszennyező anyag keletkezik. A felmérés eredményei azt sugallják, hogy a karbon-semleges szilárd tüzelőanyagok (fa) népszerűsítése helyett különösen sürgős a szilárd tüzelőanyagok háztartási használatának csökkentése és szabályozása.

Németh Ákos

Az időjárási preferenciák szerepe a turisztikai klimatológiai vizsgálatokban



Az éghajlattól és/vagy az időjárástól való függőség



ESZTÉTIKAI
Napfénytartam
Látási viszonyok
Köd
Nappal hossza



Vonzerő, élvezet

TERMIKUS

A levegő hőmérsékletének, a szélnek, a napsugárzásnak, a levegő nedvességének együttes hatása

Termikus komfort

2.3. ábra: A Turisztikai Minőség Index (TMI) egyes al-indexeinek átlagos értékei (szerkesztette Káncs N. Készlet *et al.* 2017)

Mieczkowski-féle TCI

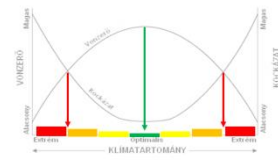
$$TCI = 8Cl_4 + 2Cl_3 + 4S + 4R + 2W$$


ORSZÁGOS
METEOROLÓGIAI
SZOLGÁLAT

A photograph of two young women playing in the ocean. They are standing in the shallow surf, with white foam from the waves splashing around them. The woman on the left is wearing a white tank top and red shorts, and the woman on the right is wearing a white tank top and dark shorts. They are both smiling and looking towards the camera. The background is a deep blue ocean under a clear sky.

Kéri M., 1974

Természeti kincs
Turizmust **korlátozó** tényező
Turisztikai **keresletet meghatározó** tényező
Kockázati tényező



A turisztikai potenciál és a klíma kapcsolata A. H. Perry (1997) alapján, C. R. de Freitas (2003) szerint

FIZIKAI
Szél
Csapadék
Hó / jég
Szélsőséges időjárás
Levegő minőség
UV sugárzás
Szagok / zajok

**Bosszúság, veszély;
tevékenység**

ESZTÉTIKAI	FIZIKAI	TERMÉKUS
Napfénytartam	Szél	A levegő hőmérsékletének, a szélnek, a nap sugarzásának, a levegő nedvességének együttes hatása
Látási viszonyok	Csapadék	
Köd	Hő / jég	
Nappal hossza	Szélsőséges időjárás	
	Levegő minőség	
	UV sugarzás	
	Szagok / zajok	

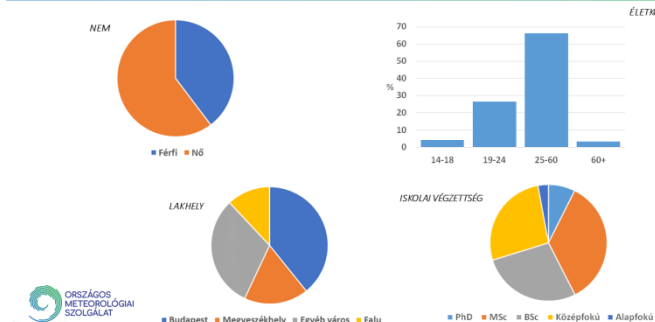
Vonzóerő élvizet

**Bosszúság, veszély;
tevékenység**

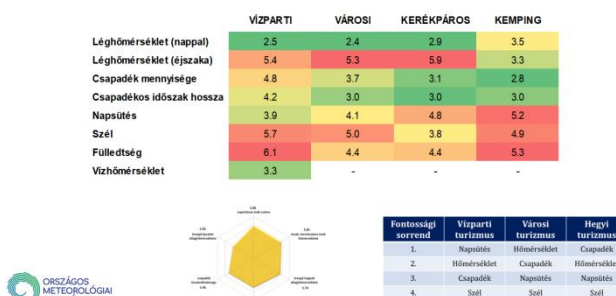
Termikus komfort

EREDMÉNYEK

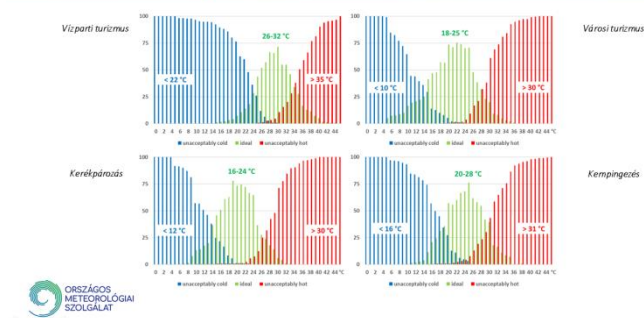
Kérdőívezés – Demográfiai adatok



Különböző időjárási paraméterek fontossága



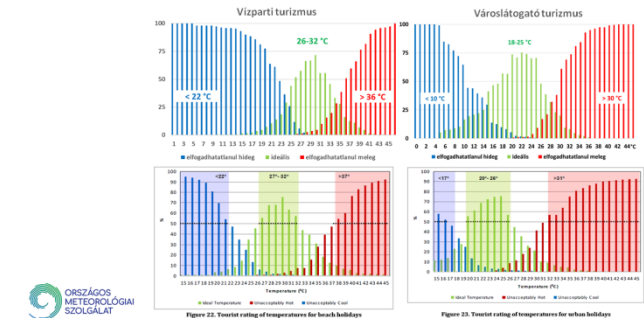
Hőmérsékleti preferenciák



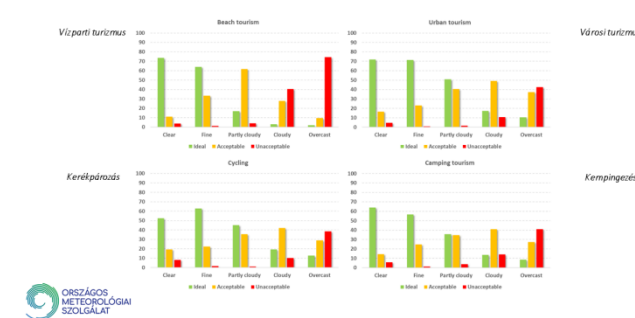
Hőmérsékleti preferenciák

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40		
Beach tourism																																										
Urban tourism																																										
Cycling																																										
Camping tourism (d)																																										
Camping tourism (n)																																										

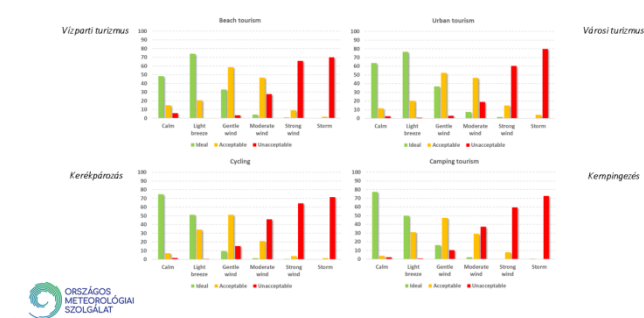
Hőmérsékleti preferenciák



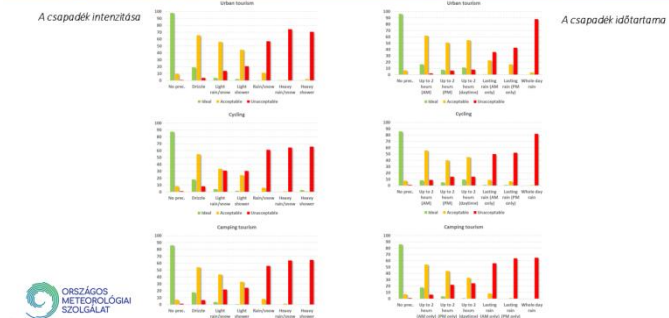
Felhőzet preferenciák



Szél preferenciák



Csapadék preferenciák



Összefoglalás

- Kérdőíves felmérést végeztünk a különböző turisztikai tevékenységek időjárás-preferenciáinak meghatározására.
- Minden időjárási paraméter más-más módon befolyásolja a turisztikai tevékenységet. Meghatároztuk a különböző turisztikai tevékenységekhez releváns meteorológiai paramétereket és azok fontosságát. Meghatároztuk az egyes paraméterek küszöbértékeit.
- Az eredményeket felhasználtuk/felhasználjuk a CIT időjárás tipológiai mátrixának finomításához. Új mátrix létrehozása is megtörtént a kempingturizmus számára.

Köszönöm a figyelmet!

AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS REKREÁCIÓRA GYAKOROLT HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA HAZÁNK TERÜLETÉRE

INVESTIGATION OF THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON RECREATION IN HUNGARY

Kovács Attila¹, Király Andrea²

¹ Szegedi Tudományegyetem, Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék, 6722 Szeged, Egyetem u. 2., kovacsattila@geo.u-szeged.hu; ² Országos Meteorológiai Szolgálat, Modellezési Osztály, 1024 Budapest, Kitaibel Pál u. 1., andrea.kiraly.elte@gmail.com

ÖSSZEFOGLALÁS. Az éghajlat a turizmus kulcsfontosságú erőforrása, behatárolja a rekreációs tevékenységek körét és időszakát, alakítja a turisztikai kínálatot. Az éghajlati elemek – termikus (hőérzettel összefüggő), fizikai és esztétikai megnyilvánulásai révén – hatással bírnak a résztvevők egészségére, közérzetére és elégedettségére. A klimatikus paraméterek megváltozására a különféle rekreációs tevékenységek érzékenyen reagálnak, így rendkívül fontos annak feltérképezése, hogy egy régió rekreációs szempontú éghajlati potenciálja hogyan alakul és hogyan változhat a jövőben. Kutatásunk során Magyarország területére, járási léptékben, havi bontásban vizsgáltuk a jelenlegi és a jövőben várható viszonyokat. Ezek együttes jellemzése a módosított Turisztikai Klíma Index (mTCI) segítségével történt. Az index az éghajlati viszonyok általános szabadtéri rekreációs tevékenységekre (pl. városnézés, kikapcsolódás és egyéb könnyű fizikai tevékenységek) gyakorolt hatását számszerűsíti. A jelenlegi viszonyok elemzésére a CarpatClim-HU megfigyelési adatbázist használtuk. A jövőbeli adatokat a HIRHAM5 regionális klímamodell szolgáltatta, az RCP4.5 és RCP8.5 scenáriók alkalmazásával. Eredményeink alapján a jelenlegi és a jövőbeli viszonyok tekintetében is az átmeneti évszakok mutatkoznak kedvezőbbnek, míg nyáron visszaesés tapasztalható. A jövőben várható tendenciák május és szeptember között jellemzően a klimatikus potenciál visszaesését, az átmeneti évszakok nagy részében ugyanakkor a javulását jelzik. Eredményeink egyértelműen azt mutatják, hogy az éghajlat változása hatással lesz a hazai rekreációs klímapotenciál alakulására, így a turisztikai stratégiaalkotásnak az eddigieknél jóval nagyobb mértékben figyelembe kell vennie ezt a hatást.

Abstract. Climate is a key resource for tourism; it limits the range and period of recreational activities and influences the development of tourism supply. Climate elements, through their thermal (related to thermal sensation), physical and aesthetic manifestations, affect the health, well-being and satisfaction of the participants. Recreational activities are sensitive to changes in climatic parameters; therefore it is extremely important to reveal how a region's recreational climate potential is evolving and how it may change in the future. In the frame of our research, we examined the present and future conditions for the area of Hungary on a district level and every month from March to November. These were characterized using the modified Tourism Climate Index (mTCI). The index quantifies the impact of climatic conditions on general outdoor recreational activities (e.g., sightseeing, leisure and other light physical activities). The observational database CarpatClim-HU was used to analyze the present conditions. The future data were provided by the HIRHAM5 regional climate model relying on the RCP4.5 and RCP8.5 scenarios. The results have demonstrated that the transition seasons (spring and autumn) are more favourable in terms of present and future conditions, while there is a decline in climate potential in summer. Future trends typically indicate a decline between May and September, but an improvement in most of the transition seasons. Our results clearly show that climate change will have an impact on the development of the recreational climate potential in Hungary, and therefore tourism strategy development must take this impact into account more than before.

BEVEZETÉS. Az időjárás és az éghajlat a turizmus és rekreáció egyik kulcsfontosságú természeti erőforrása, behatárolja, esetenként korlátozza a rekreációs tevékenységek körét és időszakát, alakítja a turisztikai kínálatot (Gómez Martín, 2005). A különféle időjárási és éghajlati tényezők hatással bírhatnak többek között a résztvevők hőérzetére, egészségére, közérzetére és elégedettségére. E paraméterek fiziológiai, fizikai és pszichológiai szempontból is kifejthetik hatásukat az egyénre. A hatások jellege alapján a turizmusra és

rekreációra befolyással bíró legfontosabb időjárási és klimatikus paramétereket három tényezőcsoportba sorolhatjuk: termikus, fizikai és esztétikai (de Freitas, 2003; 1. táblázat).

A termikus tényezők közé tartozik valamennyi, hőcserefolyamatot és hőháztartást befolyásoló paraméter. Ezek szabják meg a szervezetet érő termofiziológiai stressz mértékét, valamint alakítják ki az egyének hőérzetét és komfortérzetét. A fizikai tényezők mechanikai (fizikai) hatásukon keresztül befolyásolják az egyének kényelmét és elégedettségét. Az esztétikai jellegű tényezők pedig a környezet vizuális észlelését, ezáltal vonzerejét és élvezeti értékét befolyásolják (1. táblázat).

1. táblázat. A rekreációs tevékenységeket befolyásoló fő éghajlati tényezők, jelentőségük és hatásuk jellege (de Freitas, 2003 után módosítva)

Tényező-csoport	Éghajlati tényezők	Jelentőség	Hatás jellege
Termikus	léghőmérséklet, szélsébség, légnedvesség, hőhatású (IR-) sugárzás	fiziológiai stressz, hőérzet, termikus komfort	termofiziológiai/biológiai (bioklimatológiai)
		klímaterápia	
Fizikai	UV-sugárzás	egészség, napozás, napégés	fiziológiai/biológiai (bioklimatológiai)
	levegőminőség	egészség, allergia, közérzet	
	szél	por, homok, vagyoni kár	fizikai/mechanikai
	eső	elázás, csökkent látási viszonyok és élvezet	
	hó	téli sportok, tevékenységek	
	jegesedés	személyi sérülés, vagyoni károk	
Esztétikai	napfénytartam/felhőborítottság	terület vonzereje, élvezeti értéke, vizuális komfort	pszichológiai/vizuális
	látási viszonyok, köd		
	nappal hossza	tevékenységek időtartama, kellemessége	
de Freitas (2003) szerint		de Freitas (2003) után módosítva	

Nemcsak az éghajlati paraméterek aktuális értéke, hanem azok megváltozása is jelentősen befolyásolja a turizmust és rekreációt, melyre rendkívül érzékenyen reagálnak a különféle rekreációs tevékenységek (Scott *et al.*, 2012). A fenntartható turizmusfejlesztés, valamint a klímaváltozáshoz való alkalmazkodás céljából rendkívül fontos annak feltérképezése, hogy egy adott régió rekreációs szempontú éghajlati potenciálja (feltételei) hogyan alakul és hogyan változhat a következő évtizedekben.

Az éghajlati potenciál vizsgálata mért vagy megfigyelt meteorológiai adatokat, illetve globális vagy regionális klímamodellek (GCM vagy RCM) eredményeit igényli. A klímamodellekkel az éghajlati rendszer jövőbeli állapota becsülhető. A klímamodell-projekciók minden esetben bizonytalanságokkal terheltek, melyek oka az éghajlati rendszer természetes változékonysága, a klímamodellben foglalt fizikai folyamatok közelítő leírása, valamint az éghajlati rendszert befolyásoló társadalmi-gazdasági folyamatokból eredő bizonytalanságok (Szépszó *et al.*, 2016). A jövőbeli éghajlat becsléséhez és a különböző ágazatokra gyakorolt hatások vizsgálatához rendkívül fontos a klímamodell-projekciók bizonytalanságainak figyelembevétele. Ehhez egy jól

összeválogatott modellegyüttes (ensemble) szükséges, mely több RCM kísérletet tartalmaz, több kibocsátási scenáriót alkalmazva.

A megfigyelési- és a modelladatok az éghajlati paraméterek széles spektrumát fedik le. Az egyének nem külön-külön az egyes klimatikus állapotjelzőkre, hanem azok együttes hatására reagálnak (*de Freitas*, 2003), így a rekreációs éghajlati potenciált általában nem egyetlen paraméter, hanem komplex turisztikai klimatológiai eszközök segítségével értékeljük (*Amelung and Nicholls*, 2014). Ezen eszközök a rekreáció szempontjából releváns éghajlati adatokat egy index vagy mátrix formájában integrálják (*Mieczkowski*, 1985; *de Freitas et al.*, 2008; *Scott et al.*, 2016).

Kutatásunk során a rekreációs éghajlati potenciál alakulását vizsgáltuk Magyarország területére egy komplex turisztikai klimatológiai index segítségével. Elsőként a jelenlegi viszonyokat elemezzük, melyhez rácsponti megfigyelési adatbázist használtunk fel. Ez képezte az alapját a jövőbeli viszonyok értékelésének is, melyhez regionális klímamodell adatokat alkalmaztunk. A bizonytalanságok kiegyensúlyozottabb interpretálása érdekében a vizsgált RCM esetén két kibocsátási scenárió eredményeit tanulmányoztuk.

ADATBÁZISOK ÉS MÓDSZERTAN. Az éghajlati potenciál értékelése a módosított Turisztikai Klíma Index (mTCI) (*Kovács et al.*, 2016, 2017) segítségével történt. Az index az éghajlati viszonyok általános szabadtéri rekreációs tevékenységekre (pl. városnézés, kikapcsolódás és egyéb könnyű fizikai tevékenységek) gyakorolt hatását számszerűsíti. Az index meghatározásához a következő napi adatok havi átlagait (a csapadék esetén havi összegeit) használtuk fel: maximum-hőmérséklet, átlaghőmérséklet, minimum relatív nedvesség, átlagos relatív nedvesség, átlagos szélesebség, átlagos felhőborítottság, napfénytartam és csapadékösszeg. Az index -20 és $+100$ közötti értékeket vehet fel, ahol a magasabb értékek kedvezőbb viszonyokat jeleznek a szabadtéri rekreációs tevékenységek számára (*Mieczkowski*, 1985; *Kovács et al.*, 2016) (2. táblázat).

2. táblázat. A módosított Turisztikai Klíma Index (mTCI) értékelő rendszere
(*Mieczkowski*, 1985; *Kovács et al.*, 2016)

mTCI-érték	Leíró kategóriák
90 – 100	ideális
80 – 89	kitűnő
70 – 79	nagyon jó
60 – 69	jó
50 – 59	elfogadható
40 – 49	semleges
30 – 39	kedvezőtlen
20 – 29	nagyon kedvezőtlen
10 – 19	rendkívül kedvezőtlen
$-20 - 9$	alkalmatlan

A fenti éghajlati adatokból az mTCI-t először a jelenlegi klíma jellemzése érdekében az 1971–2000 referencia-időszakra számoltuk ki. E célra a CarpatClim-HU megfigyelési adatbázist használtuk, melyet az Országos Meteorológiai Szolgálat hozott létre (*Bihari et al.*, 2017). Az adatbázis rácsponti meteorológiai adatokat tartalmaz $0,1^\circ \times 0,1^\circ$ -os (kb. 10 km-es) horizontális térbeli felbontásban, Magyarország területére. E rácsponti adatokat ellenőrzött, homogenizált meteorológiai mérési adatokból, $0,1^\circ$ -os rácsra történő interpolálással hozták létre.

A klímamodell adatokat az EURO-CORDEX adatbázis szolgáltatta, mely számos RCM szimuláció eredményét tartalmazza, többféle horizontális felbontásban Európa területére (*Jacob et al.*, 2014). A felbontást tekintve a $0,11^\circ$ -os (kb. 12,5 km-es) szimulációk közül válogattunk. Jelen elemzés során az EC-EARTH globális klímamodell (*Hazeleger et al.*, 2010) által meghajtott, a dán meteorológiai szolgálat által fejlesztett HIRHAM5

regionális klímamodell (*Christensen et al.*, 1998) eredményeit tekintjük át. A kibocsátási scenáriók közül az RCP4.5 és RCP8.5 (Representative Concentration Pathways; *Moss et al.*, 2010) eredményeket használtuk. E két forgatókönyv az üvegházhatást okozó gázok koncentrációjának lehetséges alakulása szempontjából meglehetősen eltérő. Az RCP4.5 egy köztes stabilizációs scenárió, melyben a sugárzási kényszer $4,5 \text{ Wm}^{-2}$ -es értéken stabilizálódik 2100-ban. Az RCP8.5 esetében a kibocsátás a 21. század során folyamatosan emelkedik, és a sugárzási kényszer $8,5 \text{ Wm}^{-2}$ -es értéket ér el 2100-ra.

A jövőbeli viszonyok értékeléséhez jelen cikkben a 2071–2100-as időszak elemzését mutatjuk be. A modellkísérletek eredményeit a megfigyelési adatbázis 1971–2000 referencia-időszakának értékeivel, a delta-módszerrel (*Hawkins et al.*, 2013) korrigáltuk. A modelladatok esetében a nyers rácsponti adatokból sokévi átlagokat képeztünk, valamint a CarpatClim-HU rácsára interpoláltuk őket. A szimulációk bizonytalanságaiból eredő szisztematikus hibák eliminálása céljából a delta-módszert használtuk. Eszerint a jövőbeli modelleredményeket nem önmagukban interpretáltuk, hanem az adott szimuláció által a választott referencia-időszakhoz képest adott változásértékek segítségével. Így tehát minden egyes rácspont és modelladat esetében meghatároztuk a jövőbeli értékeik (2071–2100) és a referencia-időszakbeli értékeik (1971–2000) közötti különbségeket, majd ezt követően ezeket a változásértékeket hozzáadtuk a referencia-időszak megfigyelési adataihoz (CarpatClim-HU, 1971–2000).

Az mTCI-eredményeket havi bontásban (márciustól novemberig) és járási felbontásban prezentáljuk. E célra járási átlagértékeket képeztünk a rácspontokra kiszámolt havi mTCI-értékekből, végül az index így kapott térbeli eloszlását térképes formában ábrázoltuk a vizsgált hónapokra.

EREDMÉNYEK. Az mTCI-eredmények térképi megjelenítése a 2. táblázat leíró kategóriái alapján történt. A 40 alatti értékek alacsony száma miatt ezen értékeket egyetlen, „kedvezőtlen” elnevezésű kategóriába soroltuk.

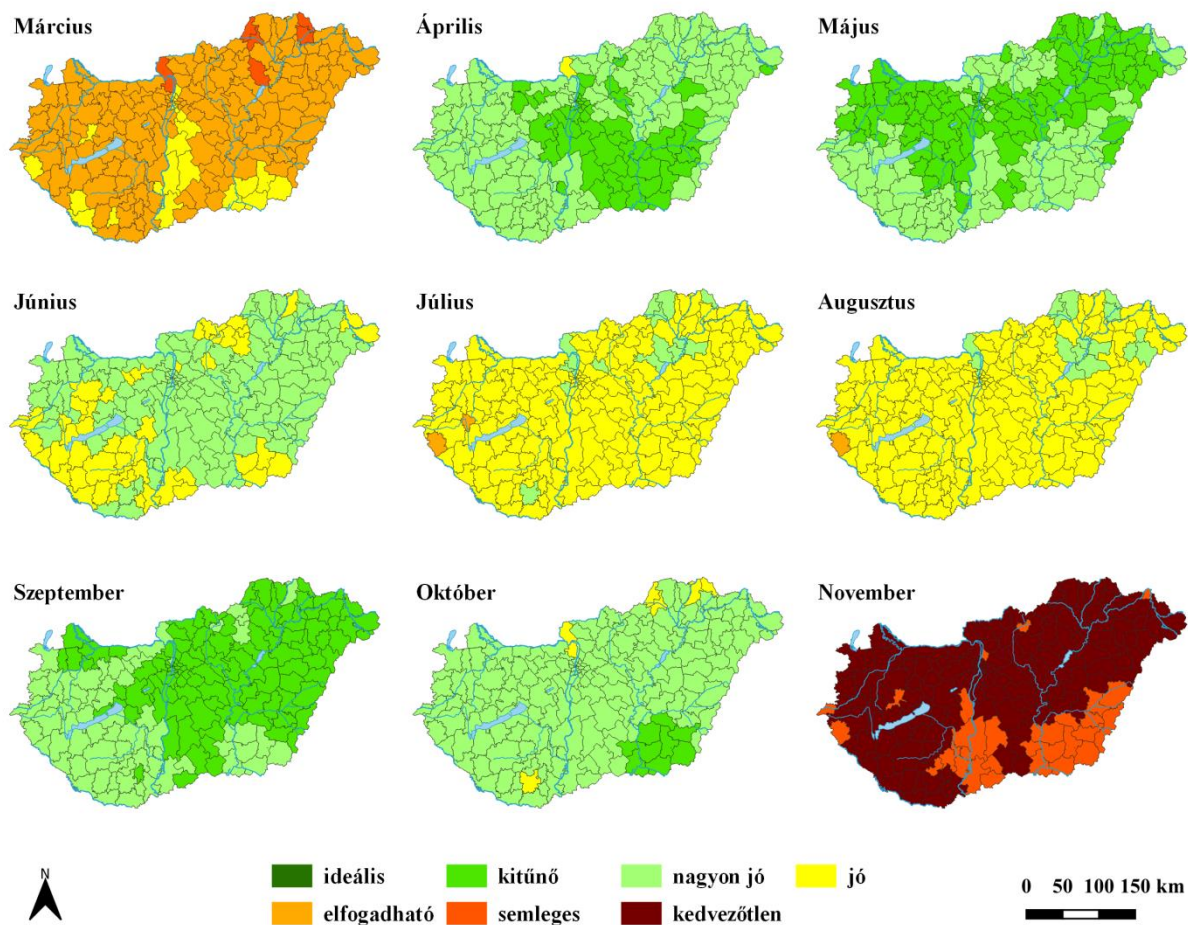
Az 1971–2000 időszak havi bontású eredményeit a CarpatClim-HU adatbázis alapján az 1. ábra szemlélteti. A legkedvezőtlenebb hónapnak a november mutatkozik, az ország nagy részén „kedvezőtlen”, a Dél-Alföldön „semleges” viszonyokkal. A novembert a március követi, amikor már általában „elfogadhatók” a körülmények, csak néhány hegyvidéki terület marad „semleges” kategóriával jellemezhető, míg néhány déli járásban már a „jó” viszonyok is megjelennek. Áprilisban az éghajlati potenciál jelentős javulása figyelhető meg, elérve a „nagyon jó”, sőt az Alföldön a „kitűnő” viszonyokat. Májusban hasonlóan kedvezőek maradnak a körülmények, majd júniustól egy fokozatos visszaesés kezdődik, ami szeptemberig tart. Júniusban ugyanis a tavaszi „kitűnő” körülmények „nagyon jóvá” redukálódnak és néhány helyen a „jó” viszonyok is megjelennek, júliusban és augusztusban pedig már a „jó” körülményekkel rendelkező területek uralkodnak az országban. Meg kell említeni, hogy ezen körülmények is még kedvező potenciállal bírnak a szabadtéri aktivitás szempontjából. Szeptemberben jelentős javulás figyelhető meg, s az ország több mint fele ismét „kitűnő” viszonyokkal rendelkezik, így a májusihoz hasonló mTCI-eloszlás bontakozik ki. Októberben mérsékelt visszaesés kezdődik, az ország nagy részén „nagyon jó” viszonyok mutatkoznak. Ezt követően novemberben már jelentős, 3-4 kategóriányi visszaesés tapasztalható, s a „kedvezőtlen” vagy „semleges” viszonyok válnak uralkodóvá.

Összefoglalva elmondhatjuk, hogy tavasszal jelentős javulás mutatkozik, június és szeptember között ugyanakkor egy mérsékelt visszaesés tapasztalható. Ősszel ismét egy határozott javulás, míg novemberben az éghajlati potenciál jelentős hanyatlása történik. Az eredmények alapján az index évi menete bimodálisnak tekinthető, tehát tavasszal és ősszel kedvezőbbek a klimatikus viszonyok, mint nyáron (1. ábra).

A jövőbeli mTCI-eloszlást elsőként a HIRHAM5 modell RCP4.5 scenárióát alkalmazó szimulációja alapján tanulmányozzuk (2. ábra). A jelenlegi időszakhoz hasonlóan az mTCI mintázata bimodális szerkezetet mutat, ugyanis a legkedvezőbb körülményeket áprilisban, májusban, illetve szeptemberben és októberben találjuk („nagyon jó” vagy „kitűnő” viszonyok).

Az eredményeket a referencia-időszakkal (1. ábra) összevetve márciusban és novemberben jelentős, az ország nagy részén egy kategóriányi javulás valószínűsíthető. Ezen felül még októberben mutatkozik kedvező irány az alföldi területeken. Május és szeptember között ugyanakkor az ország nagy részén egy kategóriányi visszaesés figyelhető meg. Májusban és szeptemberben az ország nagy részén „kitűnő” helyett „nagyon jó”

viszonyok valószínűek. A nyár valamennyi hónapjában szintén kedvezőtlen tendencia figyelhető meg. Júniusban a „jó” körülmények válnak uralkodóvá a „nagyon jó” rovására, míg néhány járásban az „elfogadható” viszonyok is feltűnnek. Júliusban a Dunántúlon, míg augusztusban már az ország nagy részén csak „elfogadható” potenciál valószínű a „jó” helyett.

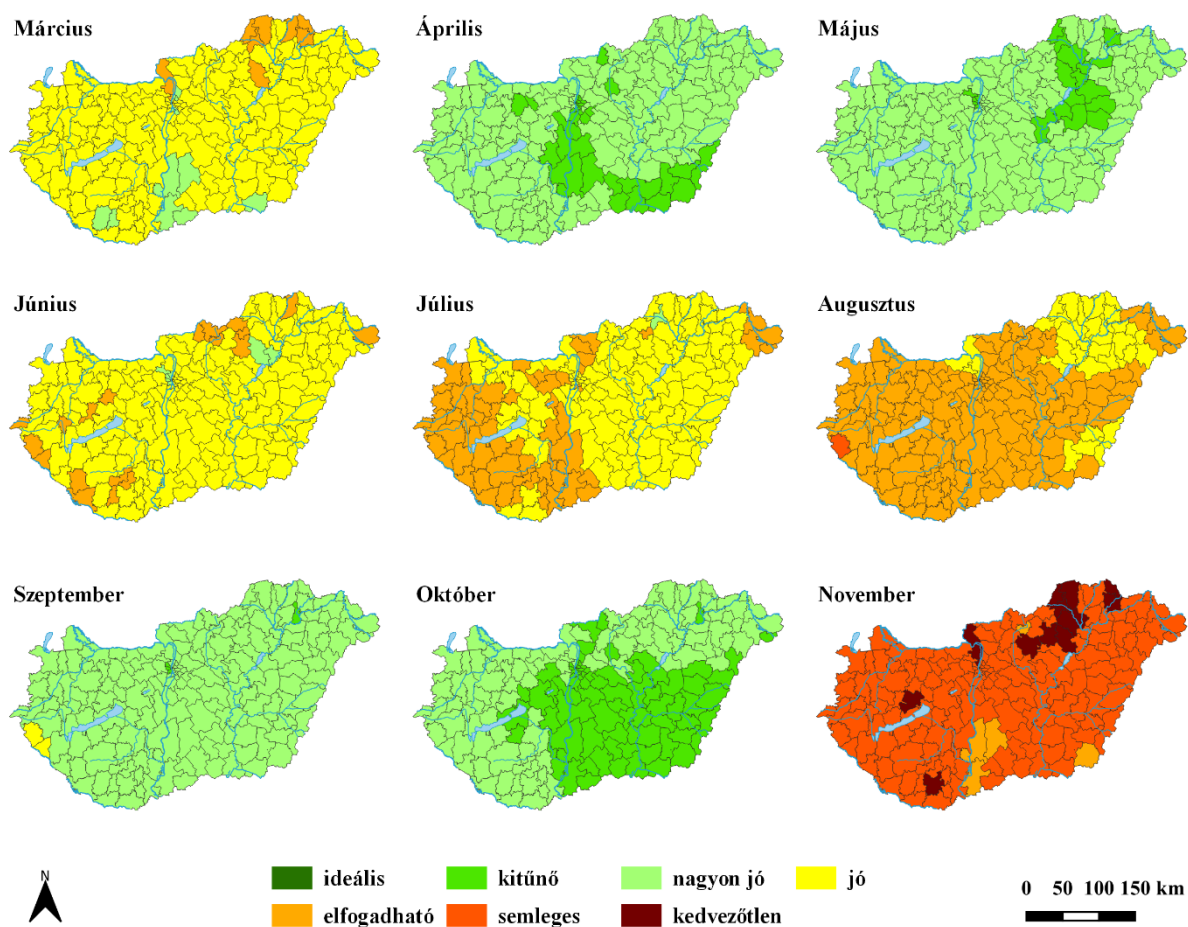


1. ábra. Az mTCl-kategóriák térbeli eloszlása járásonként, havi bontásban az 1971–2000 időszakra a CarpatClim-HU adatbázis alapján

Összefoglalva, március-áprilisban és október-novemberben egy kategóriányi javulás, vagy néhány esetben változatlan viszonyok valószínűsíthetők. Ugyanakkor május és szeptember között, mely időszak jelentős turisztikai forgalommal bír hazánkban, egy kategóriányi visszaesés, néhol esetleg stagnálás lehetséges (2. ábra).

Az RCP8.5 scenárión alapuló modelleredményeket a 3. ábra szemlélteti. Ez a szimuláció is általában javulást mutat márciusban, áprilisban, októberben és novemberben a referencia-időszakhoz viszonyítva. Különösen a márciusi és a novemberi változás figyelemre méltó, mivel az ország egész területén egy vagy két kategóriával kedvezőbb viszonyok valószínűsíthetők. Áprilisban és októberben a Dunántúlon változatlan, a keleti országrészben egy kategóriával alkalmasabb körülmények lehetségesek. Május és szeptember között ugyanakkor az ország csaknem egésze kedvezőtlenebbé válik általában egy kategóriával.

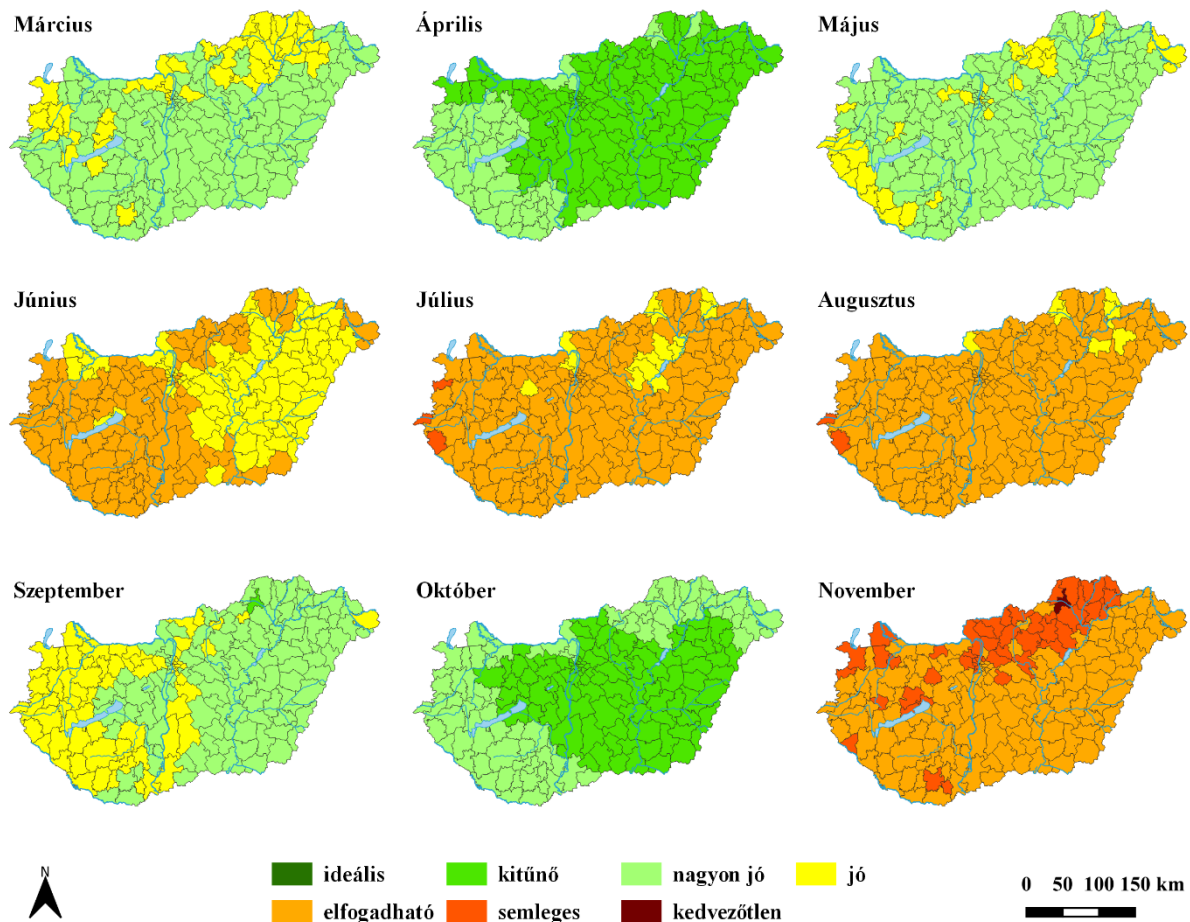
Jelen RCP8.5 scenárió nagyobb mértékű vagy nagyobb területet érintő változásokat jelez mindkét (pozitív és negatív) irányban, mint az RCP4.5 scenárió. Ugyanis márciusban a „nagyon jó” viszonyok válhatnak uralkodóvá a „jó” helyett, míg novemberben „elfogadható” körülmények mutatkoznak a „semleges” helyett. Áprilisban és októberben a „kitűnő” klasszifikációval bíró területek aránya nagyobb az RCP8.5 esetén. Májusban és szeptemberben – mely során kedvezőtlen irányú tendencia figyelhető meg – az ország néhány területe csupán „jó” viszonyokkal bír a „nagyon jó” helyett. A nyári hónapokban pedig az „elfogadható” kategória válik uralkodóvá az ország legnagyobb részén az RCP4.5 esetén látott „jó” viszonyok helyett (3. ábra).



2. ábra. Az mTCI-kategóriák térbeli eloszlása járásokként, havi bontásban a 2071–2100 időszakra az EC-EARTH meghajtású HIRHAM5, RCP4.5 szimuláció alapján

ÖSSZEGZÉS. Eredményeink alapján a jelenlegi és a jövőbeli viszonyok tekintetében is az átmeneti évszakok mutatkoznak kedvezőbbnek, míg nyáron visszaesés tapasztalható. A jövőben várható tendenciák május és szeptember között jellemzően a klimatikus potenciál visszaesését, az átmeneti évszakok nagy részében (március-áprilisban és október-novemberben) ugyanakkor a javulását jelzik. Az RCP8.5 szcenárió alkalmazásával jellemzően nagyobb mértékű vagy nagyobb területet érintő változásokat tapasztalhatunk mindkét irányban, mint az RCP4.5 esetén. A szimulációk által mutatott tendenciák egyértelműen azt jelzik, hogy az éghajlat megváltozása hatással lesz a hazai turisztikai klímapotenciál alakulására. A turisztikai stratégiaalkotásnak az eddigieknél jóval nagyobb mértékben figyelembe kell vennie azt a hatást, amit az éghajlat megváltozása az ágazatra kifejthet. A turisztikai kínálat és jövőkép formálásában megkerülhetetlen az adaptáció lehetőségeinek erősítése mind a kínálati, mind a keresleti oldalon, valamint a klímatudatos szemlélet bevezetése.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS. A kutatás az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-20-4-SZTE-617 kód-számú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült. A szerzők köszönetüket fejezik ki az EURO-CORDEX klímamodellező csoportoknak a nyers modelleredmények elkészítéséért és közzétételéért.



3. ábra. Az mTCl-kategóriák térbeli eloszlása járásonként, havi bontásban a 2071–2100 időszakra az EC-EARTH meghajtású HIRHAM5, RCP8.5 szimuláció alapján

IRODALOM

- Amelung B, Nicholls S (2014): Implications of climate change for tourism in Australia. *Tourism Manage* 41, 228–244.
- Bihari Z, Lakatos M, Szentimrey T (2017): Felszíni megfigyelésekből készített rácsponti adatbázisok az Országos Meteorológiai Szolgálatnál. *Léggör* 62, 148–151.
- Christensen OB, Christensen JH, Machenhauer B, Botzet M (1998): Very high-resolution regional climate simulations over Scandinavia – present climate. *J Clim* 11, 3204–3229.
- de Freitas CR (2003): Tourism climatology: evaluating environmental information for decision making and business planning in the recreation and tourism sector. *Int J Biometeorol* 48, 45–54.
- de Freitas CR, Scott D, McBoyle G (2008): A second generation climate index for tourism (CIT): specification and verification. *Int J Biometeorol* 52, 399–407.
- Gómez Martín B (2005): Weather, climate and tourism. A geographical perspective. *Ann Tourism Res* 32, 571–591.
- Hawkins E, Osborne TM, Ho CK, Challinor AJ (2013): Calibration and bias correction of climate projections for crop modelling: An idealised case study over Europe. *Agric For Meteorol* 170, 19–31.
- Hazeleger W, Severijns C, Semmler T et al. (2010): EC-Earth: A seamless Earth-system prediction approach in action. *Bull Am Meteorol Soc* 91, 1357–1364.
- Jacob D, Petersen J, Eggert B et al. (2014): EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research. *Reg Environ Change* 14, 563–578.
- Kovács A, Unger J, Gál CV, Kántor N (2016): Adjustment of the thermal component of two tourism climatological assessment tools using thermal perception and preference surveys from Hungary. *Theor Appl Climatol* 125, 113–130.

- Kovács A, Németh Á, Unger J, Kántor N* (2017): Tourism climatic conditions of Hungary – present situation and assessment of future changes. *Időjárás* 121, 79–99.
- Mieczkowski ZT* (1985): The tourism climatic index: a method of evaluating world climates for tourism. *Can Geogr* 29, 220–233.
- Moss RH, Edmonds JA, Hibbard KA et al.* (2010): The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature* 463, 747–756.
- Scott D, Hall CM, Gössling S* (2012): Tourism and climate change: impacts, adaptation and mitigation. Routledge, Abingdon.
- Scott D, Rutty M, Amelung B, Tang M* (2016): An inter-comparison of the Holiday Climate Index (HCI) and the Tourism Climate Index (TCI) in Europe. *Atmosphere* 7, 80.
- Szépszó G, Illy T, Szabó P* (2016): A regionális klímamodellek eredményeinek utó-feldolgozása és a NATÉR számára szükséges paraméterek előállítása. Beszámoló tanulmány, „A sugárzási kényszer változásán alapuló új éghajlati scenáriók a Kárpát-medence térségére (RCMTÉR)” projekt. Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest.

A HUMÁNMETEOROLÓGIÁTÓL A METEOGYÓGYÁSZATIG

Pintér Ferenc, Pintér Ádám, Poór László, Ivády Anett

Meteo Klinika, ferenc.pinter@meteoklinika.hu

METEO KLINIKAI EREDMÉNYEK AZ IDŐJÁRÁS-ÉRZÉKENYSÉG KEZELÉSÉBEN

Pintér Ferenc, Pintér Edit

A KONFERENCIÁN BEMUTATOTT DIÁK

A humánmeteorológiától a meteoogyászatiig®

Meteo Klinikai tapasztalatok és eredmények az időjárás-érzékenység kezelésében

V. Orvosmeteorológiai konferencia
Budapest, 2021. 12. 09-10.

Pintér Ferenc, Ivády Anett, Pintér Ádám, Poór László

Előadó:
Dr. Pintér Ferenc
igazgató
Meteo Klinika
ferenc.pinter@meteoklinika.hu

ICI Interaktív Zrt

METEOKLINIKA

Az előadás témája:
az időjárás-érzékenység gyógyászatának a fejlődése

- az időjárás egészséget befolyásoló hatásainak a felismerésétől
- az időjárás-érzékenység eredményes kezeléséig.

Fő sarokpontok:

- Új szemlélet (90-es évek közepe)
- Új diszciplína: a **humánmeteorológia®** (1999-ig)
- Terhelő időjárási hatások és előrejelzésük (2010-ig)
- Egyéni adottság az időjárás-érzékenység (2015-ig)
- Hatékony vizsgálati és kezelési szolgáltatások (2018-tól):

a METEOGYÓGYÁSZAT®

METEOKLINIKA

A szemlélet: folyamatosan ki vagyunk téve egy végtelenül bonyolult környezeti hatásnak: az időjárásnak ...



... és mi is egy végtelenül összetett rendszer vagyunk, összetett folyamatokkal.

METEOKLINIKA

És ennek a rendszernek meg kell(ene) tartania a belső egyensúlyát a változó körülmények között!



Azaz állandóan alkalmazkodnunk kell!

METEOKLINIKA

A nagy kérdés:
megy-e ez gond nélkül?

?

METEOKLINIKA

Tehát a probléma alapja:

a légkörkörnyezet az a közeg, amellyel a legszorosabb kapcsolatban élünk, ami rendkívül komoly hatást gyakorol a szervezetünkre.

A légköri folyamatok milliónyi paraméteren keresztül befolyásolják a bennünk zajló élettani folyamatokat:

a szervezetünk érzékenyen és igen komplex módon reagál a légköri hatásokra!

METEOKLINIKA

Ez az új, emberközpontú légkör-
környezeti szemlélet és diszciplína a

HUMÁNMETEOROLÓGIA®

ami a 90-es években végzett kutatásaink
(operatíván is hasznosított) eredménye.
1999 óta bejegyzett védjegyünk.



• Akkor mégis mi az új? Több is, mint gondolnánk:

Miért tapasztaljuk a helyzet általános romlását?

- megnövekedett élettartam
- idősödő társadalom
- szennyezettebb környezet
- romló ételmiszerminőség
- stresszesebb élet
- intenzívebb munka
- egészségtelenebb életvitel
- és sok egyéb mellett **még valami igen komoly:**



Kutatások: Miből ered ez az érzékenység?

Tehát az időjárás folyamatos alkalmazkodásra
kényszerít bennünket.

Ha ez túl nagy terheléssel jár, káros folyamatok
indulnak el szervezetünkben, és

az egyéni adottságok függvényében
változatos panaszok jelenhetnek meg.



Vagyis az időjárás-érzékenység abszolút egyénfüggő!

- Kizárólag megfelelő vizsgálatokkal,
személyre szólóan állapítható meg!
- A statisztikai jellegű megállapítások
(bár sok szempontból hasznosak)
az egyén számára értéktelenek!
- Az általános jelentésekre alapozott
ön diagnózis reménytelen és sokszor káros.



Csúcstechnológias háttérrel igényel a meteógyógyászat*:

- Országos speciális humánmeteorológiai® mérőhálózat
- Nagyteljesítményű modellező szerverek
- Új generációs diagnosztikai és terápiás okoseszközök
- Új, multidiszciplináris szemléletű szakembergárda



Miért fontos?

Kutatásaink szerint 78% az időjárás-érzékenyek aránya,
és **30 % a meteopatáké!**

Gyakori kérdés:

Régen nem volt időjárás-érzékenység?

Természetesen volt!

- már Hippokratész is felismerte
- Magyarországon már több mint 50 éve is
folytak orvosmeteorológiai kutatások.



a KLÍMAVÁLTOZÁS!

- megváltozik a megszokott környezetünk
- szélsőségesebbé válnak a légköri hatások

**Nő a kitettségünk és ezzel
nő az időjárás-érzékenységünk!**



Miben jelentkeznek a hatások?

Néhány példa:

- gyakori fejfájás -> táppénzes napok, hiányzás
- alvász problémák -> romló munkateljesítmény
- lassuló reflexek -> növekvő balesetveszély
- növekvő stroke hajlam -> életveszély
- téli depresszió -> romló életminőség

**Mindenkinél más okokból és más módon, más
tünetekkel jelentkezik!!!**



Kell vele foglalkozni, de komoly feltételei vannak az eredményes meteógyógyászati® szolgáltatásnak:

- speciális vizsgálati eszközök és módszerek az élettani
reakciók parametrizálásához
- speciális kezelő eszközök és módszerek az egyénileg
megállapított kezelések alkalmazásához
- az országos humánmeteorológiai paraméterek,
modellek rendelkezésre állása
- megfelelő felkészültségű specialista személyzet



A Meteo Klinikán 25 éve folyó kutatások:

Mintegy 500 MFT összértékben humánmeteorológiai®
kutatás-fejlesztési projektek,
250 MFT összegű EU-s és Magyar Állami támogatással:



Hogyan segítünk?

• Kivizsgálás:

Eseti és megfigyelési meteorológiai kivizsgálás speciális meteorológiai eszközök és módszerek alkalmazásával

• Kezelés:

Személyre szólóan megállapított intenzív kezelési módszerek meteorológiai okoseszközök alkalmazásával



Új gyógyászati ág a meteorológiában®

A Meteo Klinika meteorológiai szakrendelése 3 év óta kiemelkedő eredményességgel kezeli az időjárás-érzékenységet.

A kivizsgálást követő kezelések megkezdése után **3 héttel a páciensek 20-90 %-os állapotjavulásról** számolnak be.

Az utóbbi 250 rendelői esetértékelés alapján az **átlagos 3 hetes javulási arány 35%-os, a megelégedettség arány 96%-os.**



XIX. Magyar Innovációs Nagydíj Pályázat

Humánmeteorológiai szolgáltatási rendszer kifejlesztése az egészségmegőrzésért (Meteo Klinika program) és a környezettudatos életért (Környezeti Monitoring program) című innovációnak a Nagydíj Pályázat „**kiemelt elismerésében**” részesült.



ICI Interaktív Zrt

Parlamenti díjátadó



Ajánlott meteorológiai tudnivalók:

Az MTVA 5-ös csatorna tudományos kisfilmjei a Meteo Klinikáról:

- https://youtu.be/_4_yS_QQdnw
- https://youtu.be/bXHII5Ke_g

Valós esetek a Meteo Klinika meteorológiai szakrendeléséről:

- <https://www.meteoklinika.hu/igy-gyogylhat-on-meteo-klinikán>

A Meteo Klinika honlapja:

- <https://www.meteoklinika.hu/>



Köszönöm a figyelmet!

+36-70-469-9900

ferenc.pinter@meteoklinika.hu

ICI Interaktív Zrt



SZENNYEZŐANYAGOK NAGYTÁVOLSÁGÚ TRANSZPORTJÁNAK EGÉSZSÉGÜGYI VONATKOZÁSAI

HEALTH ASPECTS OF LONG-RANGE TRANSBOUNDARY AIR POLLUTION

Ferenczi Zita

Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest, *ferenczi.z@met.hu*

ÖSSZEFOGLALÁS. Magyarországon az utóbbi évekre jellemző levegőminőség-javulás ellenére továbbra is komoly problémát okoznak légszennyezettségi epizódok. Azonban nemcsak az epizód helyzetek kialakulásáért felelős helyi hatásokat, hanem a távolabbi térségekből érkező szennyezőanyag transzportokat is azonosítani kell annak érdekében, hogy hatékony intézkedésekkel lehessen javítani a levegő minőségét. Ebben az anyagban a szennyezőanyagok nagytávolságú transzportjának szerepét mutatjuk be a helyi levegőminőség alakulásában.

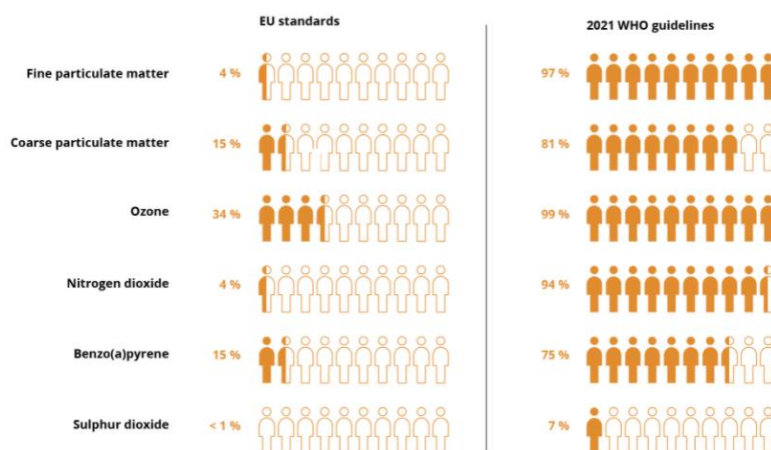
ABSTRACT. In Hungary despite the general improvement of air quality in recent years, episodes of poor air quality still cause serious environmental problems. However, not only the local effects responsible for the episode situations but the long-range transboundary air pollution from more remote areas need to be identified in order to take effective measures to improve air quality. In this paper, we present the role of long-distance transport of pollutants in the evolution of local air quality.

BEVEZETÉS. Az emberi egészséget, a természetes és épített környezetet veszélyeztető légszennyezés komoly problémát jelent világszerte. Európában ma a légszennyezést tartják a legnagyobb környezeti veszélyforrásnak. A levegő minőségének javítása az egyik legfontosabb feladata a környezetvédelemnek, hiszen a légkörbe jutó káros anyagok között találunk olyan összetevőket is, amelyek nemcsak lokális (pl. légszennyező anyagok), hanem globális skálán is (pl. üvegházhatású gázok) kifejtik negatív hatásukat. A légszennyező anyagok koncentrációja továbbra is komoly kockázatot jelent az egészségre, csökkenti egyes ökoszisztémák biológiai sokféleségét, és hatással van a növényzet és a haszonnövények növekedésére, terméshozamára. Az épített környezetre szintén kihat, komolyan károsítva a kulturális örökségeinket. Főként a nagyvárosokban tapasztalhatjuk, hogy a légszennyezőanyagok koncentrációja gyakran meghaladja a levegőminőségi határértékeket. A légzőrendszer károsodásán túl a korai halálozás is veszélyt jelent, ha olyan helyen élünk, ahol tartósan rossz levegőminőségnek vagyunk kitéve. Legutóbbi becslések szerint 2018-ban a finom aeroszol részecskék (PM_{2.5}) több mint 400 000 megelőzhető halálesetért voltak felelősek Európában. Ezek a halálos esetek elsősorban szív- és érrendszeri, valamint légzőszervi betegségek és daganatok miatt következtek be. Európában az elmúlt évtizedekben a különféle légszennyező anyagok emissziójának csökkentésére irányuló törekvések felerősödtek. A Göteborgi Jegyzőkönyvben és a módosításában meghatározott kibocsátás-csökkentések megvalósulásának köszönhetően ma már kimutatható a levegőminőség javulása mind a háttérállomások, mind pedig a városi állomások mérési adatsoraiban. A Jegyzőkönyv deklarálja az emberi egészségnek és a környezetnek az országhatárokon áttérjedő levegőszennyezéssel szembeni hosszú távú védelmét. Ma már a nemzetközi egyezményeken kívül a nemzeti és helyi programok is előírják a légszennyezőanyagok kibocsátásának csökkentését.

LEVEGŐMINŐSÉG – EGÉSZSÉG. Miért fontos kérdés, hogy milyen a levegő minősége? A Föld lakóinak több mint 50%-a él városokban, Európában ez az arány még ennél is magasabb, 70% fölötti. A légszennyezés rendszerint a vidéki térségek lakosainál jobban sújtja a városi lakosságot, mivel a városokban általában magasabb a (főleg a közúti közlekedésből származó) légszennyező anyagok kibocsátása, mint vidéken. A városok levegőminősége elsősorban a fejlődő országok városaiban jelent komoly egészségi kockázatot, de még Európa nyugati országaiban sem tekinthető a belélegzett levegő megfelelőnek (1. ábra). Mivel egyre nagyobb a városokban élők aránya, ezért egyre több ember lélegez be egészségkárosító levegőt. A

légszennyezés negatív hatásainak a városban élők nap mint nap ki vannak téve. Leginkább a szennyezési csúcsidőszakokra figyelünk fel, azonban az emberi egészségre mégis inkább a kisebb dózisoknak való hosszú távú kitettség jelenti a nagyobb veszélyt. Mivel a légszennyezés negatív hatása az emberi egészségre nem azonnal, hanem sokszor évekkel később jelentkezik, éppen ezért baj, hogy még mindig nem kap elég figyelmet a levegőtisztaság-védelem. Európában az összehangolt emisszió-csökkentési törekvések eredményeképpen a levegőminőség lassan, de javul, azonban a talajközeli ózon és a PM (particulate matter) továbbra is jelentős negatív hatást gyakorol az emberek egészségére.

Az European Environment Agency (EEA) értékelése szerint az EU-27 régióban 2019-ben 307 000 idő előtti halál következett be a PM-szennyezés miatt és 16 800 a talajközeli ózon miatt (Air quality in Europe 2021 report).



1. ábra. Az EU-27 városi lakosságának százalékos aránya, akik az uniós szabályozás, illetve a WHO 2021-es iránymutatásai szerint az adott légszennyező anyag szempontjából szennyezett levegőjű környezetben éltek 2019-ben (forrás: EEA web oldal)

LEVEGŐMINŐSÉGI HATÁRÉRTÉKEK (WHO, EU). Az EU-ban a levegő védelméről szóló irányelv (2008/50/EK) határozza meg a levegőminőségi előírásokat, beleértve a légszennyezőanyagok koncentrációjára vonatkozó határértékeket. Ezek a határértékek különböző időtartamokra vonatkoznak, mivel a különféle szennyezőanyagokkal összefüggésbe hozható, megfigyelt egészségi hatások különböző kitettségi idők mellett jelentkeznek. Az éves átlagra vonatkozó határértékek célja, hogy az embereket megvédjék a levegőszennyezésnek való tartós (krónikus) kitettségtől, míg az órás és napi határértékek arra szolgálnak, hogy megvédjék az embereket a rövidtávú (akut), jelentős szennyezési eseményeknek való kitettségtől, amelyek csak órákig vagy napokig tartanak. A határértékek meghatározása a WHO 2005-ös irányelvei alapján történt. A PM₁₀ és a PM_{2.5} esetében azonban a törvényben meghatározott határértékek a WHO ajánlásainál lényegesen megegyedőbbek.

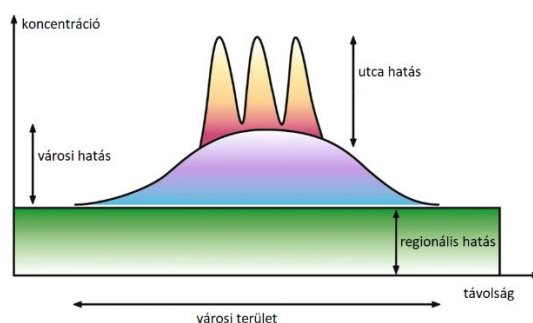
2021 szeptemberében a WHO új ajánlásokat fogalmazott (WHO 2021) meg a levegőben lévő szennyező anyagok határértékére vonatkozóan. Az értékek esetenként jóval szigorúbbak, mint a jelenleg érvényben lévő, 2005-ben megállapított egészségügyi határok. Az új ajánlás szerint minden városban élő EU polgár a PM és az O₃ okozta szennyezés miatt nem elfogadható minőségű levegőjű környezetben él. (1. táblázat).

Az új iránymutatásban a WHO felhívta a figyelmet arra, hogy a határértékek túllépése jelentős kockázatot jelent az emberek egészségre. Ezután felmerül az a kérdés, hogy miért nem veszi át az EU egy az egyben a WHO által javasolt határértékeket? Ennek elsősorban műszaki és gazdasági okai vannak. Annak ellenére, hogy a tiszta levegő alapvető emberi jog, egészségünk alapfeltétele, életminőségünk meghatározója, sok esetben az országok versenyképességének fenntartása felülírja ezt az elvet.

1. táblázat. WHO ajánlások és az EU szabályozás határértékei az egyes légszennyezőkre vonatkozóan.

szennyezőanyag	átlagolási idő	2005 WHO ajánlás	EU	2021 WHO ajánlás
PM ₁₀ (µg/m ³)	éves	20	40	15
	24 órás	50	50	45
PM _{2.5} (µg/m ³)	éves	10	25	5
	24 órás	25	-	15
O ₃ (µg/m ³)	8 órás mozgó átlag napi maximuma	100	120	100
NO ₂ (µg/m ³)	éves	40	40	10
	órás	200	200	200
SO ₂ (µg/m ³)	24 órás	20	125	40
	órás		350	
CO (mg/m ³)	24 órás		-	4
	8 órás mozgó átlag napi maximuma	10	10	10

LEVEGŐMINŐSÉGÉT MEGHATÁROZÓ TÉNYEZŐK. A levegőminőség javítása érdekében nemzetközi, nemzeti és/vagy helyi szintű intézkedésekre van szükség. Európában ezek a különböző szintű intézkedések az elmúlt évek során a levegő minőségének javulását eredményezték, azonban a problémát általánosságban nem oldották meg. Azonban el kell ismerni, hogy a levegőminőséghez kapcsolható gondok jól körülhatárolható régiókra és számos városra lokalizálódnak. A kulcskérdés tehát annak a meghatározása, hogy a nemzetközi, nemzeti, helyi skálák közül melyiken kell végrehajtani a levegőminőség javítását célzó intézkedéseket. A városok számára ennek központi eleme a városi légszennyezéshez (városi, regionális, nemzeti és nemzetközi) való különböző hozzájárulások mértékének a meghatározása (2. ábra).



2. ábra. Városokban kialakuló szennyezőanyag koncentrációt meghatározó hatások

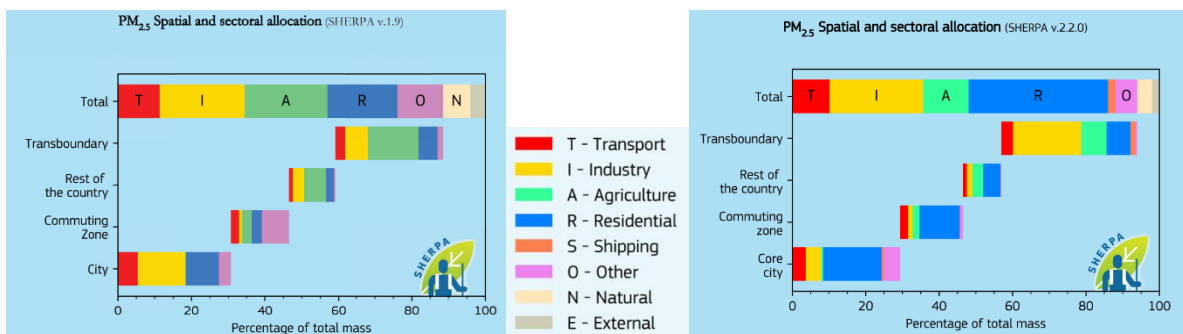
A regionális, városi és utcai hatás szétválasztására többféle módszer létezik. A módszerek egy része a mérési adatokra, másik része kémiai transzport modell számításokra alapozva próbálja a hatásokat szétválasztani. Mi a következőkben modellszámításokon alapuló módszerek eredményeit fogjuk bemutatni.

A NAGYTÁVOLSÁGÚ TRANSZPORT HATÁSA A HAZAI LEVEGŐMINŐSÉGRE. A légkörbe került szennyezőanyagok kémiai tulajdonságaitól és a meteorológiai viszonyoktól függően nagy távolságokra is eljuthatnak, sok esetben nem a kibocsátás közelében, hanem távolabbi helyeken okoznak levegőminőségi problémát. A kémiai transzport modellek azon típusai, amelyek rendelkeznek forrás receptor algoritmussal, alkalmasak arra, hogy meghatározzák egyes földrajzi térségek esetében, hogy az adott szennyezőanyag honnan érkezett, vagy azt, hogy az adott terület légszennyezéséért milyen arányban felelősek a helyi illetve a távolabbi források. Magyarországra és Budapest térségére vonatkozóan az EMEP modell segítségével meghatározásra került, hogy az adott terület PM₁₀, NO_x és SO_x szennyezettséghez a 2000 és 2013 közötti években a nagytávolságú transzport milyen arányban járult hozzá (3. ábra).



3. ábra. A nagytávolságú transzport hozzájárulásának aránya Magyarország és Budapest esetében az SO_x és NO_x ülepedéshez valamint a PM₁₀ koncentrációhoz.

A modellszámítások alapján megállapítható, hogy a magyarországi PM₁₀ szennyezettség kialakulásáért kb. 80%-ban Magyarország területén kívül eső források a felelősek, míg Budapest esetében ez az arány 60% körüli volt 2013-ban. Hasonló vizsgálatot végeztek el a SHERPA nevű modellel (Homolya et al., 2018) Budapesten, PM_{2.5} szennyezőre vonatkozóan, amelynek eredményét a 4. ábra mutatja. A bal oldali ábra 2010-re vonatkozó emissziós adatok felhasználásával, míg a jobb oldali 2015-re vonatkozó adatokkal készült. A két ábra között nincs jelentős eltérés a nagytávolságú transzport (~40%), a nemzeti (~15%), az ingázási zóna (~15%) és a városmag (~30%) hozzájárulásának az arányában, de az emissziós szektorok esetében már van eltérés. 2010-re vonatkozó számítások még a lakossági tüzelés szerepét 20% körülnek adták, majd a 2015-ös adatok alapján ennek a szektornak a szerepe jelentősen megnőtt, 35-40 % közöttire. Ezek a típusú vizsgálatok segítséget jelentenek a levegőminőség javítását célzó intézkedések hatékony megtervezéséhez.



4. ábra. Budapest esetében a forrástípusok és a forrásterületek meghatározása a SHERPA szoftver segítségével (jobboldal: 2015, baloldal:2019) (Thunis et al., 2017; 2021)

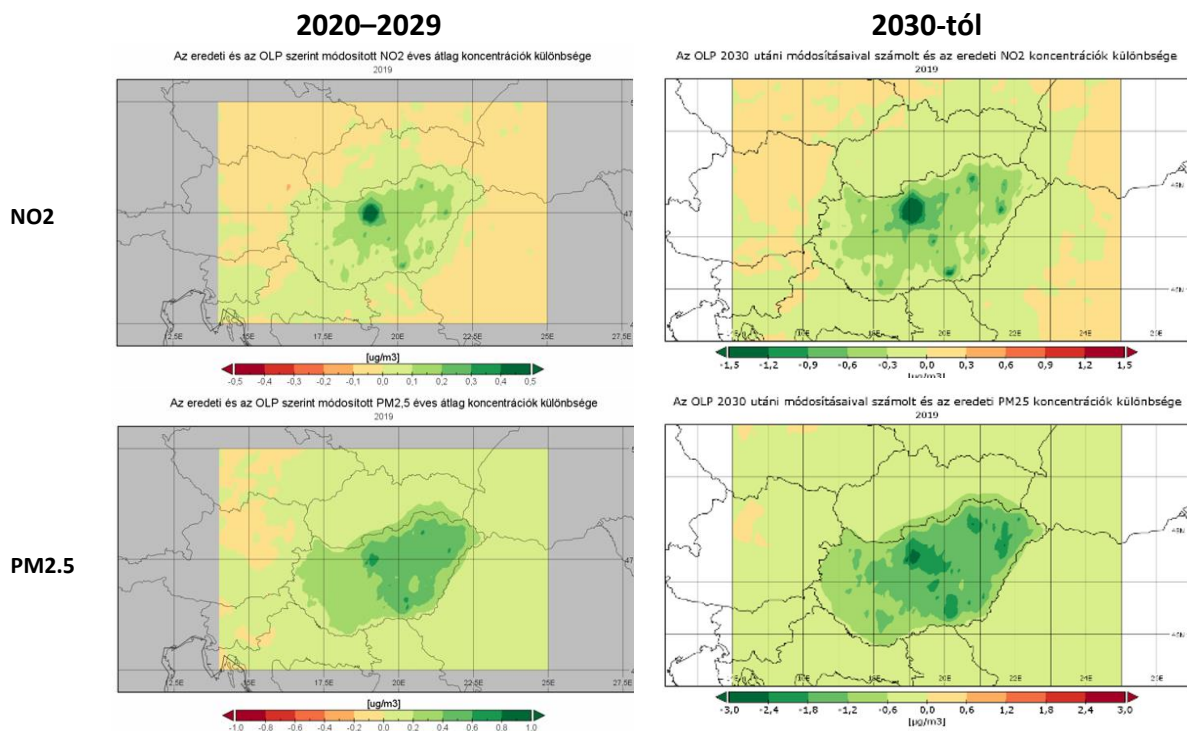
HAZAI ERŐFESZÍTÉSEK A LEVEGŐMINŐSÉG JAVÍTÁSÁRA

Országos Levegőterhelés-csökkentési Program (OLP). Az emberi egészség és a környezet egészének védelme érdekében a szennyezőanyagok kibocsátásának csökkentése fontos feladat. Az Európai Unió minden országában mérsékelni kell az emberi tevékenységből származó szennyező anyagok kibocsátását, hogy a körülöttünk lévő levegő tisztább legyen. A kormány az 1231/2020. (V. 15.) határozatával fogadta el hazánkban az Országos Levegőterhelés-csökkentési Programot (OLP), amely elősegíti a légszennyezők kibocsátásának csökkentését országos szinten. Az OLP-ben 2020–2029 és 2030 utáni időszakokra lettek meghatározva kibocsátáscsökkentések a 2005-ös bázisévhez képest kisméretű részecskére, ammóniára, kén-dioxidra, nitrogén-dioxidra és a nem metán illékony szerves anyagokra vonatkozóan. Ezeket a csökkentési arányokat tartalmazza az 2. táblázat

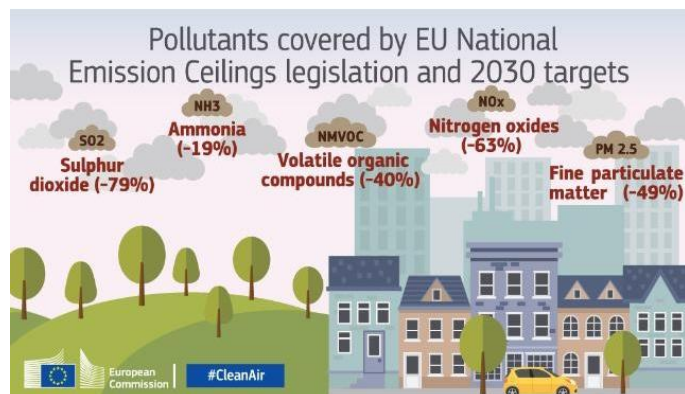
A 2030-tól érvényes kibocsátáscsökkentések levegőminőségre gyakorolt hatását kémiai transzport modellel végzett szimulációk segítségével lehet meghatározni. Az 5. ábra a tervezett csökkentések hatását (2020-tól illetve 2030-tól) mutatja NO₂ és PM_{2.5} szennyezőkre vonatkozóan. A szimulációkhoz 2019 év meteorológiai adatai lettek felhasználva.

2 táblázat. Az OLP-ben meghatározott kibocsátáscsökkentési kötelezettségek

Nemzeti kibocsátáscsökkentési kötelezettségek a 2005-ös bázisához viszonyítva (%-ban)	SO ₂	NO ₂	NMVOC	NH ₃	PM _{2.5}
2020–2029	-46%	-34%	-30%	-10%	-13%
2030-tól	-73%	-66%	-58%	-32%	-55%

5. ábra. A levegőminőség várható javulása az OLP-ben meghatározott intézkedések eredményeként NO₂ és PM_{2.5} szennyezők éves átlagában

Az 5. ábrák alapján megállapítható, hogy még a drasztikus, országos szintű kibocsátás csökkentés hatása is csak néhány $\mu\text{g}/\text{m}^3$ javulást eredményez NO₂ és PM_{2.5} szennyezők esetében. Jelentős javulás csak európai szintű összefogással érhető el, abban az esetben, ha minden ország hasonló mértékű kibocsátás csökkentést hajt végre (Az egyes légköri szennyezők nemzeti kibocsátási határértékeiről rendelkező, 2016/2284 EU direktíva). A 6. ábra az EU országok által együttesen teljesítendő kibocsátás csökkentését mutatja.

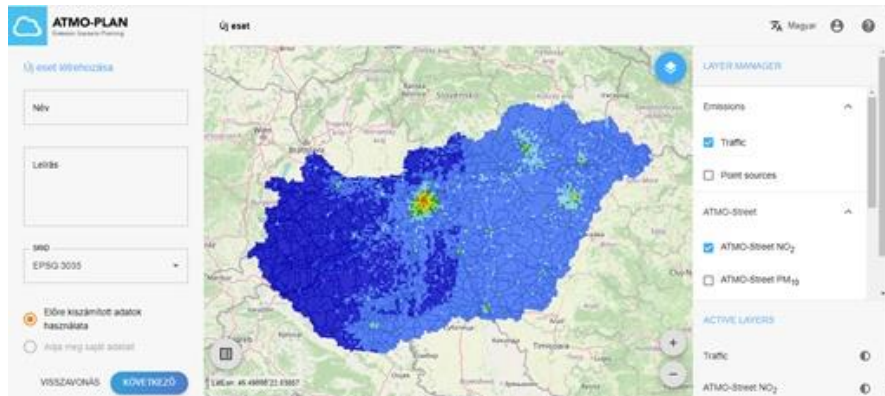


6. ábra. Az egyes szennyezőanyagokra vonatkozó kibocsátás csökkentés mértékének EU-s célértékei

VÁROSI LEVEGŐMINŐSÉGI TERVEK. A tiszta levegő kulcsfontosságú a városi életminőség szempontjából, ezért mindent meg kell tenni annak érdekében, hogy a városok levegője ne károsítsa a lakosság egészségét.

A levegőminőségi tervek célja, hogy tartalmazzák mindazon intézkedéseket, melyek megvalósításával a városok legfontosabb légszennyező forrásai visszaszoríthatók. A tervekben foglalt intézkedések adják a levegőminőség javítására vonatkozó munka keretét helyi szinten. Annak érdekében, hogy a tervek az aktuális szennyezőanyag kibocsátási helyzetet tükrözzék, célszerű időről-időre felülvizsgálni azokat.

Magyarországon 2019-ben indult a **HUNGAIKY- Levegőminőség javítása 8 régióban a levegőminőségi tervek végrehajtásának elősegítésével** elnevezésű LIFE IP program, amelynek keretében egy térinformatikai adatbázis és egy nagy felbontású levegőminőség-modellező eszköz kerül kifejlesztésre. A döntéstámogató, levegőminőség-modellező eszköz (ATMO-Plan) a települések levegőminőségi terveinek két évente vállalt felülvizsgálatát támogatja (7. ábra). A döntéstámogató rendszer lehetővé teszi a különböző, levegőminőség javítását célzó intézkedések hatásának a becslését.



7. ábra. ATMO-Plan nyitó képernyője

ÖSSZEFOGLALÁS. A levegőminőség javításával célunk, hogy a lakosság megfelelő minőségű levegőt lélegezzen be. A cél elérése érdekében a WHO folyamatosan összegezi és frissíti a levegőminőség egészségre gyakorolt hatását vizsgáló kutatási eredményeket és időről időre ajánlásokat tesz közzé a levegőminőségi határértékekre vonatkozóan. Az EU a WHO ajánlásai alapján rendszeresen felülvizsgálja az európai szabályozás keretében rögzített levegőminőségi határértékeit. Ezek a határértékek jelentik az európai levegőtisztaság védelem alapját. A levegő nem ismer országhatárokat, legalább Európa szintű összefogás kell annak érdekében, hogy kontinensünkön a levegőminőség szempontjából is élhető városokban éljen a lakosság. A levegőminőség javítását nemzetközi, nemzeti és helyi szinten rögzített intézkedések biztosíthatják. Az intézkedések hatékonysága nagyban függ attól, hogy mennyire lettek azonosítva azok a különböző földrajzi területek és emissziós szektorok, amelyek egy adott terület levegőminőségét alapvetően befolyásolják. Tehát a levegőminőség csak összehangolt, jól megtervezett intézkedések eredményeként javítható.

IRODALOM

- P. Thunis, B. Degraeuwe, E. Pisoni, M. Trombetti, E. Peduzzi, C.A. Belis, J. Wilson, E. Vignati, 2017: Urban PM_{2.5} Atlas - Air Quality in European cities, EUR 28804 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2017 doi:10.2760/336669, JRC108595
- P. Thunis, E. Pisoni, B. Bessagnet, J. Wilson, E. Vignati, A. De Meij, A. Mascherpa, 2017: Urban PM_{2.5} Atlas - Air Quality in European cities, EUR 30829 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2021, doi:10.2760/356670, JRC126221
- Homolya Emese, (2018): A levegőminőség elemzésének egy új lehetősége: SHERPA. Légkör 63/3, 112-117
- WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. World Health Organization (2021).
- <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329>. License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO

MIKÉNT BEFOLYÁSOLJÁK A LÉGSZENNYEZŐK A SÜRGŐSSÉGI BETEGELLÁTÓ OSZTÁLYRA NEUROLÓGIAI TÜNETEKKEK ÉRKEZŐK SZÁMÁT?

HOW DO AIR POLLUTANTS INFLUENCE THE NUMBER OF PEOPLE ADMITTED TO URGENT CARE WITH NEUROLOGICAL SYMPTOMS?

Kreinicker Kata, Sipos Bence, Sótonyi Péter, Lovas Gábor, Szilágyi Brigitta

Szegedi Tudományegyetem, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Semmelweis Egyetem, Jahn Ferenc Dél-pesti Kórház és Rendelőintézet, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
kreinickerkata@gmail.com, bence.sipos.sb@gmail.com, , sottonyi@hotmail.com, lovasgab@hotmail.com, szilagyiabr@gmail.com

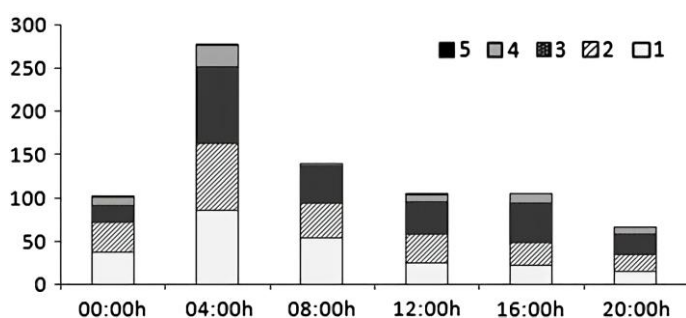
ÖSSZEFOGLALÁS. A neurológia és az időjárás kapcsolatát sokan ismerik, a frontok hatására kialakuló fejfájás az emberek jelentős részét érinti. A kutatásokban arra voltunk kíváncsiak, hogy ez a hatás megjelenik-e a Sürgősségi Betegellátó Osztályra érkező neurológiai panaszoktól szenvedő betegek esetén. Az időjárásra vonatkozó adatok (hőmérséklet, páratartalom, légszennyezettség) mellett az időjárás egy komplexebb leírását is használtuk. Az elemzésekhez használt adatok a Jahn Ferenc Dél-pesti Kórház és Rendelőintézet Sürgősségi Betegellátó Osztályán 2015-2019 között ellátott páciensek adataiból származnak. A vizsgált időszak 1411 napból állt, amely alatt 19804 beteg kereste fel az intézményt. Ez átlagosan valamivel több, mint 14 esetet jelent naponként. Tanulmányunkban ezen esetszámok változásait elemeztük és igyekeztünk azokat biometeorológiai magyarázatokkal ellátni. A vizsgálataink során kiemelt figyelmet fordítottunk arra, hogy a felhasznált módszereink ne csak a napi értékek alapján adjanak becslést, mivel ez a napi esetszámok nagy szórása miatt könnyen fals eredményekhez vezethet. Ezért kimutatásainkhoz eloszlásokat illesztettünk, illetve valószínűségi modelleket használtunk. Reményeink szerint ezzel minimálisra tudtuk csökkenteni a napi átlagok magas szórásának hatását, így pedig a tényleges ok-okozati kapcsolatot tudtuk feltárni. Munkánk a nagy elemszám és a meteorológiai paraméterek együttes hatásának elemzése okán eddig egyedülálló a neurológiai kórképek és az időjárás hatását vizsgáló kutatások területén.

ABSTRACT. The connection between neurological problems and weather is well known, for example, headaches caused by fronts affecting a significant proportion of people. In our research, we wanted to see if this effect would be reflected in emergency room visits with neurological problems. In addition to weather data (temperature, humidity, air pollution), we also used a more complex description of the weather. The data used for the analyses came from the Jahn Ferenc Hospital, which was recorded in the emergency department between 2015 and 2019. In total 19804 patients were admitted to the department during the 1411 days studied. This is an average of just over 14 people per day. There were significant variations from this average due to changes in the weather. In our study, we investigated these variations and looked for biometeorological explanations for them. In our analyses, we took particular care to ensure that the methods we used did not give estimates based only on daily values, as this could easily lead to false results due to the large variation in daily case numbers, that is why we fitted distributions and used probability models for our analysis. We hope that this will minimize the effect of the high variance of the daily event numbers and allow us to explore the true causal relationship between the weather and neurological problems. Due to the analysis of the large number of elements and the combined effect of meteorological parameters, our work is unique in the field of research on the effects of neurological pathologies and weather.

BEVEZETÉS. Az időjárás minden ember életében jelen van, mindenkire hat valamilyen formában. Az egyes megbetegedések mögötti rizikófaktoroknál viszont nem igazán szokták figyelembe venni, pedig bár kis súlyú rizikófaktor, a populáció minden egyedére hat, így jelentősége nem elhanyagolható. 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, a légszennyezők, illetve azok összesített hatása között kerestünk összefüggéseket.

A terjedelmi korlátok okán a különböző neurológiai betegségcsoportokra végzett számításaink közül a migrénre vonatkozó eredményeinket ismertetjük részletesen. Ez az a kórkép, amely az időjárásnak leginkább kitettként szerepel a köztudatban.

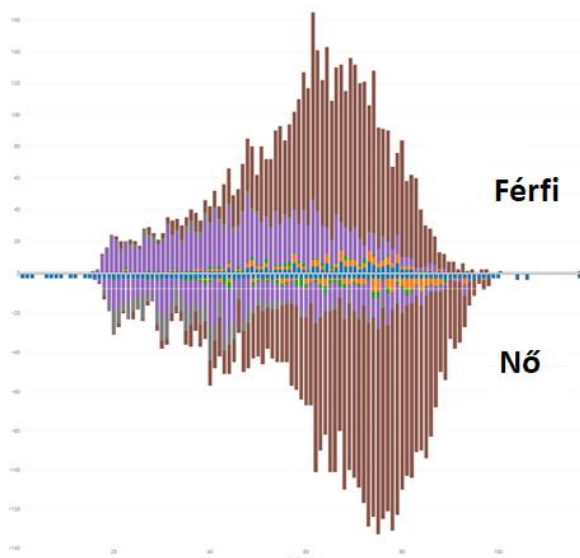
SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS. Wenyan és munkatársai 98 fő bevonásával végeztek vizsgálatot Bostonban arra vonatkozóan, hogy a különböző levegőszennyezettségi és meteorológiai mutatók milyen hatással vannak a migrén kialakulására. Az átlagosan személyenként 45 napig tartó vizsgálat során kiderült, hogy kapcsolat fedezhető fel magasabb páratartalom esetén az áprilistól szeptemberig tartó időszakban migrén kialakulásával. A magas ózon- és szén-monoxid értékek esetén a hideg időszakban (október és március között) növekedtek meg az esetszámok. Az ózon és a relatív páratartalom szintje későbbi modellezésünk során nem bizonyult szignifikánsnak, ami azt mutatja, hogy ezek hatása szinte elhanyagolható. Ez a kutatás megmutatta



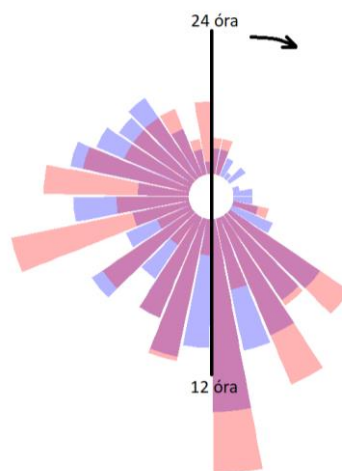
1. ábra. A különböző intenzitású migrénes esetek napi eloszlása



2. ábra. A vizsgált betegcsoportok nemek és korcsoportok szerinti megoszlása



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



4. ábra. Migrénes esetek a cirkuláris statisztikai vizsgálatokhoz használt körre vetítve

azt is, hogy nemcsak az értékeket érdemes figyelembe venni, hanem azok időtől való függését (szezonitását) is vizsgálni kell. [1]

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

különböztettek meg: 1. hőmérséklet és páratartalom, 2. nyomás-, hőmérséklet-, páratartalom-változás, 3. nyomás, nyomásváltozás. Ezeket több napon keresztül figyelték [2].

Kimoto és munkatársai 2011-ben azt vizsgálták, hogy az Utsunomiya meteorológiai állomás 10 km-es körzetében lakó 28 páciens miként reagál a nyomás változására. Vizsgálataikat egy éven keresztül végezték, a nyomás alakulásának meghatározásához 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 vizsgált napot követő napon 5 hPa-t meghaladó mértékben csökkent a nyomás, a fejfájások előfordulása megnövekedett [3].

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 az 1. ábrán. Vízszintes tengelyen a 4 órás időintervallumok, függőleges tengelyen pedig a rögzített megbetegedések száma látható intenzitás szerint színezve.

A hónapok esetében szignifikáns különbséget nem tudtak kimutatni. A legtöbb esetet januárban rögzítették, míg a legkevesebbet augusztusban. Ami az időjárási paramétereket 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 [4].

2014-ben hasonló módszerekkel újabb kutatást végeztek. Ezúttal 100 migrénes eseteit vizsgálták, ugyancsak 12 hónapon keresztül. A megoszlás tekintetében 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 [5].

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.

Eredményeinket a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Tudományos Diákköri konferenciáján 2021. november 16-án prezentáltuk. Jelen írás eredményeit is tartalmazza *Az időjárás hatásának vizsgálata a Sürgősségi Betegellátó Osztályra neurológiai problémákkal felvett páciensek esetén* című pályamunka [6].

MÓDSZER. Adataink kiértékeléshez többféle matematikai módszert használtunk. 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.

A biometeorológiával foglalkozó cikkekben számos helyen találkoztunk a t-tesztel, illetve nem parametrikus megfelelőjével a Mann-Whitney u-tesztel. Az előbbi azzal a feltételezéssel él, hogy az adatok normális eloszlást követnek, ami a legtöbb esetben ezeknél a típusú adatoknál nem teljesül. 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 a változó ordinális legyen. Alkalmazásakor nullhipotézisünk általában az, hogy a két minta azonos eloszlásból származik. Alternatív hipotézis lehet még, hogy az egyik minta nagyobb, mint a másik [7].

Hasonló nehézségekbe ütközhetünk a varianciaanalízis (ANOVA teszt) alkalmazása esetén is, ahol ugyancsak feltételezzük, 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-féle 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:

$$H = \frac{12}{n(n+1)} \sum_{j=1}^c \frac{T_j^2}{n_j} - 3(n+1).$$

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 más módszerrel vizsgálni a csoportokat. Ilyen lehetséges módszer az MCMC is, amelynek segítségével később mi is elemeztük az időjárás napi esetszámkra gyakorolt hatását. Ennek során egy valószínűségi modellt építünk, amelyet mintavételezve képet kaphatunk a belső folyamatokról.

Adatok:

Elemzésünket a Jahn Ferenc Dél-pesti Kórház és Rendelőintézet Sürgősségi Betegellátó Osztályán 2015–2019 között gyűjtött betegadaton végeztük. Ez az időszak 1821 napot tartalmaz, melyek alatt összesen 23 973 neurológiai problémával találkoztak az orvosok. A bekerülés és a probléma okát a szakemberek ICD-10 (International Classification of Diseases) 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 a vizsgált időszakban:

stroke, agyvérzés SAV (Subarachnoideális vérzés) és egyéb agyvérzés 3,74 eset/nap;

epilepszia: 1,228 eset/nap;

migrén: 0,2395 eset/nap.

A 2. ábra az általunk vizsgált betegségcsoportoknál a nemek és korcsoportok szerinti megoszlást mutatja. Barna színnel a stroke-ot, lilával az epilepsiát, szürkével a migrént, fejfájást, zölddel a subarachnoideális vérzést (agyvérzés SAV), narancssárgával az egyéb típusú agyvérzést jelöltük. A vízszintes életkor tengely fölött a férfiak, míg alatta a nők körében bekövetkezett esetek számát ábrázoltuk.

Van olyan részszámításunk, ahol a vizsgálatainkat ennél szélesebb neurológia problémakörben végeztük, ekkor a napi esetszám 9,39 volt. A meteorológiai adatokat az Eötvös Loránd Tudományegyetem Meteorológiai Tanszéke biztosította számunkra a 2015 januárja és 2019 januárja közötti időszakból. Emellett az Országos Meteorológiai Szolgálat mindenki által elérhető időjárás adatait is felhasználtuk [8].

Sajnos a két adathalmaz időben nem teljesen fedte egymást, a metszetben található napok száma 1 411. A meteorológiai adatok többek között tartalmazták a Péczely-féle makroszinoptikus osztályozást, a hőmérsékletet, a relatív páratartalmat, a légnyomást, a nitrogén-monoxid és nitrogén-dioxid szintet, az ózon koncentrációt, a szén-monoxid szintet és a levegő szennyezettségét.

EREDMÉNYEK. Az irodalomkutatásunk eredményeként a migrénre vonatkozó kijelentések közül a légszennyezőkre, a páratartalomra vonatkozók mellett az időbeli eloszlásra megfogalmazott kijelentéseket vettük górcső alá. Felállítottunk 5 hipotézist, amelyet nagy esetszámon, pontosabb matematikai módszerek segítségével vizsgáltunk. Hipotéziseink az alábbiak voltak:

- 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.

Ezen állítások vizsgálatához szükséges definiálni, 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.

A 3. ábra a relatív páratartalom 7 napos mozgóátlagát mutatja a vizsgált időszakban 10%-os normál sávval. (Ahogy az az ábrán szembeötlő, egy rövid periódusban nem álltak rendelkezésre adatok.)

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 jött létre. Ezeket a csoportokat hasonlítottuk össze Fisher-féle egzakt próba segítségével. Ez a teszt nagyban hasonlít az esélyhányadoshoz, viszont 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 alkalmazzuk, 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.

A 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 hőmérsékletváltozások esetén nagyobb volt az esetszám, miközben a nagyobb 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 azt 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 [4], [5] 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 időadataink 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. A háromszögek az esetszámok 24 órás időtartamra eső, körre vetített vizualizációja. A kékes lila az alacsony, a barack szín pedig a magas hőingású napokat jelöli, a harmadik szín a két szín egymásra vetítéseként áll elő. Ezzel az ábrázolási móddal jól szemléltethető a napi megoszlás (4. ábra).

IRODALOM

- [1] Wenyan Li – Suzanne M. Bertisch – Elizabeth Mostofsky – Catherine Buettner – Murray A Mittleman: Weather, ambient air pollution, and risk of migraine headache onset among patients with migraine. *Environment international*, 132. évf. (2019), 105100. o.
- [2] Patricia B. Prince – Alan M. Rapoport – Fred D. Sheftell – Stewart J Tepper – Marcelo E Bigal: The effect of weather on headache. *Headache: The Journal of Head and Face Pain*, 44. évf. (2004) 6. sz., 596–602
- [3] Kazuhito Kimoto – Saiko Aiba – Ryotaro Takashima – Keisuke Suzuki – Hidehiro Takekawa – Yuka Watanabe – Muneto Tatsumoto – Koichi Hirata: Influence of barometric pressure in patients with migraine headache. *Internal Medicine*, 50. évf. (2011) 18. sz., 1923–1928. o.

- [4] *Jan Hoffmann – Hendra Lo – Lars Neeb – Peter Martus – Uwe Reuter*: Weather sensitivity in migraineurs. *Journal of Neurology*, 258. évf. (2011) 4. sz., 596–602. o.
- [5] *Jan Hoffmann – Tonio Schirra – Hendra Lo – Lars Neeb – Uwe Reuter – Peter Martus*: The influence of weather on migraine—are migraine attacks predictable?, *Annals of Clinical and Translational Neurology*, 2. évf. (2015) 1. sz., 22–28. o.
- [6] *Sipos Bence – Kreinicker Kata*: Az időjárás hatásának vizsgálata a Sürgősségi Betegellátó Osztályra neurológiai problémákkal felvett páciensek esetén, TDK dolgozat, (2021)
- [7] *Henry B Mann – Donald R Whitney*: On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other, *The Annals of Mathematical Statistics*, (1947), 50–60. o.
- [8] https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_adatsorok/Budapest/adatok/napi_adatok/index.php

A KISMÉRETŰ AEROSZOL RÉSZECSKÉK EGÉSZSÉGHATÁSÁNAK BECSLÉSE HAZAI VÁROSAINKBAN (2017-2019)

Páldy Anna¹, Molnár Zsófia², Müller Rita², Szigeti Tamás¹

¹Nemzeti Népegészségügyi Központ, ²SE Egészségtudományi Kar

Közismert tény, hogy hazánkban továbbra is gondot jelent a légszennyezettség, különösen a fűtési időszakban. A Nemzeti Népegészségügyi Központ korábbi vizsgálataihoz hasonlóan környezetegészségügyi hatásbecslést végzett az egészséghatások szempontjából legfontosabb szennyező, a kisméretű aeroszol részecskék hatására vonatkozóan Budapest és 18 település esetében.

A városok napi légszennyezettségi adatai az Országos Légszennyezettségi Mérőhálózat online adatbázisából származnak a 2017-2019 évekre. Egészségi végpontként a külső okok nélküli összes halálozást vizsgáltuk (BNO-10 A00-R99) a 30 év feletti városi populációkra. A légszennyezés hosszú távú hatását a PM_{2.5} tömegkoncentráció értékek (adatok hiányában PM₁₀ tömegkoncentráció értékekből 0,78-as konverziós faktor alkalmazásával származtatott) alkalmazásával értékeltük az Egészségügyi Világszervezet (WHO) AirQ+ programjával a WHO irányértékét figyelembe véve (>10 µg/m³ éves átlagkoncentráció). A rövid távú hatások értékelésénél is a WHO irányértékeit vettük figyelembe, melyeket a Levegőhigiénés Index (LHI) meghatározásakor is alkalmazunk: >25, >37,5 és > 50 µg/m³ napi átlag PM_{2.5} tömegkoncentráció feletti napok többlethalálozását számoltuk.

Az elemzésben szereplő városok összlakossága meghaladta a 3 millió főt, ami hazánk lakosságának közel 31,2%-a. A 30 év feletti lakosság százezer főre számított éves halálozása 1070 (Debrecen) és 1962 (Putnok) között változott.

A vizsgált időszakban a mért és számított éves átlag PM_{2.5} tömegkoncentrációk a városi háttér állomásokra vonatkozóan (az alábbi városok esetén: Budapest Miskolc és Pécs) 15,6 (Pécs) és 27,7 (Miskolc) µg/m³ között, míg a három év átlagában ugyanezen állomásokra vonatkozóan 14,1 (Budapest) és 24,2 (Miskolc) µg/m³ változtak. A koncentrációk a városi összes állomás figyelembevételével 13,3 (Sopron) és 28 (Putnok) µg/m³ között, míg az összes városi állomás figyelembevételével 14,2 (Ajka) és 27,3 (Putnok) µg/m³ között mozogtak.

A PM_{2.5} hosszú távon a 3 év átlagában az összhálózashoz a legkisebb mértékben Ajkán (2,5%-ban), míg legnagyobb mértékben Putnokon (10%-ban) járult hozzá, mely utóbbi esetén 5 fő elvesztését jelentette. Budapesten a halálozások 5,5%-a írható a PM_{2.5} szennyezettség terhére, ami 1041 fő elvesztését jelentette. A légszennyezettség rövid távú hatása nagyságrenddel kisebb.

BELTEREINK LEVEGŐMINŐSÉGE: AKTUÁLIS KIHÍVÁSOK

Szigeti Tamás

Nemzeti Népegészségügyi Központ, Budapest, szigeti.tamas@nnk.gov.hu

Összefoglalás. Napjainkban a légszennyezettség a legjelentősebb környezetegészségügyi probléma, mely évente körülbelül 8000–12000 ember idő előtti halálát okozza Magyarországon. Időnk akár 80-90%-át is belső terekben töltjük, így a megfelelő beltéri levegőminőség biztosítása kiemelt fontosságú. A beltéri levegőminőség jelenleg nem szabályozott, azonban az Egészségügyi Világszervezet és néhány európai uniós ország is irányértékeket fogalmazott meg számos légszennyező esetén. Az épületek levegőminőségét a kültéri levegő minősége mellett a légszennyezők beltéri forrásai, a légcsera mértéke és a légszennyezők eltávolítására esetlegesen alkalmazott technikák is meghatározzák. Az otthonok, iskolák, irodaépületek és uszodák esetén is más és más légszennyezők lehetnek meghatározóak. Magyarországon a lakóépületek jelentős hányada átesett épületenergetikai felújításon, melynek hatására csökkent a lakóterek természetesen szellőzése, így ezekben az épületekben jellemzően magasabb a szén-dioxid és az egyéb, beltéri forrással rendelkező légszennyezők koncentrációja, illetve a páratartalom. A probléma megoldására javasolt a légcsera növelése. A mai kor egyik legmeghatározóbb építészeti jelenségeivé kezdenek válni az ún. alacsony energiafogyasztású vagy passzív épületek, melyek az energiatudatosság építészeti eszközeit alkalmazzák. A Nemzeti Népegészségügyi Központ (NNK) 15 passzív épületre kiterjedő felmérésének eredménye számos problémára mutatott rá (pl. alacsony légcsera, egyes légszennyezők koncentrációja meghaladja a javasolt irányértéket), így a légcsera mértékének növelése, a légtechnikai egységek rendszeres karbantartása, illetve a légszennyező források csökkentése szükséges. Az NNK és jogelőd intézményei az elmúlt két évtizedben több nemzetközi együttműködés keretében (pl. SEARCH, SINPHONIE, InAirQ) is vizsgálták az általános iskolák beltéri levegőminőségét, a légszennyezettséghez köthető egészségkockázatot, illetve a levegőminőség és egyes akut tünetek előfordulása közötti kapcsolatot. A legfrissebb felmérés alapján a vizsgált osztálytermek 80%-ban elégtelen volt a szellőztetés mértéke. A legjelentősebb problémát okozó légszennyezők közé sorolhatóak a kisméretű aeroszol részecskék, a nitrogén-dioxid, a radon, a formaldehid, a benzol és a penészgombák. Az elemzéseink alapján az általános tünetek (pl. fejfájás) esetén a levegő elhasználtsága, a légzőszervi tünetek esetén az aldehidek, a kisméretű aeroszol részecskék és a szén-dioxid koncentrációja, míg a bőrtünetek esetén az aromás szénhidrogének koncentrációja játszik fontos szerepet a tünetek megjelenésében, gyakoriságában. A különböző beltéri környezetek vizsgálata és egészségkockázatok azonosítása fontos szerepet játszik a szükséges intézkedések kidolgozásában. A COVID-19 világjárvány szintén felhívta a figyelmet a beltéri levegőminőség fontosságára, a gyakori szellőztetésre.

A KONFERENCIÁN BEMUTATOTT DIÁK

Nemzeti Népegészségügyi Központ



Beltérünk levegőminősége: aktuális kihívások

Dr. Szigeti Tamás
laboratóriumvezető
Nemzeti Népegészségügyi Központ, Budapest

V. Orvosmeteorológiai Konferencia
online, 2021.12.09-10.

Nemzeti Népegészségügyi Központ



Miért fontos a beltéri levegő minősége?

- Időnk 80-90%-át beltéri környezetben töltjük.
- A beltéri forrással rendelkező légszennyezők koncentrációja magasabb lehet beltéren, mint kültéren.
- A beltéri légszennyezettség összefüggésbe hozható rövid és hosszú távú egészséghatásokkal.
- A beltéri levegőminőség jelenleg nincs szabályozva.



Nemzeti Népegészségügyi Központ



Mely tényezők befolyásolják a beltéri levegőminőséget?

- kültéri levegőminőség
- beltéri szennyezőforrások
- a légcsera mértéke
- a légszennyezők eltávolítására alkalmazott technikák

Lakóépületek energetikai felújítása

Az épületek energetikai felújítása - a pozitív hatások mellett - a lakóter természetes szellőzését csökkenti.

Következmények:
A szén-dioxid és egyéb, beltéri forrással rendelkező légszennyezők koncentrációja emelkedik, a páratartalom nő (mely penészesedéshez vezethet).

Megoldási javaslatok:
légcsera növelése, (mechanikus szellőztetés kiépítése)

MIT TEHETÜNK A BELTÉRI LEVEGŐMINŐSÉG JAVÍTÁSA ÉRDEKÉBEN?

Nemzeti Népegészségügyi Központ



PASSZÍV ÉPÜLETEK LEVEGŐMINŐSÉGE

2021. január 1-jétől az Európai Unióban minden új épületnek „közel nulla energiaigényű épületnek” kell lennie (2010/31/EU irányelv).

Háromlépcsős stratégia: csökkenteni az energiaigényt, fenntartható energiaforrások révén biztosítani az energiát, magas energiatárolóképességű rendszereket alkalmazni

Magas a beltéri légszennyezők koncentrációja.

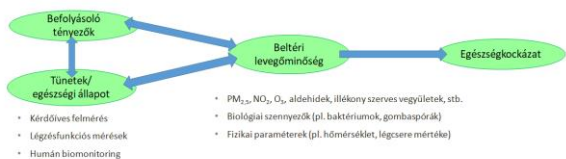
Javaslat:

- Megfelelő teljesítményű és rendszeresen karbantartott mechanikus szellőztetés.
- Nyitható ablakok beépítése.
- Burkolóanyagok, berendezési tárgyak megfelelő kiválasztása.



Nemzeti Népegészségügyi Központ

MAGYARORSZÁGI ÁLTALÁNOS ISKOLÁKBAN VÉGZETT FELMÉRÉSEK



Felmérés	Mintavétel ideje	Iskolák száma	Osztálytermek száma	Gyermekek száma
SEARCHI-II.	2007-2008	10	40	704
SINPHONIE	2011-2012	6	18	410
InAirQ	2017-2018	16	16	267

Nemzeti Népegészségügyi Központ

MELYEK A LEGJELENTŐSEBB PROBLÉMÁK AZ ISKOLÁKBAN? (InAirQ)

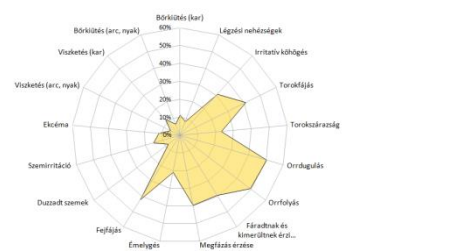
- A vizsgált osztálytermek 80%-ban elégtelen a szellőztetés mértéke.
- Kisméretű aeroszol részecskék esetében a WHO 24 órás és éves irányértéket meghaladó esetek aránya: 56 és 85%.
- Radon (WHO: 100 Bq/m³ >32%)
- Formaldehid, acetaldehid
- Benzol, etil-benzol
- Nitrogén-dioxid
- Baktériumok, gombaspórák



Forrás: <https://environmental.wbu.com/06/06/2018/11/11/06/12/06/>

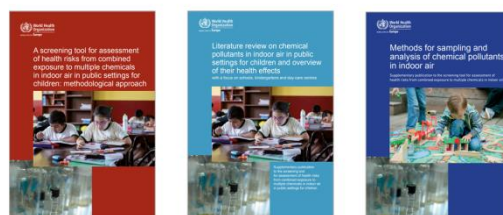
Nemzeti Népegészségügyi Központ

EGÉSZSÉGHATÁSOK ÉS A BELTÉRI LEVEGŐMINŐSÉG KÖZÖTTI KAPCSOLAT (InAirQ)



Nemzeti Népegészségügyi Központ

WHO – ESZKÖZ A KOCKÁZATBECSLÉSHEZ



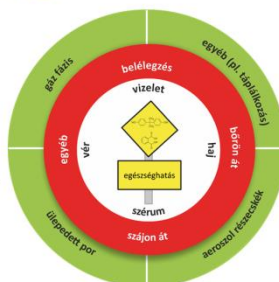
Forrás: <https://apps.who.int/iris/handle/20665/244728>
<https://apps.who.int/iris/handle/20665/244728>
<https://apps.who.int/iris/handle/20665/244728>

Nemzeti Népegészségügyi Központ

EGYÜTTES HATÁSOK

humán biomonitoring

A környezetből a szervezetbe került vegyi anyagok vagy azok metabolitjainak biológiai mintákban (pl.: vizelet, vér, széklet) történő kimutatására alkalmas módszer. A szervezetbe a különböző forrásokból bejutott teljes expozíció mértékére utal.



Forrás: <https://www.nnk.gov.hu/index.php?nav=2&nav2=2&nav3=2&nav4=2&nav5=2&nav6=2&nav7=2&nav8=2&nav9=2&nav10=2&nav11=2&nav12=2&nav13=2&nav14=2&nav15=2&nav16=2&nav17=2&nav18=2&nav19=2&nav20=2&nav21=2&nav22=2&nav23=2&nav24=2&nav25=2&nav26=2&nav27=2&nav28=2&nav29=2&nav30=2&nav31=2&nav32=2&nav33=2&nav34=2&nav35=2&nav36=2&nav37=2&nav38=2&nav39=2&nav40=2&nav41=2&nav42=2&nav43=2&nav44=2&nav45=2&nav46=2&nav47=2&nav48=2&nav49=2&nav50=2&nav51=2&nav52=2&nav53=2&nav54=2&nav55=2&nav56=2&nav57=2&nav58=2&nav59=2&nav60=2&nav61=2&nav62=2&nav63=2&nav64=2&nav65=2&nav66=2&nav67=2&nav68=2&nav69=2&nav70=2&nav71=2&nav72=2&nav73=2&nav74=2&nav75=2&nav76=2&nav77=2&nav78=2&nav79=2&nav80=2&nav81=2&nav82=2&nav83=2&nav84=2&nav85=2&nav86=2&nav87=2&nav88=2&nav89=2&nav90=2&nav91=2&nav92=2&nav93=2&nav94=2&nav95=2&nav96=2&nav97=2&nav98=2&nav99=2&nav100=2>

Nemzeti Népegészségügyi Központ

HOGYAN JAVÍTHATÓ A BELTÉRI LEVEGŐMINŐSÉG?



Forrás: <https://www.nnk.gov.hu/index.php?nav=2&nav2=2&nav3=2&nav4=2&nav5=2&nav6=2&nav7=2&nav8=2&nav9=2&nav10=2&nav11=2&nav12=2&nav13=2&nav14=2&nav15=2&nav16=2&nav17=2&nav18=2&nav19=2&nav20=2&nav21=2&nav22=2&nav23=2&nav24=2&nav25=2&nav26=2&nav27=2&nav28=2&nav29=2&nav30=2&nav31=2&nav32=2&nav33=2&nav34=2&nav35=2&nav36=2&nav37=2&nav38=2&nav39=2&nav40=2&nav41=2&nav42=2&nav43=2&nav44=2&nav45=2&nav46=2&nav47=2&nav48=2&nav49=2&nav50=2&nav51=2&nav52=2&nav53=2&nav54=2&nav55=2&nav56=2&nav57=2&nav58=2&nav59=2&nav60=2&nav61=2&nav62=2&nav63=2&nav64=2&nav65=2&nav66=2&nav67=2&nav68=2&nav69=2&nav70=2&nav71=2&nav72=2&nav73=2&nav74=2&nav75=2&nav76=2&nav77=2&nav78=2&nav79=2&nav80=2&nav81=2&nav82=2&nav83=2&nav84=2&nav85=2&nav86=2&nav87=2&nav88=2&nav89=2&nav90=2&nav91=2&nav92=2&nav93=2&nav94=2&nav95=2&nav96=2&nav97=2&nav98=2&nav99=2&nav100=2>

Nemzeti Népegészségügyi Központ

GYERMEKINTÉZMÉNYEKBELI TALÁLHATÓ SÓSZOBÁK LEVEGŐMINŐSÉGE

Tapasztalat:

- Általában kis helyiségek, kisméretű ablakkal vagy ablak nélkül és egyszerre sok gyermek tartózkodik bennük.
- Magas CO₂, baktérium- és gombaspóra koncentráció a levegőben (az elérhető sókoncentráció nem elég a kórokozók elpusztításához).
- Nincs mechanikus szellőztetés, levegőszűrés. (külséri légszennyezés!)
- Tünetileg hatásos sókoncentráció csak sógenerátor vagy sópárolgató esetében érhető el, pusztán sófallal, sótéglával nem.
- Hosszú távú jótékony hatásra nincs bizonyíték a szakirodalomban.

Javaslat:

- Járványhelyzetben nem ajánlott a közös sószobák használata.
- Helyesebb egy sópárolgatót saját foglalkoztató szobában vagy otthon alkalmazni.

Nemzeti Népegészségügyi Központ

PANDÉMIA OKOZTA KIHÍVÁSOK



Nemzeti Népegészségügyi Központ



"Nincsenek kémények és autók,
csak a tiszta levegő"

Csádvás Renáta (14)



Köszönöm a
megtisztelő
figyelmet!

szijeti.tamas@nnk.gov.hu

LÉGSZENNYEZÉS – LAKOSSÁGI MÉRÉS 'LOW COST' SZENZOROKKAL

Szegő Judit

Levegő Munkacsoport, szego.judit@levego.hu

A KONFERENCIÁN BEMUTATOTT DIÁK

**Légszennyezés
– lakossági mérés
'low cost' szenzorokkal**

Szegő Judit
projektvezető
Levegő Munkacsoport
V. Orvsmeteorológiai Konferencia
Budapest, 2021. december 10.

Levegő Munkacsoport

Tartalom

1. A Levegő Munkacsoport bemutatása
2. Mennyire súlyos a légszennyezettség Magyarországon
3. Melyik a leginkább egészségkárosító légszennyező forrás
4. Mit tehetünk a tiszta levegőért

Levegő Munkacsoport

A Levegő Munkacsoport

1988-ban alakult civil szervezet

Témái:

- az állami költségvetés és adórendszer
- uniós támogatások
- közlekedés
- energia (főleg: épületek)
- Településgazdálkodás (különösen: városi közterületek, zöldfelületek)
- Minden fentivel összefüggő levegőtisztaság, emberi egészség

Ünnepség a Levegő Munkacsoport megalakulásának 30. évfordulója alkalmából. 2018. november

Levegő Munkacsoport

Mennyire súlyos a légszennyezettség Magyarországon?

Levegő Munkacsoport

Idő előtti elhalálozások a PM_{2.5} szennyezettség miatt 41 európai országban 2018-ban (100.000 lakosra)

Levegő Munkacsoport

A PM_{2.5}-szennyezettség következtében Magyarországon évente

- >13.000 korai halál (átlagosan 12 év veszteség/fő)
- ~1 millió megbetegedés
- >1500 milliárd forint gazdasági kár

Levegő Munkacsoport

Részecskeszennyezés, szálló por, korom, PM₁₀, PM_{2.5}...

Levegő Munkacsoport

A PM₁₀ a hörgőkbe (bronchus), a PM_{2.5} a hörgőcskékbe (bronchiolus), a PM_{1.0} a légőlyagocskákba (alveolus) és véráramba (így minden szervbe, pl. az agyba is eljut).

Levegő Munkacsoport

Az Északi-sarkvidék felmelegedéséért kb. 50%-ban a korom (=részecskeszennyezés) a felelős!

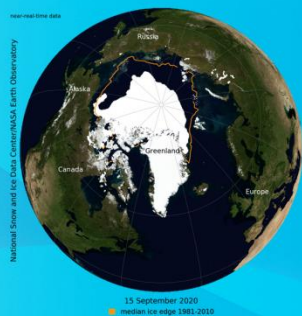


Levegő Munkacsoport

A koromszemcsék elnyelik a nap sugárzását és felmelegítik a jeget, havat



Levegő Munkacsoport



Levegő Munkacsoport

<https://nsidc.org/news/newsroom/arctic-sea-ice-minimum-extent-2020>

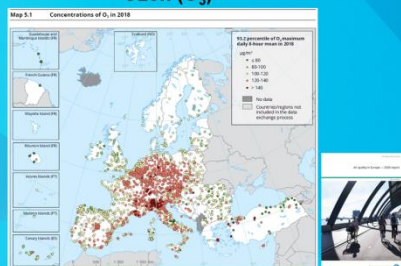
Nitrogén-oxidok (NO_x)



<https://www.greenpeace.org/hungary/sajtokozlmany/5961/egeszsegtelen-a-levegő-az-iskolák-környékén-derül-ki-a-greenpeace-friss-méréseiből>

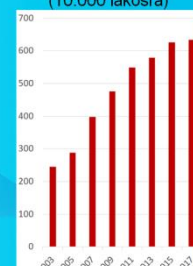
Levegő Munkacsoport

Ózon (O₃)



Levegő Munkacsoport

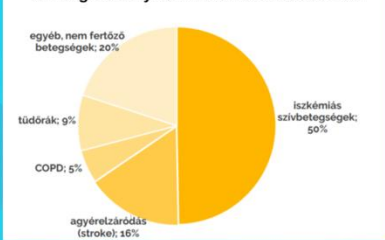
Az asztmás gyermekek számának alakulása Magyarországon (10.000 lakosra)



https://www.ksh.hu/hnm/2/ind2_8_1.html

Levegő Munkacsoport

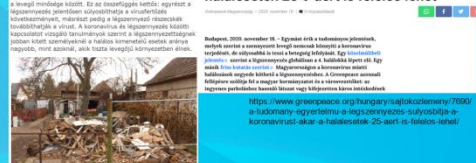
A levegőszennyezés miatt halálozások okai



Forrás: Nemzeti Népegészségügyi Központ
<http://www.hernandotomazot.hu/sites/default/files/5%20D%20Szeglet%20Tart%20A%201%20HungA%20R.pdf>

Levegő Munkacsoport

A Levegő Munkacsoport blogja



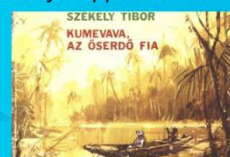
<https://www.greenpeace.org/hungary/sajtokozlmany/7500/a-tudomany-egyertelmű-a-legszennyezés-súlyosítja-a-koronavírust-akár-a-halálozások-25-ért-is-felelős-lehet>

Levegő Munkacsoport

Melyik a leginkább egészségkárosító légszennyező forrás?

Levegő Munkacsoport

– Melyik állat a legveszedelmesebb az őserdőben?
– Mindig az, amelyik éppen támad.

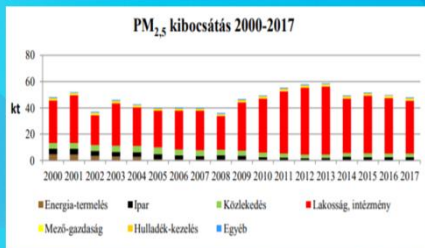


Levegő Munkacsoport

Távolság: kb. 80 méter
Különbség a szennyezőanyag-koncentrációban*:
kb. 20-szoros



*ultrafinom részecskék száma/cm³



Országos Levegőterhelés-csökkentési Program
https://ec.europa.eu/eu/environment/air/pdf/reduction_napco.pdf
https://ec.europa.eu/eu/environment/air/pdf/reduction_napco.pdf

A lakossági fűtésből, égetésből származó levegőszennyezés



<https://www.levego.hu/hirek/azonnal-betiltottak-az-avaregetest-a-levego-munkacsoporthoz-meresei-nyoman/>



<https://www.nefutshulladekka.hu/>



A nagy londoni szmog (1952)

- 5 napig tartott
- 12.000 ember halt meg
- 150.000 ember került kórházba



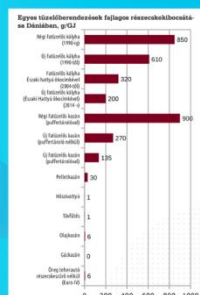
<https://www.theguardian.com/commentisfree/2017/dec/05/smog-day-warning-18000-de-london-great-smog-1952-air-pollution>

<https://www.theguardian.com>
Levegő Munkacsoport

Mit tehetünk a tiszta levegőért?



www.levego.hu/ne-eged-el



Avarégetés



Levegő Munkacsoport

Komposztálás

- Háztartási komposztálás népszerűsítése, elterjesztése
- Zöldhulladék begyűjtése
- Városi zöldhulladéklerakó létrehozása (pl. a hulladékudvar mellett)
- Házhoz menő ágaprtítás



Levegő Munkacsoport

Az első nagy siker:
Budapesten teljes tiltás 2011. december 1-jétől
— a Levegő Munkacsoport javaslatára



Levegő Munkacsoport

Legyen saját mérőnk!
Lakossági, önkormányzati, szervezeti...



Lakossági mérések
+cégek

Újbuda mérői

Mérj velünk!

KAP projekt

1db WiFi NodeMCU V3 Devkit
1db Nova Fitness SDS011 PM10 és PM2.5 szenzor
1db BME280 hőmérséklet, páratartalom és légnyomás szenzorral
10db F-F Dupont kábel (20cm-es)
1db microUSB kábel (máskülönben USB tápegység (5V 2A)
3x1db 40kΩ-20kΩ potenciométer csúszó ólmos áramkörrel
2db PP könyvtáskó (15x8,5")

Levegő Munkacsoport

Itt láthatók a Budapesten,
az OMSZ által működtetett
hivatalos mérőállomások.
www.levegoinnaseg.hu



Itt láthatók a budapesti
lakossági levegőtérfigyelő-
mérő készülékek.
www.sensor.community



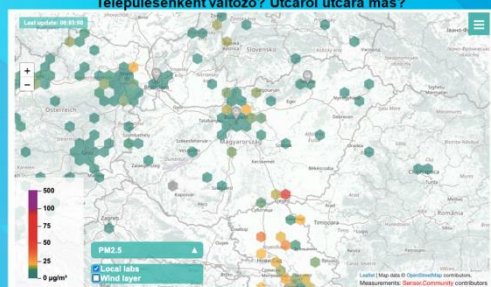
Az eszköz alkotó elemei:
néhány alkatrészről
bárki összeállíthatja
a készüléket.

Igy néz ki, amikor munkába
áll: esőtől és napsütéstől
védi a műanyag cső.

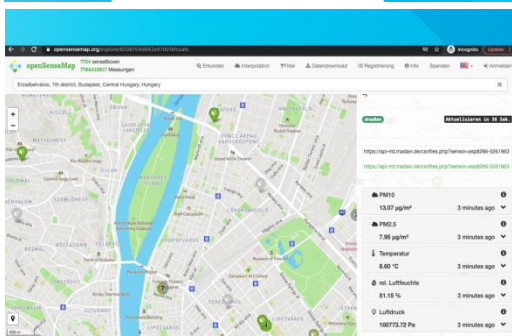
Lakossági levegőtérfigyelő-mérő hálózat épül

Levegő Munkacsoport

Mérj velünk! <http://merj-velunk.hu>
Határon átvéve? Településenként változó? Utcáról utcára más?



Levegő Munkacsoport



Levegő Munkacsoport



Levegő Munkacsoport

Köszönöm
a megtisztelő figyelmüket!

Szegő Judit
szego.judit@levego.hu
<https://merj-velunk.hu>

Levegő Munkacsoport

A HŐSTRESSZ VÁRHATÓ ALAKULÁSA A HAZAI VÁROSOKBAN AZ ÉVSZÁZAD VÉGÉIG

Gál Tamás, Skarbit Nóra, Unger János

SZTE Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék

ÖSSZEFOGLALÓ. A kutatásban a Kárpát-medence városainak éjszakai hőterhelésében bekövetkező változásokat vizsgáltuk a 21. század folyamán. A hőterhelés számszerűsítéséhez a trópusi éjszakai éghajlati indexet használtuk. A városi hatások modellezésére a MUKLIMO_3 városklíma modellt használtuk, a területhasználati osztályokat pedig a lokális klímazónák alapján határoztuk meg. A várható változást három időszakban vizsgáltuk: az 1981-2010 közötti időszakot tekintettük referencia-időszaknak a Carpatclim adatbázis felhasználásával, a 2021-2050 és 2071-2100 közötti jövőbeli időszakokat pedig az EURO-CORDEX regionális modell szimulációs adatainak felhasználásával, két forgatókönyv (RCP4.5 és RCP8.5) esetében. Eredményeink (Unger et al, 2020) azt mutatják, hogy a 21. században látványos változások lehetnek a trópusi éjszakák számában, és nyilvánvaló a városi domborzati viszonyok növekvő hatása. A közeljövőben a trópusi éjszakák számában enyhe növekedés várható, amelynek nagysága városonként eltérő, és nincs jelentős különbség a forgatókönyvek között. Az évszázad végén azonban a két forgatókönyv eredményei eltérnek: az RCP4.5 esetében 15-25, az RCP8.5 esetében pedig 30-50 éjszaka lehet az érték. Az eredmények azt mutatják, hogy a lakosok a jövőben az éghajlatváltozás és a városklíma együttes hatásaként nagy hőterhelésnek lehetnek kitéve, ezért a különböző klíma mitigációs és adaptációs stratégiák kidolgozása kulcsfontosságú.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.

A kutatást a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal (K-137801) támogatta.

IRODALOM

Unger, J., Skarbit, N. and Gál, T., 2020. Projection of present and future daily and evening urban heat load patterns. *Acta Climatol*, 54, pp.19-27.

ORVOSMETEOROLÓGIA. A GLOBÁLIS KLÍMAVÁLTOZÁS ÉS A JÁRVÁNYOK

MEDICAL METEOROLOGY. GLOBAL CLIMATE CHANGE AND EPIDEMICS

Hágen András

Arany János Általános Iskola, Felsőszentiván, *hagena@freemail.hu*

ÖSSZEFOGLALÁS. A globális klímaváltozás ténye már köztudott, azonban az orvosmeteorológiai hatásai még nem mindenki számára ismeretesek. Orvosmeteorológiai szempontból megkülönböztetünk direkt és indirekt hatásokat. A direkt hatások alatt a klíma változékonysága miatt bekövetkező egészségügyi eseteket értjük, mint pl. a hőségut. Az indirekt hatások alatt pedig a betegségeket hordozók elterjedését értjük ismeretlen, új környezetben. A globális klímaváltozások miatt az indirekt hatások felerősödnek, új biogeográfiai környezetbe migrálnak vadállatok, így érintkezésbe kerülnek a háziállatokkal. A háziállatok érintkezései útján átadhatják kórt az embernek. A világkereskedelem felerősödésével pedig az új betegségek újabb és újabb földrészeket hódítanak meg. Roppant mód nehéz lesz a betegségeket lokálisan lezárni, lásd a 2019 év végén kirobbant koronavírus járványt. A jövőben ehhez hasonló pandémiás helyzetek gyakrabban jöhetnek létre szerte a Földön, annak tudatában, hogy nem sikerül lassítani a globális klímaváltozást. Célravezetőbb lenne az alkalmazkodás és felkészülés a jövőben az ilyen és ehhez hasonló események elkerülésére.

Abstract. The fact of global climate change is already well known, but the effects of medical meteorology are not yet known to everyone. From a medical meteorological point of view, we distinguish between direct and indirect effects. Direct effects are defined as health events due to climate variability, such as heat stroke. By indirect effects we mean the spread of vectors into an unknown, new environment. Due to global climate change, indirect effects are intensifying, with wild animals migrating to new biogeographical environments, thus coming into contact with domesticated animals, which can be transmitted to humans through contact. And with the intensification of world trade, new diseases are conquering more and more continents. It will be extremely difficult to shut down diseases locally, see the corona virus epidemic that erupted in late 2019. In the future, pandemic situations like this may occur more frequently around the world, knowing that global climate change will not be slowed down. Adaptation and preparation in the future to avoid such events would be more effective.

BEVEZETÉS. A mögöttünk hagyott évre nagymértékben rányomta bélyegét a Covid-19 pandémia. Számos ország társadalmát megrázta ez az új helyzet. A megszokott komfortzónáinkat fel kellett adnunk és egy új helyzetet, vagy komfortzónát kellett teremtenünk. Azonban a járvány nemcsak a társadalmat rázta meg, hanem számos ország gazdaságát is. Az eddig megszokott globális kereskedelem pár hónapra felborult, és ez visszavetette a legtöbb ország GDP-ét, ami az életkörülmények megváltozását vonta maga után. Ha egy ilyen év után kellene megjósolnunk a következő évet, akkor igencsak nagy bajban lennénk, de annyit már kijelenthetünk, hogy nem ez lesz a legutolsó járvány, amely az emberiséget sújtja, lesznek még ehhez hasonló nagy járványok. Már a 20. század második felében is hangoztatták a tudósok, hogy emberi hatások miatt megváltozik éghajlatunk. A laikus emberek erre csak legyintettek egyet, mondván, hogy nem igazán érdekli őket, hogyha a fagyos tél helyett enyhe tél lesz. Még a tudósok között sem volt egyetértés az antropogén klímaváltozás tényében. Számos tudós mondta, hogy ez velejárója a Föld dinamikus éghajlati modelljének, vagy a naptevékenységnek. Napjainkra azért eljutottunk odáig, hogy az emberi üvegházhatású gázok kibocsátása miatt a klímaváltozás felgyorsulását már elfogadja a legtöbb ember. Azonban, hogy ez milyen biogeográfiai-, orvosmeteorológiai folyamatot generál, azt még kevesen tudják, sajnos jómagam is a nagy valószínűséggel bekövetkező lehetőséget tudom csak bemutatni.

A KLÍMAVÁLTOZÁS HATÁSAI ORVOSMETEOROLÓGUS SZEMMEL. Orvosmeteorológiai szempontok szerint egy populáció hosszú távú jólétének a kulcsa a környező bioszféra stabilitásában rejlik. Ez a környezet szoros

kapcsolatban van Földünk éghajlatával. Ha folytatódik a Föld kizsákmányolása, akkor széles skálán mozgó veszélyhelyzetek sorozatát okozhatja. Például a diverzitás csökkenése, a Föld hidrológiai rendszerének zavara, a szárazföld és az óceán tápanyagellátó képességének csökkenése.

Az elmúlt évek, évtizedek kutatásai kimutatták, hogy a Föld átlaghőmérséklete 0,6 °C emelkedést mutat. Természetesen a felmelegedés nemcsak a hőmérséklet megváltozását jelenti, hanem számos más paraméter is módosul, többek közt a csapadék térbeli és időbeli eloszlása.

A 20. század végétől kezdődően kezdték vizsgálni a klímaváltozás egészségügyi hatásait. Ebből kifolyólag ma már megkülönböztetünk néhány alapvető, az éghajlatváltozásnak tulajdonítható hatást.

Első alapfolyamat a direkt hatás, amelyek a hőmérsékletváltozásból, csapadékhiányból vagy az extrém időjárási helyzetekből következnek. Az elmúlt évek, de különösen a 2021-es év első hét hónapja egy külön tanulmányt érdemelne a direkt hatásokból, de mivel a dolgozatnak nem ez a fő mondanivalója, ezért tovább haladunk.

A második nagy csoport az indirekt hatások. Ide tartozik az, hogy a hordozók által terjesztett betegségek éves menetrendje megváltozik, ez különösen igaz a szúnyogok által terjesztett betegségekre. A magasabb hőmérséklet, a csapadék mennyiségének és térbeli eloszlásának változása, az éghajlat szélsőséesebbé válása hat a fertőzések térbeli megjelenésére, illetve szezonális átvitelére.

A megváltozott hőmérsékleti viszonyok hatással vannak a hordozóra, tehát új földrajzi környezetbe költöznek, ahol új populációkkal találkoznak, akik fogékonyak a betegségekre, mivel a melegvérű rágcsálók által terjesztett betegségeket közvetett módon befolyásolja a hordozó populáció nagysága és a tápanyagellátás.

A MÚLT BETEGSÉGEI JÉGBE FAGYVA. A globális klímaváltozás miatt a trópusokon élő élőlények – pl. bizonyos denevérek, stb. – a mérsékelt égöv felé migrálnak, vagy vándorolnak. Így egy újabb interakció alakul ki, a mérsékelt övi emberek és a trópusi fajok által hordozott, eddig ismeretlen betegségek között. Azonban gondolnunk kell arra is, hogy esetleg a klímaváltozás miatt a sarki jégbe fagyva olyan betegségek élednek újra, amelyek évmilliók óta nem keringtek a légkörben, és ember még nem találkozott velük. Ez azt jelenti, hogy immunrendszerünknek fogalma sem lesz, mit kezdjen velük. Egy laboratóriumban már fel is ébresztettek egy 32 ezer éves extremofil baktériumot, 2007-ben egy 8 millió éves kórokozót. Pusztán kíváncsiságból 2013-ban egy orosz tudós magába fecskendezett egy 3,5 millió éves mikrobát, hogy megfigyelhesse a történeteket saját magán. Megjegyzem, a tudós túlélte. 2018-ban egy 42 ezer éves, az állandóan fagyos talajban konzerválódott férget keltettek újra életre. A kutatók Alaszkában jégbe fagyva felfedezték a spanyolnátha kórokozóit. Tudósok úgy gondolják, hogy a szibériai jégben ott lapul a himlő és a bubópestis kórokozója is. A jégbe fagyott organizmusok nagy része nem is fogja túlélni a kiolvadást, de lesznek olyanok is, amelyek túlélnek. Erre a legjobb példa, hogy 2016-ban lépfenében halt meg egy fiú, és másik húsz embert is megfertőzött a betegséggel, amikor a visszahúzódó permafrosztból előkerült egy rénszarvas teteme, amellyel legalább hetvenöt éve végzett a kór. Mi több a lépfenében elhullt rénszarvas teteméből kikerülő fertőzés több mint kétezer jelenkori rénszarvast is elpusztított.

NAPJAINK BETEGSÉGEI. Ha felidézzük az elmúlt 20 évet, akkor észrevehetjük, hogy körülbelül 3-6 évente jelennek meg eddig ismeretlen betegségek. A 2002-2003-ban bukkant fel a SARS-COV (koronavírus) vírus Kínában, amelynél a cibetmacskák voltak a hordozók (nem mellesleg a cibetmacskák a vírust a denevérektől kapták meg). Említhetjük a 2009-es H1N1 influenzavírust, vagy a 2012-es közel-keleti légúti szindróma okozóját a MERS-COV (koronavírus) vírust, amelynek gazdaszerve az egypúpú dromedár volt. 2013 és 2016 között kiújult az ebola járvány Közép-Afrikában. A 2016-os Zika-vírus rovarok terjesztik. A láz enyhe lefolyású, csak a terhes nők magzatára van magzatölő, deformáló hatással, pl. a magzat testi fogyatékoságát okozza. Érdekes lenne figyelni, hogy a Zika-vírust terjesztő szúnyogok Afrikában honosak, ezért ott az őshonos emberek immunisak, megtanultak a betegséggel együtt élni, azonban Dél-Amerikában, ahol 2016-ban elszaporodtak a szúnyogok, ott még nem. Éppen ezért tudott ott a vírus új táptalajra lelteni.

2020-ban a koronavírus okozott nagy felzúdulást az emberek életében, de azt már kevesen tudják, hogyan került az emberbe. Vuhan tartományban ütötte fel a fejét a járvány. A Covid-19 vírus gazdaszervezetei a távol-keleti denevérek voltak, amelyek anyagcseretermékükkel táplálták a Föld szerves anyag tartalmát. Ez a „termék” nem minden esetben érte el a földet, valamennyi fent akadt a őshonos növényzeten, amelyet

megevett egy rágcsló, például a tobzoska (*Manis javanica*). A pikkelyes emlős húsa ínycságnak számít Kínában, míg pikkelyeit gyógyításra használják. Ha elejtettek egy beteg tobzoskát, át is terjedt a Covid-19 vírus az emberre, majd a globális kapcsolatok és hálózatok útján eljutott az összes lakott kontinensre (1. ábra).



1. ábra: A koronavírus fertőzött gócpontok és a betegség terjedése

A továbbiakban történekről pedig már a híradásokból mindenki értesülhetett.

A KLÍMAVÁLTOZÁS EGÉSZSÉGÜGYI HATÁSAI A JÖVŐBEN. A koronavírus már velünk él, azonban újabb pandémia helyzet alakulhat ki, hiszen például a denevérek testében több száz koronavírus él, anélkül, hogy kárt tenne hordozójában. Azonban nemcsak a repülő emlősök lehetnek a betegségek hordozói, hanem a rágcslók is, mint például a patkányok. Gondoljunk csak a középkori fekete halálra, amely megtizedelte Európa lakosságát, vagy amikor 2004 és 2019-ben egy ritka vírus szedett néhány áldozatot Dél-Amerikában, Bolíviában. A vérzéses lázat okozó Chapore-vírust a patkányok hordozzák, amely ha átkerül az emberre, akkor cseppfertőzéssel már tovább adható egy másik embernek. A rágcslók számának alakulására is hatással van a klímaváltozás, ugyanis enyhe telek után szaporodnak a leggyorsabban, de az átlagosnál csapadékosabb téli és tavaszi időszakok is hozzájárulhatnak a populáció növekedéséhez. A száraz időszakok csökkentik a rágcslókra veszélyes ragadozók számát, a ritka, de nagy mennyiségű csapadék pedig kedvez a táplálékul szolgáló rovarok, bogarak, és csonthéjas gyümölcsök szaporodásának.

A patkányok által terjesztett Chapore-vírus az egyszálú DNS-vírusok Arenaviridae családjába tartozik, és csakis emlősöket fertőz. A bolíviai eset elszigetelt, azonban mi történne, ha egy-egy vírust hordozó patkány eljutna egy, a globális kereskedelemben kiemelt szerepet betöltő országba, és ott elszabadulna?

Nem tudjuk, de az tény, hogy jelenleg még nincs gyógyszer erre a betegségre. Hálózattudománnyal lehetőségünk volna ezzel a gondolattal eljátszani, azonban az eredmények nagyon elszomorítóak lennének, ezért nem is foglalkoztunk e kérdéssel, de ennek tudatában azonban már érdekesebb lenne odafigyelni a minket körülvevő világ mikro-, és makrokörnyezetére. A globális klímaváltozással olyan helyeken tudnak majd betegségek elterjedni, ahol nem ismerik őket, például a nyugat-nílusi láz Magyarországon, vagy a Zika-vírus Dél-Amerikában. A szárazföldi gerincesek ösztömegeinek egy százaléka vadállat. Élőhelyük leszűkül. A haszonállatok pedig millió szám élnek összezsúfolva, így kiválóan tudnak terjedni köztük a vírusok és baktériumok. Minden átadás esély a mutációra, ami lehetővé teszi az emberre terjedést. A jövőben egyre több ilyen járvány, vagy ehhez hasonló helyzet alakul ki.

A KONFERENCIÁN BEMUTATOTT DIÁK

A GLOBÁLIS KLÍMAVÁLTOZÁS ÉS A JÁRVÁNYOK

HÁGEN ANDRÁS
ARANY JÁNOS ÁLTALÁNOS ISKOLA, FELSŐSZENTIVÁN
HAGENA@FREEMAIL.HU

V. Orvsmeteorológiai Konferencia
Budapest, 2021. december 9-10.

TARTALOM

- I. Bevezetés;
- II. A klímaváltozás hatásai orvsmeteorológus szemmel;
- III. A múlt betegségei jégbe fagyva;
- IV. Napjaink betegségei;
- V. A klímaváltozás egészségügyi hatásai a jövőben.

V. Orvsmeteorológiai Konferencia
Budapest, 2021. december 9-10.

I. BEVEZETÉS

- Pandémiás helyzet;
- Gazdasági visszaesés;
- Globális klímaváltozás;
- Új biogeográfiai helyzet;
- Újabb orvsmeteorológiai problémák.

V. Orvsmeteorológiai Konferencia
Budapest, 2021. december 9-10.

II. A KLÍMAVÁLTOZÁS HATÁSAI ORVSMETEOROLÓGUS SZEMMEL

- A populáció lényeg a környezeti stabilitás;
- Direkt hatások:
 - Hőmérséklet növekedés;
 - 0,6 Celsius fokos növekedés;
 - Csapadék változása;
 - Térbeli és időbeli változás.

V. Orvsmeteorológiai Konferencia
Budapest, 2021. december 9-10.

II. A KLÍMAVÁLTOZÁS HATÁSAI ORVSMETEOROLÓGUS SZEMMEL

- Indirekt hatások:
 - Új földrajzi, biogeográfiai környezet;
 - Szubtrópusok felől a mérsékelt övezetbe;
 - Fertőzések térbeli elterjedése;
 - Szezonális átvitel megváltozik;
 - Függ a populáció nagyságától és a tápanyagellátástól.

V. Orvsmeteorológiai Konferencia
Budapest, 2021. december 9-10.

III. A MÚLT BETEGSÉGEI JÉGBE FAGYVA

- Jégbe fagyott paraziták elterjedése;
- Immunrendszerünk előtt ismeretlen betegségek;
- 32000 éves extremofil (szélsőséges keretek között is) baktérium;
- 8 millió éves kórokozó;
- 3,5 millió éves mikroba;
- 42000 éves férgek a permafrosztban.

V. Orvsmeteorológiai Konferencia
Budapest, 2021. december 9-10.

III. A MÚLT BETEGSÉGEI JÉGBE FAGYVA

- Alaszka a spanyolnátha kórokozója;
- Szibériában a himlő és a bubópestis;
 - Nem biztos, hogy a paraziták túléltek a kioltást;
- 75 éves rénszarvas tetem lépfene baktérium terjesztője;
- További 2000 jelenkori rénszarvas halt meg lépfenében.

V. Orvsmeteorológiai Konferencia
Budapest, 2021. december 9-10.

TERMÉSZETESEN ELŐFORDULÓ LÉPFENE ESETEK

V. Orvsmeteorológiai Konferencia
Budapest, 2021. december 9-10.

IV. NAPJAINK BETEGSÉGEI

- 2002-2003 első koronavírus (SARS-COV) eset Kínában;
- Lokális eset;
- Hordozói a cibetmacskák.



V. Orvosmeteorológiai Konferencia
Budapest, 2021. december 9-10.

IV. NAPJAINK BETEGSÉGEI

- 2009 H1N1 influenzavírus;
- 2012 Légúti szindróma (MERS-COV);
- Ugyancsak koronavírus;
- Terjesztője: Egyiptupi dromedár;



V. Orvosmeteorológiai Konferencia
Budapest, 2021. december 9-10.

IV. NAPJAINK BETEGSÉGEI

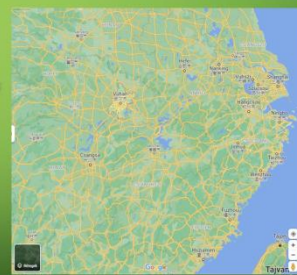
- 2016 Zika-vírus;
- Terjesztői a rovarok;
- A vírus terjesztő szúnyogok Afrikában honosak;
- Az ott élők immunisák, együtt élnek a betegséggel;
- Dél-Amerikaiak nem tudnak együtt élni vele.



V. Orvosmeteorológiai Konferencia
Budapest, 2021. december 9-10.

IV. NAPJAINK BETEGSÉGEI

- 2019-2020 koronavírus (SARS-COV-2);
- Wuhan, Kína;



V. Orvosmeteorológiai Konferencia
Budapest, 2021. december 9-10.

IV. NAPJAINK BETEGSÉGEI

- Terjesztői: tobozókák (Manis javanica);
- Ínyenc táplálék;
- Pikkelyei gyógyításra használják;
- A fő terjesztő azonban a denevér;
- Több száz koronavírussal él együtt a denevér.



V. Orvosmeteorológiai Konferencia
Budapest, 2021. december 9-10.

V. A KLÍMAVÁLTOZÁS EGÉSZSÉGÜGYI HATÁSAI A JÖVŐBEN.

- Új vírus megjelenése Dél-Amerikában;
- Chapare-vírus Bolíviában;
- Globális klímaváltozás miatt új környezet;
- Nyugat-nílusi láz Magyarországon;
- Zika-vírus Dél-Amerikában;

V. Orvosmeteorológiai Konferencia
Budapest, 2021. december 9-10.

V. A KLÍMAVÁLTOZÁS EGÉSZSÉGÜGYI HATÁSAI A JÖVŐBEN.

- Szárazföldi gerincesek élőhelye leszűkül;
 - Haszonállatok tömegei összezsúfolódva;
- ↓
- Új környezet a vírusoknak, baktériumoknak és parazitáknak.

V. Orvosmeteorológiai Konferencia
Budapest, 2021. december 9-10.

KÖSZÖNÖM MEGTISZTELŐ
FIGYELMÜKET!

V. Orvosmeteorológiai Konferencia
Budapest, 2021. december 9-10.

AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS (EGÉSZSÉGÜGYI) HATÁSAI A KATONAI TEVÉKENYSÉGRE

(HEALTH) IMPACTS OF CLIMATE CHANGE FOR MILITARY ACTIONS

Péliné Németh Csilla

MH Geoinformációs Szolgálat, 1024 Budapest, Szilágyi Erzsébet fasor 7-9.

peline.csilla@mil.hu

ÖSSZEFOGLALÁS. A globális felmelegedés és a szélsőségesebb időjárás hozzájárul az államok belső nehézségeinek erősödéséhez. Az éghajlatváltozás a világ biztonságát negatívan befolyásolja, következményei veszélyeztethetik mindennapjainkat. A következő évtizedekben, különösen a sérülékeny régiókban, számolni kell az éghajlatváltozás okozta egészségügyi problémákkal, járványokkal, a megváltozott éghajlattal együtt megjelenő, korábban a területre nem jellemző betegségekkel, élelmiszerhiánnyal, vízellátási válságokkal, árvizekkel, amelyek humanitárius segítséget vagy katonai választ tesznek szükségessé. A szövetség elkötelezett a folyamatok megértésében, következmények mérséklésében a műveletek hatékonyságának növelése, a technikai felszerelés működőképességének fenntartása, valamint az állomány túlterhelésének elkerülése érdekében.

ABSTRACT. Global warming and extreme weather phenomena could conduce to interior difficulties of states as a risk multiplier. Climate change threatens the international peace and security. The environmental degradations cause health problems, epidemics, and new, uncharacteristic diseases in a given area, floods, food and water insecurity in the vulnerable regions, especially, in the next decades. To tackle these problems is often needed humanitarian helps or military activity. NATO remains committed to understanding of processes and mitigating of consequences in order to maintain viability of technical equipment and avoid overload of soldiers.

BEVEZETÉS. A globális felmelegedés, klímaváltozás és az ezzel gyakran együtt járó szélsőségesebb időjárás, valamint a környezeti állapotok romlása növelhetik az államok belső nehézségeit, emellett elősegíthetik országok közti konfliktusok kialakulását is. Az éghajlatváltozás a világ biztonságát egyértelműen negatívan befolyásolja, következményei veszélyeztethetik a lakosok mindennapjait. A túlnépesedés és a fennálló társadalmi, gazdasági, szociális, egészségügyi, ökológiai és humán krízisek az éghajlatváltozás következményeivel együtt tovább növelik a sebezhetőséget, a hatásokra való kitettséget, gazdasági zavarokat okoznak, mezőgazdasági problémákat generálnak, növekvő védekezési költségeket eredményeznek.

A vonatkozó tanulmányok szerint az éghajlatváltozás súlyosbítja a meglévő feszültségeket, és megsokszorozza a fenyegetéseket. Ezáltal feszültségeket, konfliktusokat, akár helyi szintű fegyveres zavargásokat is eredményezhet, mely összeütközések várhatóan a természeti erőforrások (édesvizek, halássterületek, erdők, termőföldek stb.), illetve a katasztrófák által kevésbé sújtott lakhelyek birtoklási igénye miatt alakulhatnak ki.

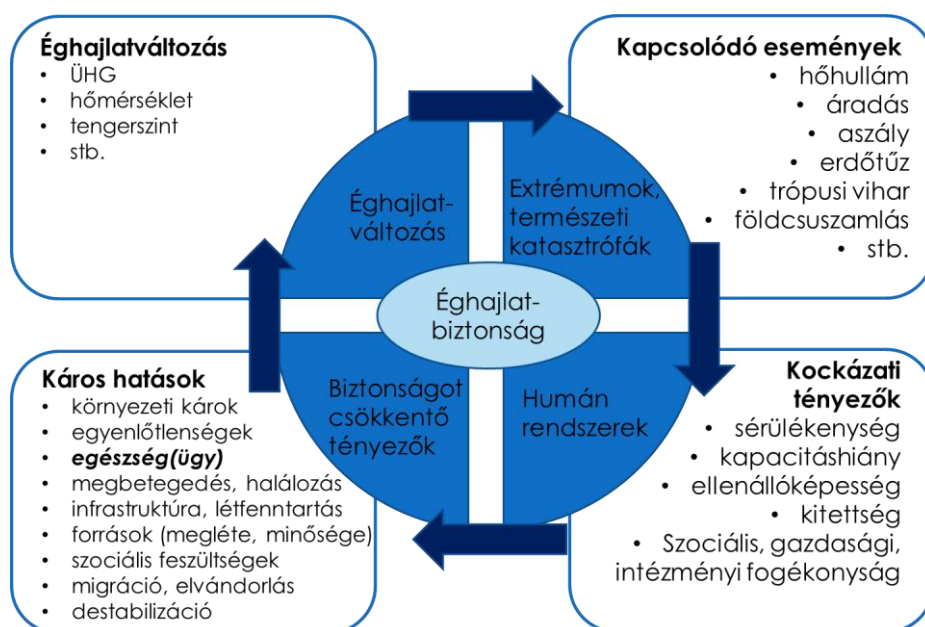
A NATO tagországai, köztük Magyarország is felelős és érdekelt a globális felmelegedést kiváltó okok, a katonai tevékenység általi üvegházgázok kibocsátásának szükségszerű csökkentésében (üzemanyag- és energia-hatékonyság, fosszilis üzemanyagok csökkentése, megújuló energiák alkalmazása), hiszen a katonai erő egyrészt okozója, másrészt elszenvedője az éghajlatváltozás hatásainak. A haderőnek arra is fel kell készülnie, hogy a megszokottnál szélsőségesebb környezetben hajtsa végre feladatait, ami mind a katonákra, mind az eszközökre nézve megterhelőbb.

Magyarország Nemzeti Biztonsági Stratégiája a kiemelt biztonsági kockázatok közt említi a járványokat, ár- és belvizeket, valamint más természeti katasztrófákat (aszályok, hő- és hideghullámok, heves viharok, vegetációtüzek). Ezek megelőzésének egyik kritikus feltétele az éghajlatváltozás hatásainak mérséklése, a hazai gazdaság fosszilis energiahordozó-igényének csökkentése. A megújuló energia felhasználása katonai előnyökkel is jár, ha pl. a napenergia alkalmazásával a potenciális célpontnak számító utánszállító konvojok számát egy-egy misszióban csökkenthetjük.

ÉGHAJLATVÁLTOZÁS ÉS BIZTONSÁG KAPCSOLATA. Az éghajlatváltozás globális probléma, hatásai nem egyenlő mértékben jelentkeznek földünk egyes helyein. Ismeretes például, hogy nagyobb mértékű melegedés mutatható ki a sarkokon, mint az alacsonyabb földrajzi szélességeken, az afrikai kontinensen pedig a súlyos csapadékhiány és az ezzel együtt járó elsivatagosodás, élelmiszer- és ivóvízhiány okoznak további társadalmi feszültségeket. Az éghajlatváltozás következményei életünk szinte minden területét befolyásolják, a hatások mértéke regionálisan változó, hiszen az a környezet állapotán túl társadalmi, gazdasági, szociális, politikai tényezők függvénye is.

A világ biztonságát számos módon befolyásolja az emberi tevékenység eredményeképpen tapasztalható, rendkívül gyors változásokat mutató éghajlat, mely hatások lehetnek közvetlenek és közvetettek.

Az emelkedő hőmérséklet tehető közvetlenül felelőssé az sivatagosodásért, lakhatatlan területek, aszályok, erdőtűzek kialakulásáért. A melegedéssel együtt jár a tengerszint emelkedése, ami veszélyezteti a parti városokat, katonai bázisokat, áradásokat, belvizeket okoz, továbbá a sós víz károsítja az infrastruktúrát, veszélyezteti az édesvíz készleteket és a mezőgazdasági területeket. A melegedő légkörben az extrém időjárási események előfordulási gyakorisága és intenzitása is megváltozhat, számítani kell szárazságra, hőhullámra, áradásra, sárcsuszamlásra, viharokra, illetve hirtelen lezúduló nagy mennyiségű csapadék okozta villámárvi-



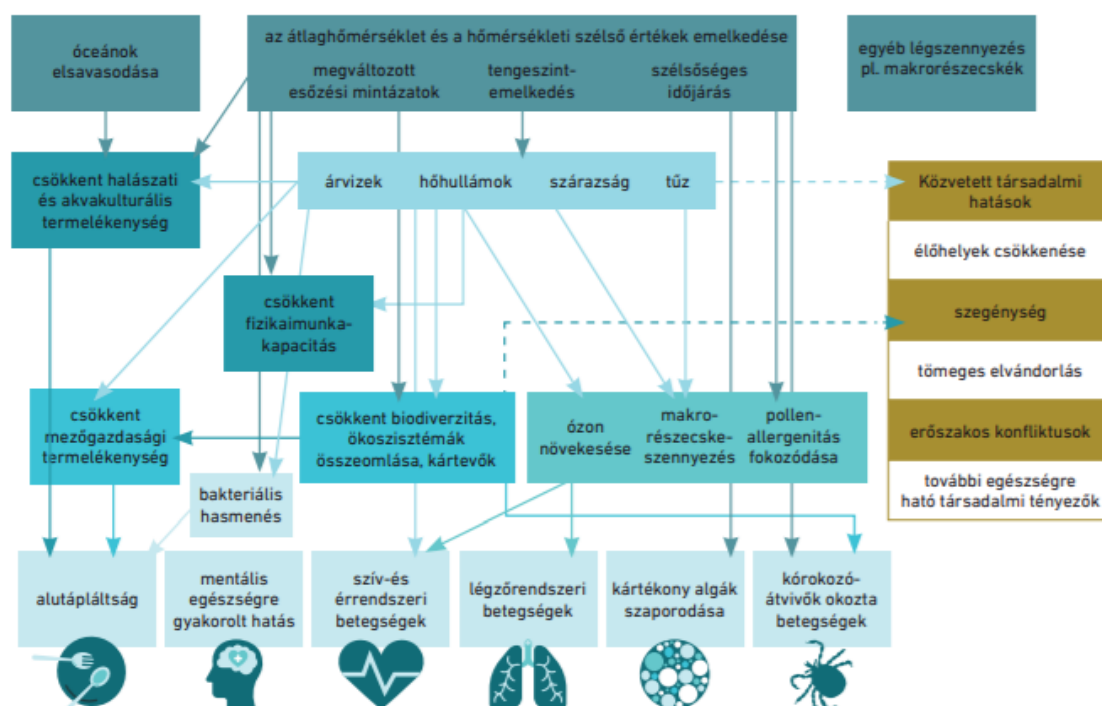
1. ábra. Éghajlatbiztonságot befolyásoló folyamatok (Forrás: The World Climate and Security Report 2021, Expert Group of the International Military Council on Climate and Security)

zek kialakulására, melyek emberéleteket, vagyontárgyakat és a kritikus infrastruktúrát is veszélyeztethetik, időszakosan akár működésképtelenné is tehetik. A közvetett vagy másodrendű hatások közé soroljuk a komplex ökológiai, társadalmi, gazdasági, politikai hatásokat.

Az éghajlatváltozás a meglévő veszélyeket, feszültségeket felerősítheti, a konfliktusok eszkalálódásához vezethet a szociális és gazdasági állapotok romlásával, a munkanélküliség növekedésével, hiszen ezek révén tovább növekednek a társadalmi különbségek, a csoportok közti feszültségek. A különösen sérülékeny régiókban (pl. fejlődő országok) a szűkös erőforrások az éghajlatváltozás hatására tovább csökkennek, ami súlyos élelmiszer, víz- és energiahiányt generálhat. Mindemelllett a lakosság leromlott egészségi állapota miatt kialakuló betegségek, járványok (pl. malária), valamint az elégtelen egészségügyi ellátás, gyógyszerhiány tovább súlyosbíthatják a helyzetet, akár humanitárius katasztrófa is felléphet. Az éghajlatváltozás hatásainak kitett térségekben, ahol az elszegényedett, kiszolgáltatott lakosság könnyen radikalizálható, a szélsőséges szervezetek érdekei szerint manipulálható, s ez a térség biztonságát tovább csökkenti. Mindezen folyamatok, a lakhatatlanná váló területek, létbizonytalanság, minimális életfeltételek hiánya vagy a terrorizmus, elősegítik a lakosság országon belüli, illetve szomszédos, esetleg távolabbi országokba történő tömeges elvándorlását, ami a katonai erő számára többlet feladatot jelent az állam belső és külső biztonságának garantálása érdekében.

Az 1. ábra szemlélteti az éghajlatbiztonságot befolyásoló tényezőket, ezek kapcsolatát. Az éghajlatváltozással együtt járó extrém időjárási események (hőhullám, áradás, aszály, erdőtüz, viharok, földcsuszamlás stb.), melyek természeti katasztrófa helyzetet is előidézhetnek, intenzitásuk és gyakoriságuk megváltozása, valamint a humán rendszerek sérülékenysége, kapacitása, ellenállóképessége, kitettsége együttesen határozzák meg a biztonságot csökkentő tényezőket, a keletkezett károk jellegét, mértékét. A káros hatások meglehetősen szerteágazóak lehetnek, így kezelésük is komplex, több szakterületet átfogó gondolkodást igényel. A biztonságot csökkentő tényezők tovább súlyosbíthatják az éghajlatváltozás okozta káros folyamatokat, elmélyítve a problémát.

AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS HATÁSA AZ EGÉSZSÉGRE, EGÉSZSÉGÜGYRE. Az éghajlatbiztonságot csökkentő tényezők között szerepel az egészség, az egészségügy is. Az éghajlat megváltozásával együttesen mérhető, tapasztalható változásokat, ezek egészségre gyakorolt hatásait mutatja a 2. ábra.



A kép eredeti angol nyelvű változata: The 2018 report of the Lancet Countdown on health and climate change: shaping the health of nations for centuries to come³

2. ábra. Az éghajlatváltozás egészségre gyakorolt hatásai (Forrás: Éghajlatváltozás és egészség jelentés, Társadalomtudományi Kutatóközpont, 2020, szerk.: Antal Z. László, Ferencz Zoltán, Páldy Anna)

Az óceánok elsavasodása és az árvizek, hőhullámok okozta alacsonyabb halászati termelékenység egyes országokban élelmiszerhiányt, alutápláltságot okozhat. A hőmérséklet emelkedése és szélsőértékeinek változása hozzájárul az időjárási szélsőségek gyakoriságának, intenzitásának megváltozásához, csakúgy, mint a csapadék tér- és időbeli eloszlásának, az adott idő alatt lehullott csapadék mennyiségének növekedéséhez, az átlaghőmérséklet emelkedéséhez, ami a tengerszint emelkedését is okozza. Mindezen változások közvetlenül vezetnek a csökkent biodiverzitáshoz, ökoszisztémák összeomlásához, kártevők elszaporodásához, mely idővel további környezeti károkat és éghajlatváltozást okoz.

A levegő minőségét befolyásoló tényezők megváltozása, a talaj közeli ózon növekedése, a légszennyező anyagok, a pollenek mennyiségének növekedése hozzájárul számos megbetegedés (szív- és érrendszeri betegségek, légzőrendszeri betegségek) kialakulásához. A kártevők elszaporodása pedig a kórokozó-átvivők okozta betegségek gyakoribbá válását okozhatja. A lakosság egészségi állapota, a tömeges megbetegedések az egészségügyi rendszer túlterhelését, így társadalmi feszültségek növekedését okozhatja. A rendszer túlterhelése növeli az ellátatlan betegek számát, az olyan súlyos, halálos kimenetelű esetek arányát, amely megbetegedéseket normális esetben képes lenne a rendszer kezelni.

Mindezeken túlmenően közvetett társadalmi változások is kialakulnak az említett éghajlatváltozás okozta megfigyelhető változások és a csökkent biodiverzitás miatt. Az élőhelyek, természeti és energiaforrások csökkenése, a szegénység, a társadalmi különbségek növekedése, tömeges elvándorláshoz, konfliktusokhoz vezethet.

EXTRÉMEK HATÁSAI A KATONAI TEVÉKENYSÉGRE. Az éghajlatváltozás elsősorban a szélsőséges időjárási jelenségek révén fejti ki hatását a katonai tevékenységre. A szélsőségesen magas vagy alacsony hőmérséklet, a hosszabb ideig fennálló hőhullám hat a technikai felszerelés üzemképességére, a személyzet terhelhetőségére, a logisztikai feladatok hatékonyságára. Rendszerint többlet energiát igényel a munkaterület hűtése, fűtése, klimatizálása. Az aszály, az áradás, a villámárvíz, az erős és viharos szél károkat okozhat a felszerelésben, épületekben, infrastruktúrában, illetve hatással van a csapatok mobilitására. Az intenzív havazás, hófúvás vagy homokvihar ugyancsak csökkenti a járművek és a személyzet helyváltoztató képességét, valamint a felderítés hatékonyságát.

Az éghajlatváltozás, a szélsőséges időjárás negatív hatással van az élet- és vagyonbiztonságra, sérüléseket okozhat, ronthatja a személyzet egészségi állapotát, ezáltal csökkenti a műveletek hatékonyságát, illetve a készenlét szintjét. A NATO és EU katonai műveletek missziós tapasztalatai egyértelműen azt mutatják, hogy a betegségek és nem harci eredetű sérülések több kórházi ápolási napot, szolgálatmentességet eredményeztek, mint a harcok közben elszenvedett sérülések. Ezzel a hadrafoghatóság jelentősen csökkent, veszélyeztetve a katonai művelet sikerességét (Meglécz, 2011).

A Kárpát-medencére vonatkozó regionális klímamodell projekciók szerint a globális átlagnál nagyobb mértékű melegedés várható hazánkban. Lényeges szempont tehát, hogy tisztában legyünk a hőség okozta teljesítménycsökkentő következményekkel. A hőstressz szignifikánsan csökkenti a katonai eredményességet, hiszen rontja a kognitív teljesítményt, a reakcióidőt, az érzékelést, növeli a kardiovaszkuláris események kockázatát. Ezen túlmenően csökkenti az éberséget, mely például őrszolgálatban, az irányítóberendezések kezelésekor, vagy ellenőrzésekor hátrányos. A szokatlanul magas vagy alacsony hőmérséklet csökkenti a mentális és pszicho-motoros teljesítményt, a kéz ügyességet, az állóképességet, a célzást és a célkövetést. Rontja a szimultán feladatok (például járművezetés, tűzvezető rendszerek kezelése stb.) végzését, az alvási ritmust és a szubjektív reakciókat, hatással van az érzelmekre, és csoportlélektani folyamatokat is befolyásol. (Meglécz, 2011)

A szélsőséges időjárási körülmények között nagy jelentősége van a megfelelő ruházatnak és az egyén edzettségének, mellyel hatékonyan csökkenthetők a hőstressz negatív hatásai. Fontos továbbá a műveletek stratégiai tervezésénél az eszközök és berendezések minőségi és funkcionális paramétereinek olyan megválasztása, hogy az a műveleti terület klimatikus viszonyaihoz vagy a megváltozott körülményekhez illeszkedjen. A katonai erőket a nemzetközi gyakorlatnak megfelelően gyakran alkalmazzák civil társadalmi feladatok ellátására, mely többlet feladatot és terhelést jelent az állomány számára. Bevetésre kerülnek a katonák árvízi védekezés, kitelepítés, a biztonság fenntartása céljából földrengés, szökőár, hurrikán, erdőtűz vagy más természeti katasztrófa esetén. Ilyenkor szélsőségesebb körülmények közt végzik feladataikat, mely a csapatok további terhelését jelenti.

ÉGHAJLATBIZTONSÁG. Az Európai Unió először 2008-ban fogalmazta meg, hogy az éghajlatváltozás a fenyegetések megsokszorozója (EU, 2008). Az EU kifejlesztette a korai figyelmeztető- és cselekvési rendszert, mely elősegíti a szélsőséges időjárási események okozta károk enyhítését. Az EU különösen fontosnak tartja a lakossági tájékoztatást az éghajlati témakörben. Az európai országokban az éghajlatváltozáshoz köthető jellemzően időjárási szélsőségek okozta jelenségek közül elsősorban a hőség, az áradás, az erdőtűz, az egészségkárosító hatások és a szomszédos területek szociális és politikai instabilitása (Közel-Kelet, Észak-Afrika) miatti problémák jellemzőek, mindemellett jelen van a gazdasági egyenlőtlenség (kelet-európai országok), az öregedő társadalom, a munkanélküliség és a stagnáló gazdasági növekedés problémája is. Az Európai Bizottság 2019-ben Közös Biztonsági és Védelmi Politika kiadványában foglalkozott a klímabiztonsággal, melyet figyelembe kell venni a katonai műveletek tervezése és fejlesztése során. Az ugyanebben az évben rendezett NATO csúcson került megfogalmazásra, hogy a NATO mint egységes politikai erő jelentős szerepet kell, hogy játsszon a klímaváltozás mérséklésében az emisszió csökkentésével. A NATO infrastruktúrát is

veszélyezteteti a tengerszint emelkedése (tengerparti katonai bázisok), az áradások, ezáltal csökkenti a készlet szintjét. A probléma kezeléséhez szükséges klímabiztonsági elemzéseket végezni, mellyel feltárhatók az éghajlati hatások bel- és külföldön.

Az éghajlatváltozás kockázatot jelent a világ biztonságára, melyet a problémák megértése és a kezelésükre való felkészültség növelése érdekében katonai szakértők (védelmi szféra, hírszerzés, éghajlatváltozás, ökoszisztéma változásai, biztonság) elemeznek. A kockázatok típusát, mértékét egy globális vizsgálaton alapuló, évente megjelenő tanulmány írja le 2019 óta meghatározott módszerek alkalmazásával (*The World Climate and Security Report 2020*). A tanulmányok célja a jelenlegi (2021) és a következő két évtizedben (2031, 2041) az éghajlatváltozás okozta várható biztonsági problémák megismerése mellett a kezelésükre való felkészültség, ellenálló képesség növelése, valamint a döntéshozók, a védelmi vezetők és a természet- és társadalomtudósok közötti kapcsolatteremtés elősegítése.

A COVID-19 világjárvány gyors terjedése megmutatta, hogy a bevezetett (bár országoként nagyban eltérő) óvintézkedések ellenére a járválynak mennyire gyors és szerteágazó negatív hatásai vannak a társadalomra, a stabilitásra, az országok belső biztonságára. Mindez az éghajlatváltozás mérséklését, üvegházgáz kibocsátások csökkentését célzó intézkedések mihamarabbi bevezetésének szükségességét erősíti a cselekvést halogató politika helyett, hiszen egyes éghajlati kockázatok hatásai hasonlóak lehetnek a COVID-19 világjárványához. (*The World Climate and Security Report 2021*)

Az éghajlatbiztonságot tíz terület tanulmányozásával vizsgálta az 57 hét fős szakértői csoport. Megállapították, hogy az éghajlatváltozás okozta biztonsági kockázatok növekedése várható a következő évtizedekben. Általánosságban elmondható, hogy a társadalmi problémák kockázata nagyobb a katonai tevékenységre, mint a hagyományos műveletekre.

Éghajlatbiztonságot befolyásoló területek:

Vízbiztonság

Az éghajlatváltozás okozta tengerszint-emelkedés növeli a kockázatát a talajvíz sóssá válásának, az áradásoknak, a parti területek lakhatatlanná válásának és a szociális és politikai bizonytalanságnak. A csapadékviz viszonyok megváltozásával növekszik a szárazság, illetve az extrém (mennyiség, intenzitás) csapadék kialakulásának esélye, így veszélyeztetni az ivóvíz-ellátást, szociális, politikai és gazdasági hatásai vannak. Az éghajlatváltozáshoz köthető gyakoribb és intenzívebb természeti katasztrófák hatással lehetnek a víz- és csatornarendszerre, ezáltal egészségi/egészségügyi, szociális következményei lehetnek.

Élelmiszer biztonság

A víztöbblet és a vízhiány súlyos károkat okozhat a mezőgazdaságnak, veszélyeztetni a termelékenységet, az élelmiszerellátást, növelheti az élelmiszerek árát, gazdasági, szociális bizonytalanságot okoz.

Egészségügyi biztonság

Az éghajlatváltozás elősegítheti a fertőző betegségek terjedését, a magasabb hőmérséklet, az alacsonyabb biodiverzitás, az extrém csapadék kialakulásával, ami tömeges megbetegedéshez, többlet halálozáshoz vezethet. Az extrém magas hőmérséklet, különösen magas páratartalommal párosulva növeli a hőség miatti halálozások számát. Az egészségügyi rendszer túlterhelése pedig súlyosabb megbetegedéseket generálhat, a szűrővizsgálatok elmaradása, a betegségek késői kezelése miatt a halálos esetek száma növekedhet, és szociális bizonytalanságot okozhat.

Ökoszisztéma biztonság

A természeti katasztrófák, esetleg ezek együttes előfordulása, a gyors katasztrófakezelés szükségessége nagy megterhelést jelent a társadalom számára, szociális és politikai feszültséget okoz. A biodiverzitás csökkenése, a migráció, a kritikus ökoszisztémák sérülése veszélyeztetni a nélkülözhetetlen fontosságú élelmiszer- és ivóvíz ellátási rendszert. Az óceánok melegedése és savasodása egyes fajok kihalásához, illetve migrációhoz vezet. Mindezen hatások pedig elmélyítik az erőforrások birtoklásáért folytatott küzdelemből adódó konfliktusokat.

Gazdasági biztonság

A klímaváltozáshoz kapcsolódó extrém időjárási események bekövetkezése rontja a belső, a regionális és globális gazdasági biztonságot, hiszen hatással van az élelmiszer, víz és energia biztonságra. Az éghajlati katasztrófák erősen hatnak a faji és egyéb perifériára szorult (kirekesztett) csoportokra, a népesség

megosztását eredményezi sok esetben, a munkanélkülivé vált, leszakadt, elszegényedett csoportok kialakulása révén.

Infrastrukturális biztonság

Az extrém időjárási események és a tengerszint emelkedése erodálja a kritikus infrastruktúrát, beleértve az energia, a kommunikáció, a szállítmányozás, üzemek, energiaszolgáltatók, pénzügyi központok infrastruktúráit, a mezőgazdasági, egészségügyi, információs technológiai, és víz infrastruktúrákat. Az éghajlatváltozás hatásai módosítják a vízi és szállítási utakat, melynek nemzetközi biztonsági hatása van.

Belső (nemzeti) biztonság

Az éghajlatváltozás következményei (tengerszint emelkedése, hőség, szárazság, extrém időjárás) okozta feszültségek hatással vannak a társadalomra, különösen a sérülékeny csoportokra, akik gyakran emiatt veszítik el lakóhelyüket, kénytelenek azt elhagyni, és országon belül vagy más országban megélhetést keresni. A növekvő szociális, gazdasági, politikai bizonytalanság és a konfliktusok erősítik a politikai polarizációt, korrupciót, gyengítik az állampolgári jogokat.

Katonai biztonság

Az éghajlatváltozás (tengerszint emelkedése, extrém időjárás) veszélyezteti a kritikus katonai infrastruktúrát, gyengíti a katonai erők humanitárius és biztonsági műveletek végrehajtásának képességét a készenlét szintjének csökkentésével, a szövetségesek képességeinek rombolásával, nagyobb számú civil feladatokban való részvétel szükségessége miatt.

Külső (nemzetközi) biztonság

Az éghajlatváltozás növeli a valószínűségét a nemzetek közti konfliktusok kialakulásának, a szűkös erőforrások (élelmiszer, víz, energia) csökkenése, nemzetközi egyezmények be nem tartása, erőviszonyok átrendeződése, elszigetelődés miatt.

Újfajta biztonság

Egyoldalú, geomérnöki (célja az üvegházgázok kivonását csökkentő technológiák fejlesztése, az éghajlatváltozás visszafordítása) fejlesztések az ismeretlen hatások miatt kockázatosak, váratlan biztonsági kockázatokat okozhatnak. A klímaváltozáshoz kapcsolódó technológiák és adatok helytelen használata hátrányos lehet egyes társadalmi csoportokra (pl.: energiahasználat monitorozása, időjárási adatok privatizációja stb.). Kialakulhat éghajlatváltozásból adódó katasztrófa kaszkád, melynek ismeretlen, súlyos hatásai lehetnek a biztonságra, beleértve a kritikus légkör, krioszféra, ökoszisztéma folyamatok határainak visszafordíthatatlan átlépését is. Az újfajta biztonsági kockázatok közé soroljuk továbbá az előre nem látható, hirtelen bekövetkező éghajlati kockázatokat, melyeknek ismeretlen, súlyos következményei lehetnek a biztonsági környezetre.

Az éghajlati biztonságot befolyásoló területek közül a szakértők 2020-ban a vízbiztonságot tették az első helyre a világ biztonságát leginkább befolyásoló rangsorban, melyet a migráció és természeti katasztrófa, az élelmiszerbiztonság, a nemzetek belső konfliktusai, illetve ötödik helyen a nemzetek közti konfliktusok követtek. 2021-ben az első helyen az ökoszisztéma biztonsága szerepelt, másodikként felkerült a listára az egészségügyi biztonság, majd a belső (nemzeti) biztonság, a vízbiztonság és ötödikként a gazdasági (mezőgazdasági) biztonság.

KLÍMAADAPTÁCIÓ ÉS A KIBOCSÁTÁSOK CSÖKKENTÉSE. A megváltozott körülményekhez való alkalmazkodás szükségszerű a haderő esetében is, a hatékony feladatvégzés érdekében. Ehhez megfelelő védelmi stratégiával és politikával kell rendelkezni, a problémás területek mélyreható megismeréséhez elemzéseket kell végezni. Ahhoz, hogy tisztában legyünk az aktuális környezeti állapottal, megfigyelő rendszereket szükséges üzemeltetni, méréseket végezni, feldolgozni azok adatait. A veszélyfigyelmeztető rendszerek használata pedig a környezeti károk kialakulását, katasztrófahelyzeteket előzhetik meg, csökkenthetik hatásait azáltal, hogy időelőnyvel tudunk várható bekövetkezésükről, és fel tudunk rá készülni.

Az alkalmazkodás mellett az üvegházgáz kibocsátások csökkentése is esszenciális, hiszen általában a haderő maga is jelentős kibocsátó, és mivel feladatait a megváltozott éghajlatokon kell végeznie, ki van téve a már bekövetkezett negatív hatásoknak is. Az ökológiai lábnyom csökkentése, az úgynevezett „zöld haderő” koncepció már viszonylag korán megjelent a NATO országokban, különösen az Egyesült Államokban,

Hollandiában, az EU-ban. A megújuló energiák alkalmazása, elsősorban a napenergia, több haderő esetében hatékonyak bizonyult, főleg a kis energiaigényű eszközök töltése (rádiók, telefonok, éjjellátók, laptopok akkumulátorainak töltésére) esetében, táborokban, műveleti területen. A kevesebb fosszilis üzemanyag felhasználás miatt továbbá pl.: hosszabb utat tud megtenni egy konvoj, mely így kevesebb üzemanyag utánpótlást igényel, hosszabb ideig marad működőképes. Az üzemanyag utánpótlás sok esetben rendkívül kockázatos adott műveleti területen. Belföldön ugyanakkor a laktanyák elektromos áramfelhasználása kiegészíthető kis teljesítményű napkollektorok felszerelésével. Hazánkban például 2013-tól közcélú elektromos hálózatra termelő fotovoltaikus rendszerű, háztartási méretű kiserőművel (HMKE) – 48–50 kW – üzemelnek Budapesten, Hódmezővásárhelyen. Manapság a védelmi beruházások, fejlesztések tervezésekor lehetőség szerint figyelembe veszik a klímavédelmi szempontokat is. Megjegyzem, hogy az energiahatékonyság költségcsökkentő hatása nem releváns, minden esetben a feladat végrehajtás sikere az elsődleges szempont. Hazánkban az éghajlatváltozás várható hatásaira – köztük az egészségi és az egészségügyi következményekre – való felkészülés és az alkalmazkodó képesség javításának feltételei beépültek a stratégiai tervezés folyamatába (Nemzeti Környezetvédelmi Program, Nemzeti Éghajlatváltozási Program, Klímastratégia, Környezeti Program, Nemzeti Biztonsági Stratégia, Élelmiszerlánc-Biztonsági Stratégia, Nemzeti Épületenergetikai Stratégia).

A II. Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia az alkalmazkodás és felkészülés témakörében említést tesz az egészségügy ágazatáról is. Stratégiai célként jelenik meg az élelmiszer- és vízbiztonság fenntartása az egészségügyi kockázatok és a járványok kiküszöbölése érdekében. Az éghajlatváltozás várható hazai hatásai közül a hőhullámokra fókuszál. A II. Nemzeti Alkalmazkodási Program foglalkozik az aszály, a hőhullám, az erdőtűz, a villámárvizek, a viharok mint az éghajlatváltozásból adódó problémákkal, az extrém csapadékesemények elleni védekezéssel, a vízviSSzatartással, a csapadékvíz-gazdálkodási rendszerek fejlesztésével. Említésre kerül továbbá a fenntartható mezőgazdasági vízhasználat, hazai vizeink (pl. Balaton), az erdőterületek és a természetes élőhelyek, valamint az egészségügyi ellátórendszer klímahatásokra való felkészítése (lakosság egészségi állapota, infrastruktúra, ellátó rendszer fejlesztése) is.

ÖSSZEFOGLALÁS. Az éghajlatváltozás és az azzal együtt járó szélsőséges időjárási jelenségek hatásai életünk szinte minden területét befolyásolják, így a biztonságot is. Az éghajlatbiztonság rendkívül összetett, melyet sok tényező alakít. Az éghajlatbiztonságot átgondolt alkalmazkodási stratégiákkal, a kibocsátások csökkentésével, a klímaváltozás mérséklésével növelhetjük. A védelmi szférában is elengedhetetlen a gondolkodásmód beépülése a mindennapokba a belső, külső (és katonai) biztonság fenntartása érdekében, a változó biztonsági környezetben.

IRODALOM

- Antal Z. László, Ferencz Zoltán, Páldy Anna* (szerkesztők), 2020: Éghajlatváltozás és egészség jelentés, Társadalomtudományi Kutatóközpont
- European Union*, 2008: Report on the Implementation of the European Security Strategy—Producing Security in a Changing World, Brussels
- Meglécz Katalin*, 2011: Missziós területek katonai szolgálatának követelményrendszere és kihívásai, Hadtudomány, 2011/4., p. 21-32.
- The World Climate and Security Report 2020*, Expert Group of the International Military Council on Climate and Security. Szerzők: Steve Brock (CCS), Bastien Alex (IRIS), Oliver-Leighton Barrett (CCS), Francesco Femia (CCS), Shiloh Fetzek (CCS), Sherri Goodman (CCS), Deborah Loomis (CCS), Tom Middendorp (Clingendael), Michel Rademaker (HCSS), Louise van Schaik (Clingendael), Julia Tasse (IRIS), Caitlin Werrell (CCS). Edited by Francesco Femia & Caitlin Werrell. Kiadó: Center for Climate and Security, an institute of the Council on Strategic Risks, 2020.
- The World Climate and Security Report 2021*, Expert Group of the International Military Council on Climate and Security, Kiadó: Center for Climate and Security, an institute of the Council on Strategic Risks, 2021.

HŐHULLÁM KATEGÓRIÁK ÉS TRENDK MAGYARORSZÁGON HEAT WAVE CATEGORIES AND TRENDS IN HUNGARY

Simon Csilla¹, Lakatos Mónika², Kis Anna¹

¹ ELTE Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A.

² Országos Meteorológiai Szolgálat, Éghajlati Osztály, 1024 Budapest, Kitaibel Pál utca 1.
csilluss58@gmail.com, lakatos.m@met.hu, kisanna@nimbus.elte.hu

ÖSSZEFOGLALÁS. A nyári hőhullámok az éghajlatváltozás hatására a jövőben egyre gyakoribbá válhatnak világszerte és Magyarországon egyaránt. Ezek az időszakok komoly egészségügyi kockázatot jelentenek, megviselik az emberi szervezetet. Kizárólagos definíció nem létezik a hőhullámos periódusok leírására. A hozzá szükséges kritériumok régióként eltérhetnek, hiszen előfordulhat, hogy ami egy területen alkalmazható, az eltérő körülmények között már nem lenne releváns. Ezeket a küszöbértékeket a vizsgált térség földrajzi helyzetének és éghajlati jellemzőinek figyelembevételével jelölik ki. *Ouzeau et al.* (2016) kidolgozott egy eljárást a hőhullámok detektálására, amely más módszerekhez képest összetettebb – a hőhullámos periódusok meghatározásához több kritériumot használ, azokat különböző karakterisztikákkal (időtartam, intenzitás, előforduló legmagasabb napi középhőmérséklet) jellemzi. Tanulmányunkban is ezt a módszert vettük alapul a hőhullám meghatározásához, Magyarországra optimalizálva a kritériumokat. Eredményeink szerint hazánk nagyobb városai közül az 1901–2019 időszakban az eddigi leghosszabb hőségperiódus 2018-ban következett be, amely Budapesten 30 napig, Szegeden 16 napig tartott. A hőhullámos napok éves gyakoriságára, valamint a hőhullámos periódusokra jellemző karakterisztikák jövőbeli változására irányuló vizsgálatot is végeztünk az EURO-CORDEX program keretében futtatott CCLM és a RACMO regionális klímamodellek szimulációi alapján, Budapestre vonatkozóan. A 21. század végére a fővárosban az optimistább RCP4.5 scenárió szerint 10–24-gyel, míg a pesszimista RCP8.5 forgatókönyv mellett 26–54-gyel több hőhullámos nap várható évente (referencia időszak: 1971–2000). A jövőben tehát jóval gyakoribbá válhatnak az olyan komoly hőhullámok, amelyek idáig csak ritkán léptek fel hazánkban. Emiatt nagyon fontos a felkészülés és az alkalmazkodás, valamint a klímaváltozás mérséklésére vonatkozó törekvés.

ABSTRACT. Severe heat waves in summer may occur more frequent in the future many parts of the world including Hungary due to climate change. Heatwave periods cause a serious health risk and affect the humans. There is no single definition to describe heatwave periods. The criteria may vary from region to region, as what is applicable in one area may not be relevant in different circumstances. The threshold of the days with heatwave is depending on the geographical locations and climatic characteristics of the region under consideration. *Ouzeau et al.* (2016) developed a method for heat wave detection that is more complex than other methods - it uses several criteria to define heat wave periods, characterised by different characteristics (duration, intensity, maximum daily mean temperature during the heatwave). In our study, we applied and optimized first this method to define heat waves for Hungary. According to our results, the longest heatwave ever experienced in Hungary's major cities in the 1901–2019 period occurred in 2018, lasting 30 days in Budapest and 16 days in Szeged. We also investigated the annual frequency of heat wave days and the future changes in the characteristics of heat wave periods based on regional climate model simulation CCLM and RACMO applied within the EURO-CORDEX. By the end of the 21st century, Budapest will have 10-24 days more of heat wave days with the RCP4.5 scenario, while with the most pessimist RCP8.5 scenario 26-54 more heatwave days per year are expected (reference period: 1971–2000). In the future, severe heat waves had rarely occurred in our country so far could become much more frequent. This makes it very important to prepare and adapt, and to mitigate climate change.

IRODALOM

Ouzeau, G., Soubeyroux, J-M., Schneider, M., Vautard, R., Planton, S., 2016: Heat waves analysis over France in present and future climate: Application of a new method on the EURO-CORDEX ensemble. *Climate Services*, 4, 1–12.

A KONFERENCIÁN BEMUTATOTT DIÁK

Hőhullám kategóriák és trendek Magyarországon

V. Orvosmeteorológiai Konferencia
2021. december 9-10.

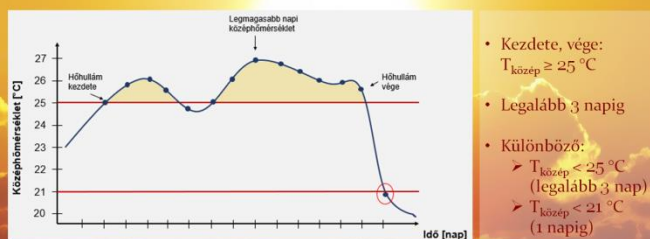
Simon Csilla¹, Lakatos Mónika², Kis Anna¹

¹ELTE TTK Meteorológiai Tanszék
²Országos Meteorológiai Szolgálat



1. Bevezetés, motiváció 2. Módszertan 3. Eredmények

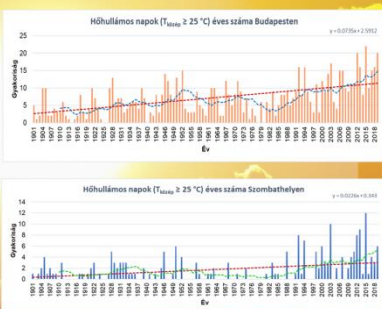
- Hőhullámok detektálása:** Ouzeau et al. (2016) alapján
 - 3 fő karakterisztika: időtartam, intenzitás, legmagasabb napi középhőmérséklet



- Kezdet, vége:
 $T_{\text{közép}} \geq 25^\circ\text{C}$
- Legalább 3 napig
- Különböző:
 - $T_{\text{közép}} < 25^\circ\text{C}$ (legalább 3 nap)
 - $T_{\text{közép}} < 21^\circ\text{C}$ (1 napig)

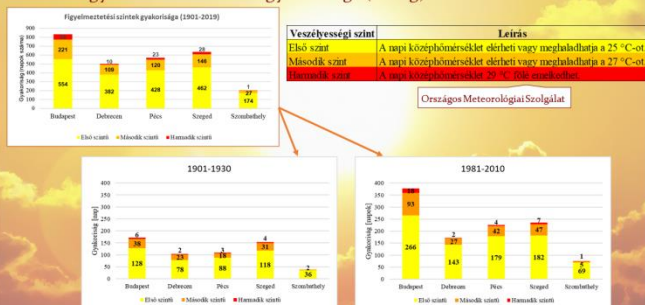
1. Bevezetés, motiváció 2. Módszertan 3. Eredmények

- Hőhullámos napok éves száma**
 - emelkedett minden városban
 - Budapest – legnagyobb mértékben
 - Szombathely – legcsökkent mértékben



1. Bevezetés, motiváció 2. Módszertan 3. Eredmények

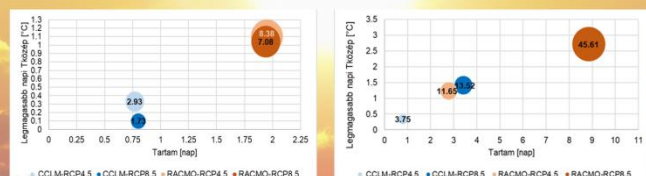
- Kiadott figyelmeztetési szintek gyakorisága (hőség)**



1. Bevezetés, motiváció 2. Módszertan 3. Eredmények

Hőhullámok karakterisztikáinak változása

	2021-2050	2070-2099
Átlagos időtartam növekedése:	1-2 nap	1-9 nap
Intenzitás növekedése:	2-3 °C (CCLM) 7-8 °C (RACMO)	4-13 °C (CCLM) 12-46 °C (RACMO)
modellek jól elkülönülnek		szenáriók elkülönülése



1. Bevezetés, motiváció 2. Módszertan 3. Eredmények

- Éghajlatváltozás → Extrém időjárási jelenségek gyakorisága nő, hőmérsékleti szélsőségek
 - A nyári hőhullámok gyakoribbá, hosszabbá, intenzívebbé válnak (IPCC, 2019)

- Emberi szervezetre gyakorolt hatások:

- Komoly egészségügyi kockázat
- Idősek, betegek
- Koncentráció-képesség csökkenése
- UV-sugárzás → bőrbetegségek

- Cél:

- Hőhullámos napok előfordulásának és tendenciájának, nyári hőhullámok karakterisztikáinak vizsgálata magyarországi városokban



1. Bevezetés, motiváció 2. Módszertan 3. Eredmények

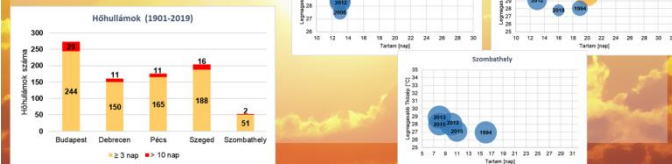
- Vizsgált időszakok, adatok:**

- Múlt: 1901–2019
 - homogenizált $T_{\text{közép}}$ adatsor
 - 5 nagyobb hazai város
- Jövő: 2021–2050, 2070–2099
 - CCLM (EC-EARTH), RACMO (HadGEM) regionális klímamodellek $T_{\text{közép}}$ szimulációi
 - Nyers adatok
 - RCP4.5 és RCP8.5
 - Budapest (4 rácpont térbeli átlaga)
 - Delta módszer - referencia időszak: 1971–2000



1. Bevezetés, motiváció 2. Módszertan 3. Eredmények

- Hőhullámok (1901-2019)**
 - Diagramokon: 5 leghosszabb hőhullám, kijelölve: időszakban bekövetkezett legintenzívebb 2013: Budapest (25 nap), Pécs (21 nap)
 - Szeged: 1921-es hőhullám
 - Szombathely: legintenzívebb: 2007 (7 nap)

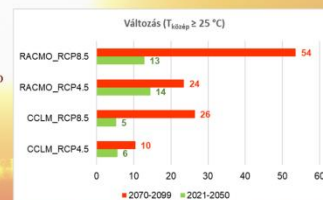


1. Bevezetés, motiváció 2. Módszertan 3. Eredmények

Hőhullámos napok számának változása

	1971-2000	2021-2050	2070-2099
CCLM:	átlagosan 7 nap	5-6 nap ↑	10-26 nap ↑
RACMO:	átlagosan ~12 nap	13-14 nap ↑	szenáriók között nagyobb eltérés (24-54 nap)

- RACMO a múltbéli időszakban és a jövőben egyaránt több hőhullámos nappal számol
- 2021-2050: RCP4.5 Szenárió a pesszimistább
- Mindennapok részévé válhat



Összegzés

- Nyári hőhullámok előfordulása, hossza, intenzitása növekedni fog a jövőben
- Optimistább szenárió: 10-24-gyel, pesszimista szenárió: 26-54-gyel **több hőhullámos nap** várható évente Budapesten
- Hőhullámok **átlagos hossza** a 21. század végére **1-9 nappal** növekedhet
- A mostani szélsőségek a mindennapjaink részévé válhatnak
→ Fontos az alkalmazkodás!

Köszönöm a figyelmet!

AZ ERYTHEMÁLIS UV-DÓZIS MEGHATÁROZÁSÁNAK RELEVANCIAJA, ÉS AZ UV-BESUGÁRZÁS VÁRHATÓ JÖVŐBELI TENDENCIÁI

RELEVANCE OF DETERMINATION OF THE ERYTHEMAL UV DOSE, AND THE EXPECTABLE FUTURE TENDENCIES OF THE UV IRRADIANCE

Tóth Zoltán¹, Fekete Dénes²

¹H-ION Kutató, Fejlesztő és Innovációs Kft., 1121 Budapest, Konkoly-Thege Miklós út 29-33.,

²Országos Meteorológiai Szolgálat, Marczell György Főobszervatórium, 1181 Budapest, Gilice tér 39.
zoltan.toth@h-ion.hu, feketed@met.hu

ÖSSZEFOGLALÁS. Az UV-sugárzásmérések és a mérőhálózatok pontosságának és hosszú távú viselkedésének kvantitatív ismerete kulcsfontosságú, hiszen a gyógyítással és társadalom-egészségüggyel foglalkozó szakemberek ezen mérési adatok alapján vonják le következtetéseiket és végzik el elemzéseiket. A munka első részében az UV-sugárzásmérés minőségbiztosításában és ellenőrzésében történt legújabb fejlesztéseket és azok eredményeit ismertetjük. A második részben választ keresünk arra a kérdésre, hogy milyen tendenciák várhatók a közeljövőben a lakosság UV expozíciójára vonatkozóan.

ABSTRACT. Quantitative knowledge of the accuracy and long-term behaviour of UV measurements and UV monitoring networks is of crucial importance, as medical and public health experts draw conclusions and perform analyses based on these measurement data. In the first part of this paper, latest developments in quality assurance and quality control of UV radiation measurement and their results are presented. In the second part, we search for an answer to the question of what trends are expected in the near future regarding the UV exposure of the population.

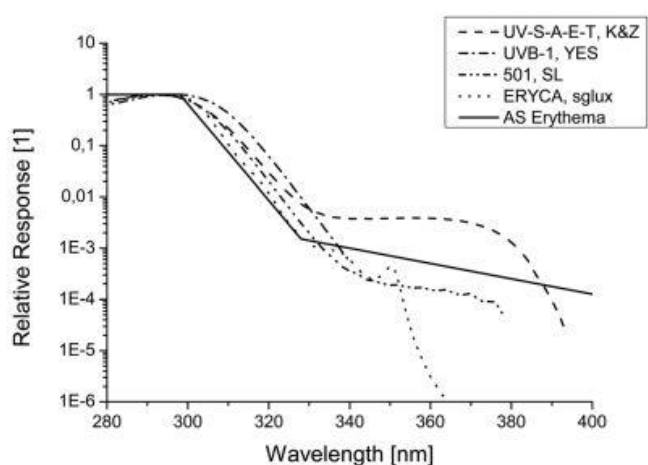
BEVEZETÉS. Az erythemális UV-sugárzásmérés elvárt pontossága erősen függ attól, milyen célú mérésről van szó. Az ún. személyi doziméterektől és kézi UV-sugárzásmérőktől egyrészt felépítésükből következően nem várható el olyan pontosság, mint a mérőhálózatokban használt detektorok esetében. Másrészt ezeknek különbözőféle megoldású fajtái ismertek, vannak, amelyek pl. csak egy elszíneződéssel mutatják az erősebb UV-besugárzást, vannak, amelyek már értékeket is kijeleznek, azaz kicsit más céllal készülnek. Így ezekre az egyes fajták között se várható el ugyanaz a pontosság és általánosan érvényes minőségbiztosítási eljárás sem dolgozható ki. A professzionális mérőhálózatokban használt UV detektorok megbízhatóságának és pontosságának mindig összhangban kell lennie az adott kor legmodernebb technológiájával. Kiemelten érvényes ez a referencia mérőeszközökre. Ezek korszerűsítése és pontosságának növelése folyamatosan történik a szilárdtestfizika, a mikroelektronika és a számítástechnika fejlődésével. Ezekkel lépést kell tartania a tesztelési és kalibrálási eljárásoknak is. A megkövetelhető pontosságnak határt szab a detektorok felépítése. Egy spektrofotométer vagy spektrométer esetén ez más, mint egy széles spektrumtartományban működő (broad-band) detektor esetén, így ezek az eljárások is különbözőek a spektrális és szélessávú mérőeszközökre vonatkozóan. E mérőeszközök pontosságának és hosszú távú viselkedésének kvantitatív ismerete nagyon fontos, hiszen a gyógyítással és társadalom-egészségüggyel foglalkozó szakemberek az ilyen mérőműszerekkel üzemelő mérőhálózatok mérési adatai alapján vonják le következtetéseiket és végzik el elemzéseiket.

HOL TART MA AZ ERYTHEMÁLIS UV-SUGÁRZÁSMÉRÉS PONTOSÁGA?

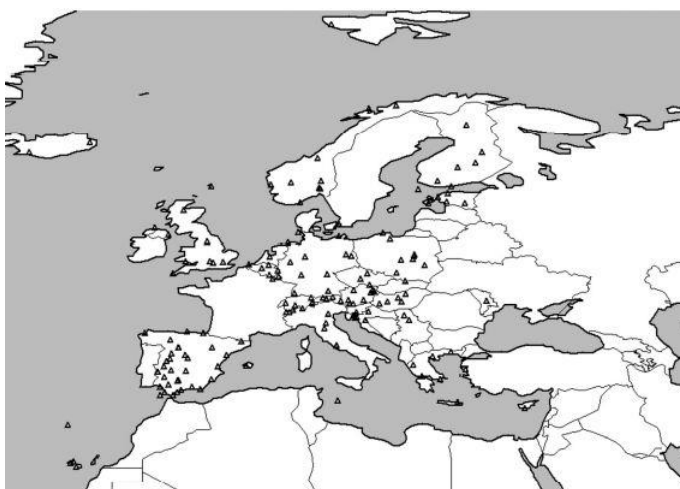
Az UV-sugárzásmérés kvantitatív minőségbiztosításának kifejlesztése. Az ultraibolya sugárzás a földfelszínre érkező napsugárzás töredéke, következésképpen nincs számottevő szerepe a légköri energiaháztartásban. Ennek következtében körülbelül három évtizeddel ezelőtt még nem szerepelt a napsugárzásmérő

hálózatok mérési programjában, csak egyes helyeken kísérleti, kutatási jelleggel mérték, rövidebb-hosszabb ideig. A sztratoszférikus ózon csökkenésének felfedezése adott lökést a nemzeti UV-sugárzásmérő hálózatok létrejöttének, és a 90-es években gombamód kezdtek szaporodni a nemzeti UV-sugárzásmérő hálózatok. Magyarország az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) által 1994-ben létesített nemzeti UV monitoring hálózat révén a világ első tíz országa között volt, ahol UV-mérő hálózat működött. A pontos mérési adat előállításához biztosítani kell, hogy a mérőeszköz kalibrált legyen, azaz kalibrációja visszavezethető legyen egy elsődleges nemzetközi referencia mérőeszközhöz (részletesebben lásd: Tóth, 2017 és Tóth., 2019). Ez az – itt most nagyon leegyszerűsített módon említett, de a valóságban igen bonyolult módon, többlépcsős munkafolyamatokkal megvalósítható – kalibrálási eljárás biztosítja, hogy a világ minden egyes hálózati műszere a nemzetközi referencia műszer által képviselt sugárzási skálát használja. Ennek biztosítására szolgál a megfelelően, speciálisan erre a célra kifejlesztett és operatív módon működtetett kvantitatív minőségbiztosítás és minőségellenőrzési (QA/QC) eljárás.

Az erythemális sugárzás mérésének mérési bizonytalanságát növeli, hogy a fizikai mérési adat nem teljesen



1. ábra. Különböző típusú broad-band UV detektorok spektrális válaszfüggvénye (spektrális érzékenység-eloszlása) és a standard Erythema függvény (AS Erythem)



2. ábra. A mérési adataikat online közzétevő európai UV-sugárzásmérő állomások

mérési adat, mert egy empirikus úton ismert hatásfüggvényt tartalmaz. Ezért az erythemális UV sugárzás-mérés QA/QC eljárásait speciálisan kellett kialakítani (Tóth, 2017). Az 1. ábrán láthatjuk, hogy a professzionális mérőhálózatokban használt UV detektorok spektrális érzékenység eloszlása igen jól közelíti az Erythema eloszlást, azaz a standard McKinlay-Diffey függvényt (az ábrán ez az „AS Erythema” jelölésű görbe). Nagyobb eltérések csak abban a spektrumtartományban vannak, ahol a függvény értéke már közelítőleg zérus (a maximális értéknek egy ezrede, vagy annál kisebb). Amikor már számos európai országban működött UV-sugárzásmérő hálózat, akkor kezdte munkáját az EU COST-726 („Long Term Changes and Climatology of UV Over Europe”) projekt, amely 2004-től 2009-ig dolgozott. A projekt 4. munkacsoportja (WG 4: QA/QC Procedures) munkájának eredményeképp született meg a mérésekre vonatkozó standard működtetési eljárás, a SOP (Standard Operating Procedure) kifejlesztése, és az erythemális UV-sugárzásméréseket végző nemzeti és regionális hálózatok működtetésének harmonizálása. A SOP kiemelt fontosságú része volt a QA/QC eljárások standardizálása. Mivel a legnagyobb pontosságú terepi UV-sugárzásmérő eszközt, a Brewer spektrofotométert igen komplex felépítése és nagyon magas ára következtében nem célszerű és nem is praktikus hálózati műszerként alkalmazni, az EU-nak azt a működtetési metódust javasoltuk, hogy a hálózatokban állomási műszerként a szélessávú („broad-band”) detektorokat alkalmazzák, és rendelkezésre kell állnia egy (vagy több) kizárólag kalibrálásra használt nemzeti referencia detektornak. A nemzeti broad-band referenciát minden évben kalibrálni kell az adott országban működő Brewer spektrofotométerrel, mint terepi referencia-eszközzel, ha rendelkezik ilyennel az adott ország. A broad-band detektorok számára a nemzetközi laboratóriumi referencia a svájci Davos-ban működő World Radiation Centre (WRC) által működtetett QASUME referencia spektro-radiométer. A rendszer precíz kialakításához laboratórium

összehasonlításokat is végeztünk annak felmérése céljából, hogy ugyanazon detektorok ugyanazon metódusú kalibrálásának eredményei mennyire térnek el a különböző laboratóriumokban elvégezve. Ezt egy erre a célra kiválasztott, különböző országok mérőhálózatainak broad-band detektoraiból álló detektorcsoportot alkalmaztunk. A különböző laboratóriumokban kapott eredményekben szerencsére – a vártaknak megfelelően – nem jelentkezett számottevő különbség. Továbbá kidolgoztuk a broad-band detektorok laboratóriumi karakterizációs eljárását. A karakterizáció az összes olyan faktor meghatározása, amely befolyásolja az eszköz által mért sugárzás értékét. Azaz megadja, hogy a detektor által kiadott jel milyen paraméterektől függ, és a laboratóriumi karakterizációs mérésnél ezeknek a számértékét kell meghatározni. A mért E sugárzásérték a következőképpen adódik:

$$E = (S - S_0) \cdot c_0 \cdot c_1(O_3, SZA) \cdot c_2(SZA) \cdot c_3(T) \cdot c_4(rH) \cdot c_5(S),$$

ahol

S : az eszköz által kiadott elektromos jel (leginkább feszültség, de lehet áram is)

S_0 : a kiadott elektromos jel zérus besugárzás esetén (offset)

O_3 : a légkör ózontartalma

SZA : a Nap zenittávolsága

T : detektor-hőmérséklet

rH : relatív nedvesség

A c értékek a paraméterezés együtthatói, a $c_5(S)$ tag a lineáris függéstől való eltérést jelenti (általában elhanyagolhatóan kicsi).

Az ózontartalom-függés azért van, mert az UV tartományban az ózon erősen abszorbeál.

$c_3(T) = 1$ azoknál a detektoroknál, amelyekben van automatikus hőmérséklet-szabályozás (Peltier-elem),

$c_4(rH) = 1$, amelyekben van nedvességszívó anyag (szilikagél), amit időnként cserélni kell.

Ehhez a munkához elvégeztük a fentebb említett detektorcsoport különböző országokban működő tagjai karakterizációját a WRC-ben, amelyek „kísérleti alanyul” szolgáltak a munkához.

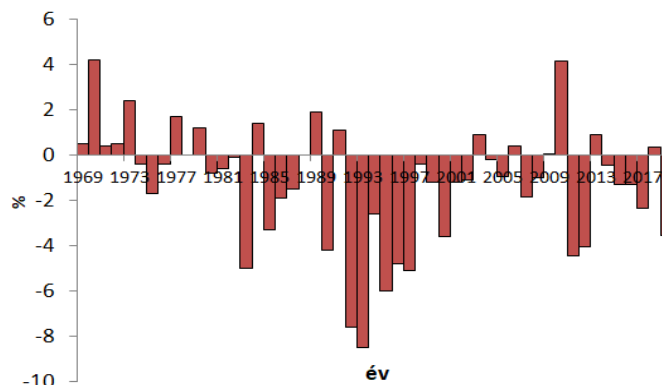
Egy következő össz-európai munkában a terepi elsődleges referenciának számító Brewer spektrofotométerek QA/QC eljárásának továbbfejlesztését végeztük el. Ez a 2013-tól 2015-ig működő EU COST ES1207 („EUBrewNET”) projekt volt. Ennek keretében a berendezés teljes opto-elektronikájára továbbfejlesztett és új, eddig még nem alkalmazott ellenőrzési eljárásokat dolgoztunk ki. Ezeket kísérletképpen több európai Brewer spektrofotométeren is elvégeztük. Továbbá létrejött egy központ Madridban, ahova egy kliens használatával több európai Brewer eszköz csatlakoztatva lett, így a napi mérési programban futó automatikus rutintesztek eredményei egy, a központban futó, direkt erre a célra kifejlesztett szoftverrendszer használatával kvázi-realttime módon ellenőrzésre kerülnek. A rendszer kísérletileg már operatív üzemmódban működik.

A fentiek által biztosítva van, hogy az órás besugárzás értékek vonatkozásában az európai UV-sugárzásmérő hálózat kb. 5–7% pontossággal működjön, ami igen jónak mondható.

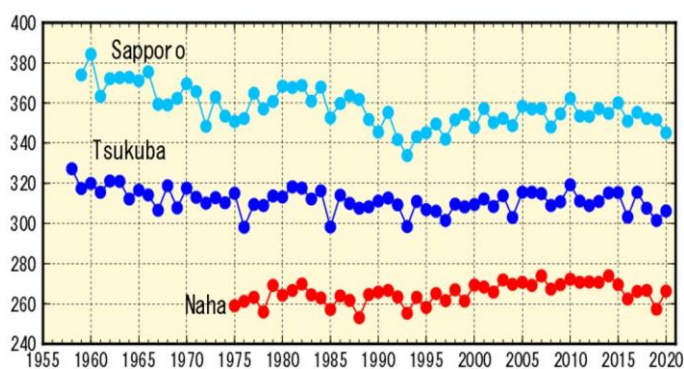
Az európai UV-sugárzásmérő hálózat jelenlegi helyzete. Az európai nemzeti hálózatok az adataikat valamilyen formában online közzéteszik. Ez a „forma” igen szerteágazó, ebben még messze járunk valamiféle egységesítéstől, de ez nem is probléma feltétlenül, hiszen a mért adatok rendezett adatbázisokban minden egyes hálózatban archiválva vannak. A probléma inkább az, hogy a mérőállomások eloszlása meglehetősen inhomogén, ahogy ezt a 2. ábrán láthatjuk (Schmalwieser et al, 2017). Bonyolítja a helyzetet, hogy vannak országok, amelyeknek bár több mérőállomásuk van, csak egynek az adatait teszik közzé. Ilyen pl. Szlovákia, amelyről a velük való, közel három évtizedre visszatekintő jó és szoros együttműködés és közös munkák alapján jól tudjuk, hogy több állomással és komoly minőségbiztosítással üzemeltetett hálózatuk van, de csak egy állomás adatait teszik közzé. Erre másik példa Portugália, ahol szintén magas színvonalon működő mérőhálózat üzemel és a szakterületen dolgozó szakemberei jelentős szerepet vállalnak a közös nemzetközi szakmai munkákban is, de a kontinentális állomásaik adatait nem teszik közzé, csak a madeirai állomás értékeit. Továbbá vannak nagyobb területű országok, amelyek egyáltalán nem teszik közzé az adataikat. Ezek egy részéről (Írország, Franciaország, Svédország) ismert, hogy a hálózat megfelelően magas minőségbiztosítási szinten dolgozik, és szakembereik a nemzetközi együttműködésekben is részt vesznek. Ugyanakkor

vannak országok (Délkelet- és Kelet-Európában), amelyek esetén kevés információnk van még magukról a nemzeti mérőállomások létezéséről is, nem hogy a hálózat működtetésének mikéntjéről. Ezen a téren tehát van bőven előre lépni való.

A LAKOSSÁGOT ÉRŐ SZOLÁRIS UV-BESUGÁRZÁS VÁRHATÓ JÖVŐBELI TENDENCIÁI. Általában igaz, hogy beérkező sugárzást előrejelezni hosszú távon nem lehetséges, de rövidtávon is az egyik legnagyobb bizonytalansággal előrejelezhető légkörfizikai mennyiség, bármilyen spektrumtartományról is legyen szó, mivel minden helyen rendkívül erősen függ a légkör aktuális állapotától, legerősebben a felhőzetől (borultság mértéke, jelenlévő felhőtípusok, felhőzet-magasság). Ezért az UV-sugárzás esetén is csak a felszínre érkező besugárzást befolyásoló légköri mennyiségek várható tendenciáinak figyelembevételével lehet modellezni a nagyjából várható tendenciákat. A probléma azonban az, hogy vannak folyamatok és mechanizmusok, amelyek a légkör működésének nagymértékű komplexitása miatt nem modellezhetők pontosan, így nem ismert, hogy létrejöttek vagy létrejönnek-e, és ha igen milyen nagyságrendben. Azt viszont a mérésekből sejtjük, vagy egyes esetekben biztosan tudjuk, hogy jelen vannak-e, és szerencsésebb esetben a mértékükkel is tisztában vagyunk. Ezeket ismertetjük az alábbiakban, rájuk alapozva próbálunk valamit mondani a várható trendekről.



3. ábra. A teljes ózontartalom spektrofotométeres mérésekből számított éves átlagainak százalékos eltérése a sokévi átlagtól Budapest felett az 1969-2020 időszakra



4. ábra. A teljes ózontartalom spektrofotométeres méréseiből számított éves átlagai a Japan Meteorological Agency három mérőállomásán az 1958-2020 időszakra

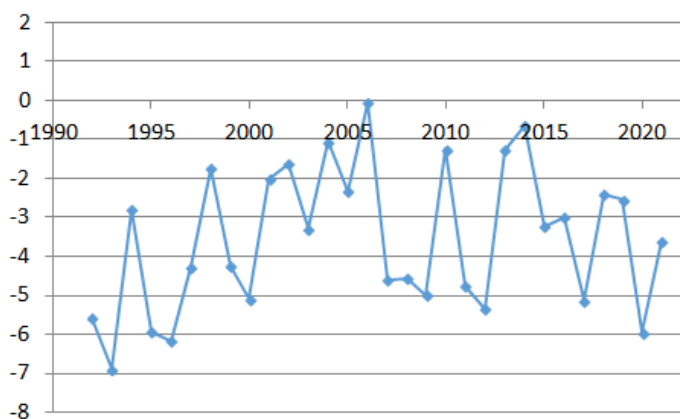
A szoláris UV-besugárzás mértékét befolyásoló légkörfizikai mennyiségek és az éghajlati rendszer kapcsolata a mérési adatsorok tükrében. A földfelszínre érkező UV-besugárzás mennyiségét egy adott földrajzi helyen és időpontban a szoláris UV-kibocsátás nagysága, a napkorong horizont feletti magassága (azaz a napsugarak beesési szöge), a légkör sugárzás-átbocsátóképessége és ózontartalma határozza meg. A Nap által kibocsátott UV-sugárzás mennyisége olyan enyhén változik, hogy a vizsgált probléma szempontjából állandónak tekinthető. A légkör sugárzás-átbocsátóképességének és ózontartalmának viselkedése, illetve kapcsolatuk a klímarendszerrel már részletesebb elemzést igényel.

A légkör sugárzás-átbocsátóképességét jól lehet jellemezni az ún. optikai mélységgel (Alföldy et al, 2007). Ennek enyhén csökkenő tendenciája Budapesten korábbi vizsgálatokból ismert (Tóth, 2008), ami a légkör sugárzás-átbocsátóképességének a növekedését jelenti.

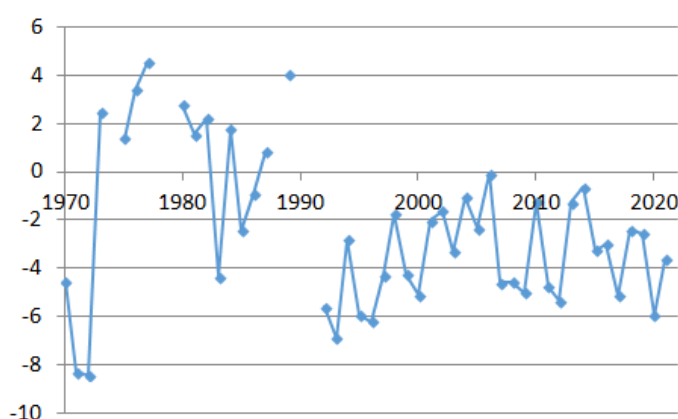
A 3. ábrán a Budapest feletti ózontartalom éves átlagainak a sokévi átlagtól való százalékos eltéréseit tüntettük fel az OMSZ 1969 és 2020 közötti mérései alapján. Jól érzékelhető a csökkenő trend az 1990-es évek közepéig, és onnan kezdve a csökkenés megtorpanása, majd egyfajta regeneráció megindulása. Ez utóbbiról már rég jól ismert, hogy az a Montreali Jegyzőkönyvben foglaltak sikeres végrehajtásának az eredménye. A 4. ábrán pedig a Japan Meteorological Agency három állomására (Sapporo, Tsukuba és Naha) látható a teljes ózontartalom alakulása 1958 és 2020 között (URL, Japan Meteorological Agency). Ebből látható, hogy a mérsékelt öv hasonló szélességein a hosszú távú tendencia még Budapesttől ilyen nagy távolságban is hasonló.

Ugyanakkor azt is megfigyelhetjük a 3. ábrán, hogy az utóbbi évtizedben az ózon folyamatos csökkenésben van, ami igen aggasztó. Azonban a teljes ózontartalom esetén egy évtized nem is elegendő megbízható következtetések levonására. A légkörben zajló sok összetett folyamat, mechanizmus, visszacsatolások stb. révén valamely kiragadott fizikai mennyiség értékét és annak változását rengeteg tényező befolyásolja. Ezt jól mutatja a mi budapesti adatsorunk néhány részletének szemügyre vétele. Az 1990-es évek közepéig tartó csökkenés az illesztett trendvonal feltüntetése nélkül is szembetűnő. Nézzük most meg az ózon 1980-as évtized alatti viselkedését! Láthatjuk, hogy abban az évtizedben egyértelműen növekedés volt tapasztalható. Ez egyáltalán nem azt jelenti, hogy a világ más részeivel ellentétben hazánk felett nem csökkent az ózon mennyisége abban az időszakban. Ez azt mutatja, hogy ha egy ilyen komplex fizikai rendszerben, mint a földi atmoszféra, kiválasztunk egy fizikai mennyiséget a sok közül, amelyre rengeteg egyéb, eleve sok minden mással kölcsönhatásban és visszacsatolásban lévő tényező hat, nem minden esetben, vagy nem minden rövidebb időszakra fogjuk a hosszútávon érvényesülő fő effektust látni. Másképpen fogalmazva: a fő effektus „elveszhet” a sok tényező együttes hatása mellett, és csak elegendően hosszú időszak megválasztása esetén válik láthatóvá. Így az is elképzelhető, hogy az utóbbi évtizedben ugyanezt tapasztaljuk. Több tényező van azonban, amelyekre vonatkozóan nagy bizonytalansággal ugyan, de tudjuk, hogyan és milyen mértékben kell velük számolni.

Mivel az ózon jelentős abszorbens az ultraibolya és az infravörös sugárzások tartományában, melegíti az alsó sztratoszférát. Ennek következményeként a vertikális hőmérsékleti profil (azaz a hőmérséklet magassággal



5. ábra. A teljes ózontartalom nyári átlagainak százalékos eltérése a sokévi nyári átlagtól Budapesten 1992 és 2021 között



6. ábra. A teljes ózontartalom nyári átlagainak százalékos eltérése a sokévi nyári átlagtól Budapesten 1970 és 2021 között

való változása) a troposzférában tapasztalható csökkenőből a sztratoszféra és a troposzféra határán növekedőbe megy át, és a sztratoszférában növekszik a hőmérséklet. A globális cirkulációt jelentősen meghatározza ez a vertikális profil, amely feltételezhetően nagyon hosszú ideig közel állandó volt. Viszont az évtizedekig tartó ózontartalom-csökkenés következtében abban a magasságtartományban, ahol a keletkezési mechanizmus következményeként a legtöbb ózon van jelen (durván a 15 és 30 km-es magasságok között), az alacsonyabb ózontartalom miatt hosszú távon kicsit alacsonyabb volt az átlaghőmérséklet (és ne felejtjük el, hogy még mindig nem növekedett vissza „normálisra” az ózontartalom, tehát az effektus – ha csökkenő mértékben is, de – még fennáll). Ez szükségszerűen maga után vonja a nagytérségű időjárási rendszerek mozgásának valamekkora megváltozását (Bojkov–Fabian, 1989). Azt viszont nem lehet pontosan modellezni, hogy ez a hatás az ózontartalom-csökkenés megszűnte után megszűnik-e, vagy esetleg a hosszú ideig fennálló alacsonyabb átlaghőmérséklet az adott magasságtartományban valamiféle vissza nem fordítható változást okoz. A problémát tetézi, hogy a fordított mechanizmus is működik a légkörben: az alacsonyabb hőmérséklet kedvez az ózonmennyiséget csökkentő körülmények létrejöttének a sztratoszférában. Emiatt pozitív visszacsatolásnak kellett létrejönnie: a csökkenő ózonmennyiség okozta hűlés további ózoncsökkenést okozott. Mivel egy ilyen bolygóatmoszféra, mint Földünk légköre, rendkívül sokféle „finomhangolás” által működik, az a kérdés, hogy ezek a folyamatok okozhattak-e olyan hosszú távú következményeket a rendszer más szegmenseiben, amelyek jelentősen késleltetik, vagy akár meg is akadályozzák a sztratoszféra

megváltozott kémiai állapotának zökkenőmentes megszűnését. Erre ma nem tudunk határozott választ adni, de az alább tárgyalt jelenség ennek a változásnak a létrejöttére utal.

Nyári ózonhiányok. Az OMSZ mérései alapján az utóbbi három évtizedben folyamatosan ózonhiányt regisztrálunk nyaraként. A 1. táblázatban láthatjuk a sokévi átlagoktól számított havi ózon eltéréseket a 1992 és 2021 közötti időszakra, május, június, július és augusztus hónapokra, illetve teljes nyári átlag-eltérést (utolsó oszlop). Szembetűnő, hogy 1992 óta az összes nyári hónapot tekintve, a 120 hónapból mindössze tíz (!) esetben volt az eltérés pozitív, de ebből is két hónapot kivéve a pozitív eltérés jelentéktelenül kicsi. A teljes

nyárra vonatkozó eltéréseket az 5. ábrán mutatjuk be ugyanerre az időszakra, illetőleg a 6. ábrán az OMSZ méréseinek teljes időtartamára (1969-2021). Látható, hogy az átlagos nyári eltérés minden egyes évben negatív volt, azaz a nyári ózonhiány harminc éve folyamatosan fennáll. Ezt a jelenséget a Budapesthez legközelebbi ózommérő obszervatóriumban, a szlovákiai Poprádon is megfigyelik, és az effektus kvantitatíve is hasonló a Budapesten tapasztalthoz (7. ábra). A jelenség magyarázatára megvan a jelölt, de biztosat egy részletes légkördinamikai vizsgálat után lehet majd mondani, amit még 2022 folyamán tervezünk elvégezni, több külföldi ózommérő obszervatórium bevonásával. A magyarázat minden valószínűség szerint az alábbiakban ismertetett folyamat.

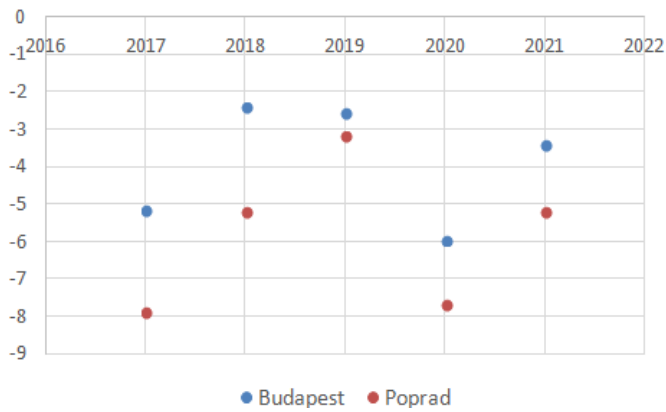
Ismert jelenség a szinoptikus szakemberek körében, hogy az utóbbi évtizedekben, főként a nyári hónapokban, gyakoribbá váltak a mediterrán beáramlások Magyarország területére. Mivel normál esetben az ózon koncentrációja az egyenlítőtől a pólusokig növekszik, a mediterrán légtömeg ózontartalma nagyobb eséllyel alacsonyabb, mint a hazánk felett jellemző érték. Még csak közelítőleg se lehet megmondani, hogy ez az effektus mennyire fogja fékezni az ózonkoncentráció növekedését hosszabb távon. De mi köze a mediterrán beáramlásoknak az ózontartalom változásához? Hiszen az előbbiek a troposzféra jelenségei, az ózon túlnyomó hányada pedig az alsó sztratoszférában található, és csak kis mennyiségben van jelen a troposzférában. Nos, a nagytérségű örvényrendszerek valóban a troposzféra jelenségei, de bizonyos esetekben magasságuk elérheti a 10 kilométert is. Ilyenkor már az alsó sztratoszféra anyagával is kölcsönhatásba kerülnek, és – különösen néhány speciális ciklonfajtában – jelentős mértékű anyagáramlás zajlik le a felső troposzféra és az alsó sztratoszféra között (Bojkov–Fabian, 1989). Ilyen esetekkel szoktunk találkozni az OMSZ ózommérései során is: nagyon erős frontok esetén az ózon mennyiségében abnormálisan

1. táblázat. A sokévi átlagoktól számított havi ózon eltéréseket a 1992 és 2021 közötti időszakra, május, június, július és augusztus hónapokra

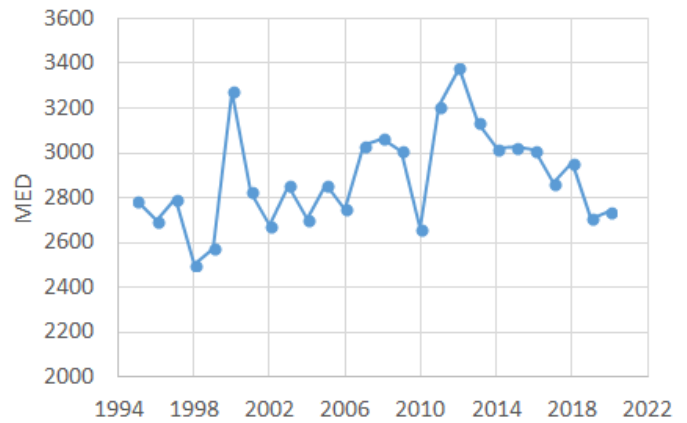
év	5	6	7	8	átlag
1992	-4,6	-4,5	-5,1	-8,2	-5,6
1993	-9,5	-7,3	-5,7	-5,0	-6,9
1994	-0,5	-7,3	-2,7	-0,6	-2,8
1995	-8,7	-8,8	-5,7	-0,6	-5,9
1996	-8,7	-6,5	-4,5	-5,0	-6,2
1997	-9,2	-5,4	-0,6	-1,9	-4,3
1998	1,9	-3,4	-3,9	-1,6	-1,7
1999	-4,3	-6,5	-3,3	-2,8	-4,2
2000	-6,3	-7,9	-0,9	-5,3	-5,1
2001	-4,1	-1,1	0,6	-3,4	-2,0
2002	-6,3	-2,8	-1,2	3,8	-1,6
2003	-5,7	-5,9	-0,9	-0,6	-3,3
2004	1,1	-2,0	-2,7	-0,6	-1,1
2005	-6,0	-3,7	-0,3	0,6	-2,3
2006	-1,1	-0,8	-2,1	3,8	-0,1
2007	-5,3	-4,8	-5,7	-2,6	-4,6
2008	-1,4	-5,9	-4,4	-6,5	-4,6
2009	-6,8	-4,1	-5,5	-3,6	-5,0
2010	-1,3	-0,6	-0,6	-2,5	-1,3
2011	-2,0	-6,4	-4,0	-6,6	-4,8
2012	-4,6	-7,3	-5,1	-4,4	-5,4
2013	-4,5	-0,2	1,2	-1,6	-1,3
2014	-1,3	-1,6	-0,3	0,8	-0,6
2015	-2,7	-2,0	-5,1	-3,1	-3,2
2016	0,8	-5,1	-3,6	-4,1	-3,0
2017	-4,1	-6,5	-3,9	-6,0	-5,1
2018	-4,8	-2,2	-0,0	-2,4	-2,4
2019	2,4	-7,3	-0,9	-4,4	-2,5
2020	-5,4	-7,1	-6,0	-5,3	-5,9
2021	-2,0	-4,5	-5,4	-1,2	-3,6

nagymértékű változást tapasztalunk néhány óra alatt.

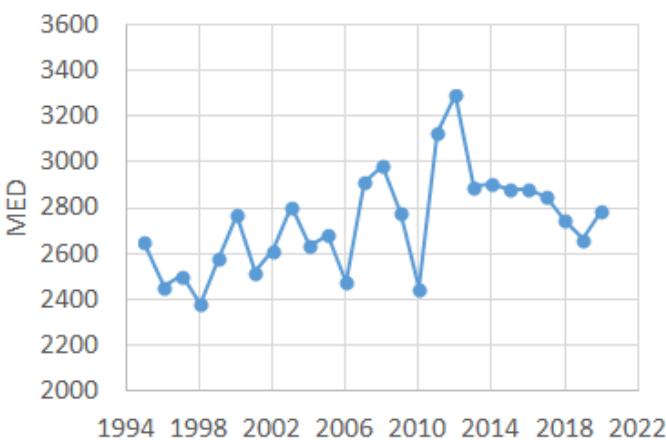
Összefüggés az éghajlati rendszer belső autonómiájával. Még egy fontos folyamatot meg kell említeni: az éghajlati rendszer belső autonómiáját. Ez azt jelenti, hogy a légkör működésének alapvető velejárója, hogy benne hosszútávon (értsd: klimatikus időskálán) mindig történnek kisebb-nagyobb változások. Ez nem meglepő, sőt szükségszerű, hiszen az atmoszférának mint fizikai rendszernek kötelező megfelelnie az alapvető



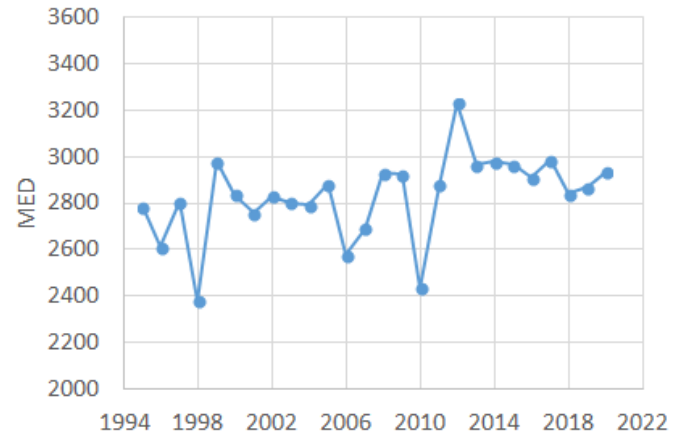
7. ábra. A teljes ózontartalom nyári átlagainak százalékos eltérése a sokévi nyári átlagtól Budapesten és Poprádon (Szlovákia) az utóbbi öt évben (2017-2021)



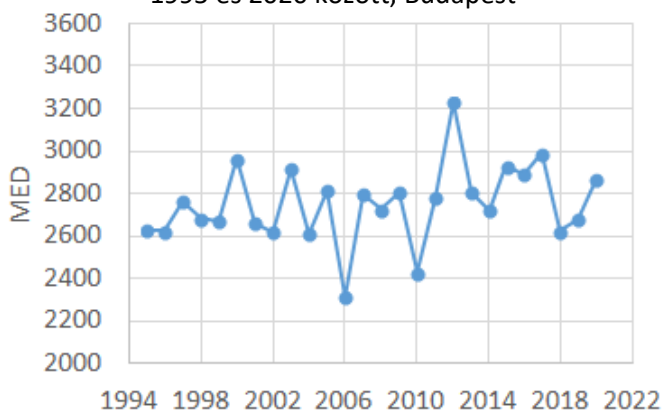
8. ábra. Az erythemális UV-besugárzás éves összegei az Országos Meteorológiai Szolgálat négy mérőállomásán 1995 és 2020 között, Keszthely



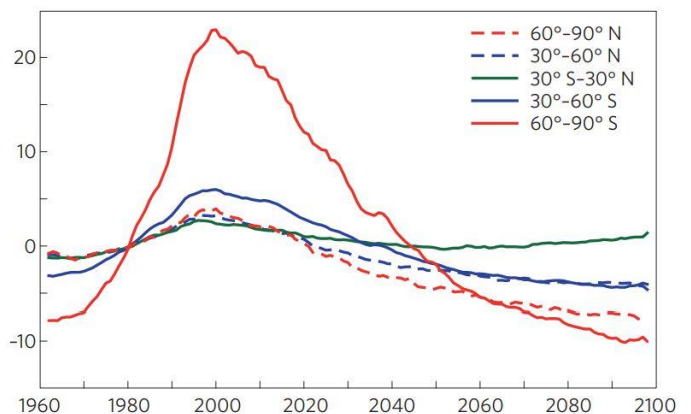
9. ábra. Az erythemális UV-besugárzás éves összegei az Országos Meteorológiai Szolgálat négy mérőállomásán 1995 és 2020 között, Budapest



10. ábra. Az erythemális UV-besugárzás éves összegei az Országos Meteorológiai Szolgálat négy mérőállomásán 1995 és 2020 között, Kecskemét



11. ábra. Az erythemális UV-besugárzás éves összegei az Országos Meteorológiai Szolgálat négy mérőállomásán 1995 és 2020 között, Kékestető



12. ábra. Az erythemális UV-besugárzás modellszámításokkal kapott százalékos változása globálisan, 30° széles földrajzi szélesség sávokban 2100-ig (Williamson et al., 2014.)

fizikai törvényeknek, és ennek a folyamatos „változásban létezés” a következménye. Például a légkör az energiaminimum fenntartására törekszik. Ezt a termodinamika II. főtétele értelmében legkönnyebben a világűr felé történő hűléssel (energialeadással) tudja elérni, amit a lehető legtöbb hosszuhullámú (távoli infravörös) sugárzás kibocsátásával tud megvalósítani. Ez csak folyamatos „finomhangolások”, „utánszabályozások” segítségével sikerül a légkörnek. Például az egyensúly fenntartásához, ha nem is minden pillanatban, de hosszabb időszakok átlagában, egyenlőnek kell lennie a légkör által kapott (azaz a légkörben

benmaradó, és ezáltal felhasználható) rövidhullámú sugárzási energiának (ami a Napból érkezik) a kimenő hosszuhullámú sugárzás energiájával, ami egyenlő a földfelszín és a légkör által kisugárzott energiák összegével. Az ezt az egyensúlyt befolyásoló bármilyen kis változást a légkörnek „utána kell igazítania”. Azaz például, ha egy nagyobb területen a bevetetlen területből mezőgazdasági területet hoznak létre, meg fog változni a felszín rövidhullámú visszaverő-képessége (albedója). Ez azt jelenti, hogy az addigotól eltérő mennyiségű rövidhullámú sugárzási energia kerül a légkörbe, így a légkörnek különböző „praktikákkal” kell elérnie, hogy fenntartsa az egyensúlyt. Ezek óhatatlan következményei a légkör mérhető fizikai mennyiségeiben bekövetkező változások. E természetes „utánaállítások” következményei azok a változások, amelyeket az éghajlati rendszer belső autonómiájának hívunk. A sztratoszféra működésének vizsgálatával foglalkozó szakemberek az erre a célra kifejlesztett kémiai-dinamikai modellek segítségével korábban kiszámolták, hogy az ózonkoncentráció tapasztalt csökkenése teljesen magyarázható-e az emberi tevékenységgel. Az eredmény érdekes volt: legjobb esetben is csak 70 százaléka volt magyarázható az ózonkárosító vegyületek (freonok és halonok) hatásával (Bojkov–Fabian, 1989). A jelenlegi ismeretek szerint a modellek hiányosságai nem adhatnak ilyen különbséget. Következésképpen azt jelenti, hogy a nem elhanyagolható maradék rész jó eséllyel az éghajlati rendszer belső autonómiájának következménye, azaz egyszerűen a légkör „finomhangolásai”, „utánszabályozásai” következtében bekövetkező változások olyan jellegűek, hogy az ózontartalom bizonyos mértékű csökkenését okozták azokban az évtizedekben. Ez a változás gyakorlatilag független a freonok és halonok hatásától, azaz az iparból való kivonásuk után is tart. Mértékének esetleges jövőbeli változását szinte lehetetlen előre jelezni, mert az ózon rendkívül kis mennyiségben van jelen a légkörben, és koncentrációját számos tényező befolyásolja. Így csak nagyon bizonytalanul lehet becsülni, hogy az egyéb „rejtett” hatások mennyire szólnak bele az ózonkárosító anyagok légkörből való kivonása következtében fokozatosan „visszanövekedő” ózontrendbe. Ezek a folyamatok könnyedén okozhatnak kisebb-nagyobb zökkenőket az ózongyakorosság növekedő tendenciájában, de a modellek valószínűségi előrejelzése szerint a legnagyobb mégis annak az esélye, hogy a század végére megszűnik az ózonprobléma. Az eddig tapasztalt tények azonban arra figyelmeztetnek, hogy egy pillanatra sem csökkenhet a szakemberek ébersége.

Egy további hatással is számolni kell. Az utóbbi évtizedekben a sztratoszféra enyhe, globális mértékben jelentkező hűlése figyelhető meg a rádiószondás felszállások mérési sorozatainak feldolgozása alapján, így az OMSZ budapesti és szegedi rádiószondás adatsoraiból is. Mivel ismert, hogy az alacsonyabb hőmérsékletek az alacsonyabb ózommennyiségeknek kedveznek, annak köszönhetően, hogy a legtöbb ózoncsökkenéshez vezető folyamat létrejöttének hatékonysága növekszik a hőmérséklet csökkenésével, ez a hűlés lassítja az ózonkoncentráció visszanövekedését.

Az UV-besugárzás várható jövőbeli változása. Az erythemális UV-besugárzás éves összegeinek alakulását láthatjuk a 8-11. ábrákon az OMSZ négy mérőhelyére (Keszthely, Budapest, Kecskemét, Kékestető) az 1995-2020 időszakra (az OMSZ-nak még van további két mérőhelye, de Siófokon csak 2009-ben, Szegeden pedig csak 2017-ben kezdődött meg az UV-mérés, így azokat nem vesszük bele a hosszú távú trendvizsgálatba). A trend mind a négy mérőhelyre növekvő. A legnagyobb növekedés Budapesten figyelhető meg, ez +5,7%/dekád. A legkisebb pedig Kékestetőn, ami +2,4 %/dekád. A globális átlagos növekedés a mérsékelt övben 3-6 % / dekád (Williamson et al, 2014), amellyel ezek az értékek összhangban vannak. A trendek illetően eloszlásának és annak az oka, hogy Kékestetőn a növekedés lényegesen kisebb, mint a globális mérsékelt övi növekedés, a légkör szennyezettségében mutatkozó különbség: az eleve erősen szennyezett nagyvárosi levegőjű Budapest szennyezettsége nagyobb ütemben csökken, mint az alapvetően tiszta, vagy csak kismértékben szennyezett kékestetői levegőé. Így a légkör sugárzás-átbocsátóképessége lényegesen „látványosabban” növekszik Budapesten, mint Kékestetőn, ahol korábban se volt jelentős szennyezettség. Ugyanakkor azt is megfigyelhetjük az ábrákon, hogy az utóbbi években határozott csökkenés észlelhető az UV-besugárzásban Kékestető kivételével.

Fontos ismerni az UV-sugárzás hosszútávú változását spektrálisan. A Brewer spektrométerrel mért UV-spektrumokból meghatároztuk a trendet az 1998-2017 időszakra, hat hullámhosszon (310, 330, 340, 350 és 360 nm) Budapestre (Tóth, Fekete, 2018). Az eredményt a 12. ábrán láthatjuk. Fountoulakis és kutatócsoportja ugyanezt a vizsgálatot végezte el a görögországi Szalonikiben folyó Brewer spektrofotométeres mérésekre (Fountoulakis et al, 2015) a 307,5, 324 és 350 nm hullámhosszokra. Az eredményeink a 2.

táblázatban láthatóak, ahova beleillesztettük *Fountoulakis et al.* 307,5 nm hullámhosszra kapott értékét. Megfigyelhetjük, hogy a hullámhossz csökkenésével a dekádonkénti növekedés egyre gyorsabban növekszik. Ez a hullámhossz-függés azért figyelmeztető, mert azt jelenti, hogy az UV-sugárzás növekedésével olyan rövidebb hullámhosszokon is számottevővé válik a besugárzás, amelyeken eddig nem volt kimutatható nagyságú. Az ezekre való expozícióra viszont szervezetünk nincs felkészülve, ezért különösképpen óvatossá kell lenni a huzamos ideig napon való tartózkodással a nagyrizikójú időszakokban és napszakokban.

Ma már nem vitatott tény, hogy az ózonréteget károsító anyagokat az egyezményeket aláíró országok teljességgel kivonták az iparból, így mára globális mértékben jelentéktelen a halogénezett szénhidrogének légkörbe juttatása. Azaz, az okot megszüntették, már csak azért kell várni a végeredményre, mert az ózonkárosító vegyületek átlagos légköri tartózkodási ideje igen hosszú, így ha már többet nem is juttatunk a légkörbe, a már ott lévők még sokáig ott maradnak. De utánpótlás hiányában fokozatosan csökken a mennyiségük. Az e célra kidolgozott modellek előrejelzése szerint a legvalószínűbb végkifejlet az, hogy századunk második felében – legnagyobb eséllyel a 2080-as évtizedben – a sztratoszféra kémiaiában előállt zavar megszűnik, és visszaállhat az eredeti állapot. Az utóbbi évtized mérései azonban nem mutatnak javulást, sőt egy kis ózonkoncentráció-csökkenés vagy legalábbis stagnálás időszakában vagyunk, ahogy ezt a 3. ábrán láthatjuk. Ez jól érzékelteti, hogy minden kijelentést és következtetést csak nagyon körültekintő vizsgálatok után és elegetően hosszú időszak elteltével tehetünk. A másik fontos kérdés az, hogy a földfelszínre érkező UV-sugárzást befolyásoló más tényezők hogyan fognak változni a jövőben. A legfontosabb nyilván a Nap által kibocsátott UV-sugárzás mennyisége. Mai ismereteink és a Nap működését leíró modellek szerint úgy tűnik, hogy

2. táblázat. Brewer spektrofotométeres mérések a 307,5, 310, 320, 330, 340, 350 és 360 nm hullámhosszokra

Hullámhossz (nm)	változás/dekád
307,5	+4,5
310	+3,1
320	+2,0
330	+1,0
340	+1,1
350	+1,1
360	+1,1

ez nem fog számottevően változni számunkra beláthatatlanul hosszú ideig, így ezzel a hatással nem kell számolni. A következő nagy kérdés a légkör rövidhullámú sugárzását bocsátó képessége, amelyet elsősorban a felhőzet és a levegőben lévő szennyezőanyag-mennyiség határoz meg. Arra utaló jeleket manapság nem lehet tapasztalni, hogy a globális felhőzetben számottevő trendszerű változás volt-e az elmúlt évtizedekben. Az pedig vitatott, hogy az elkövetkező évtizedekben ilyenre számíthatunk-e, így ezzel a hatással most itt nem számolunk. A szennyezettség csökkenő tendenciája nem tarthat akármeddig, hiszen energiatermelés, ipar mai tudásunk szerint nem létezhet szennyezés nélkül. Kérdés persze, hogy mennyit fog változtatni ezen majd a fúziós erő-

művek energiatermelésbe állítása, már ha ezzel egyáltalán lehet számolni a belátható jövőben. Egyelőre ugyanis a folytonos magfúzió fenntartása a nemzetközi kísérleti fúziós erőműben (ITER) a felmerülő problémák megoldása után mindig újabb problémákat szül. Tehát jelen ismereteink alapján az aeroszoltartalom egyre lassuló csökkenésével számolhatunk. Ez következképpen az UV-sugárzás egyre lassuló növekedését okozza, amely egy idő után csökkenőbe megy át, annak következtében, hogy az ózontartalom növekedése átveszi az UV-besugárzás intenzitásának alakításában a „kormányzó” szerepet. A 12. ábrán bemutatjuk a jelenleg legpontosabbnak tekinthető modell eredményét a jövőben várható tendenciákra vonatkozóan (*Williamson et al.*, 2014). Az ábrán az erythemális UV-besugárzás százalékos változása van feltüntetve hat földrajzi szélességi öv tartományra. Ha összevetjük a 30° és 60° északi szélességek közti sávra kapott értékeket a hazánkban folyó mérési adatsorokra kapott trendekkel, azt tapasztaljuk, hogy a modell pár százalékkal felülbecsüli a trend-értékeket, de jellegében illeszkedik a mérési eredményekhez. A közeljövőben a teljes ózontartalom várható növekedése miatt az UV csökkenését prognosztizálja. Nyilvánvaló, hogy a leggyorsabb csökkenést a déli poláris vidékekre jósolja a modell, mivel az ózonlyuk-jelenség következtében ott volt a legdrasztikusabb a növekedés, majd annak csökkenésével az UV-besugárzás legnagyobb mértékű csökkenése. Az ábrán megfigyelhetjük, hogy a modell szerint a trópusokon a század vége felé ismét az UV-besugárzás enyhe növekedése várható. A szerzők vizsgálatai szerint ennek a felhőzet trópusokon várható akkori csökkenése lehet az oka, amelyről persze ma még nem lehet tudni, hogy mekkora a realitása.

KÖVETKEZTETÉSEK. Néhány megfigyelt jelenség – főként a hazánkban is tapasztalható, 30 éve tartósan fennálló nyári ózonhiány – azt mutatja, hogy továbbra is különös figyelemmel kell kezelni a lakosságot érő UV

expozíció problémakörét. A mérések pontossága és a mérőhálózatok működtetése magas szintű, és elegendően megbízható ahhoz, hogy adekvát következtetéseket vonjunk le a mérési eredményekből. Bár az elmondottakból kitűnik, hogy a légkör rendkívüli komplexitása következtében a modellekkel meghatározott tendenciák jelentős bizonytalansággal terheltek, a jelenleg észlelhető jelek inkább biztatóak.

IRODALOM

- Aerosol optical depth, aerosol composition and air pollution during summer and winter conditions in Budapest. Science of the Total Environment*, 383 (1-3) (2007), 141-163.
- Alföldy, B., Osán, J., Tóth, Z., Török, Sz., Harbusch, A., Jahn, C., Emeis, S., Schäfer, K., 2007:
- Bojkov, R. D., Fabian, P. (eds.), 1989: Ozone in the Stratosphere. *Proceedings of the Quadrennial Ozone Symposium 1988 and The Tropospheric Ozone Workshop*. Göttingen: A. Deepak Publishing
- Fountoulakis, I, Bais, A.F., Fragkos, K. and Meleti, C., 2015: Short- and long-term variability of spectral solar UV irradiance at Thessaloniki, Greece: effect of changes in aerosols, total ozone and clouds. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 15(24), 35753-35785. DOI: 10.5194/acpd-15-35753-2015.
- Schmalwieser, A. W., Gröbner, J., Blumthaler, M., Klotz, B., De Backer, H., Bolsee, D., Werner, R., Tomsic D., Metelka, L., Eriksen, P., Aun, M., Heikkilä, A., Duprat, T., Sandmann, H., Weiss, T., Bais, A., Tóth, Z., Siani, A. M., Vaccaro, L., Diémoz, H., Grifoni, D., Zipoli, G., Lorenzetto, G., Petkov, B. H., di Sarra, A. G., Massen, F., Yousif, Ch., Aculinin, A. A., den Outer, p., Svendby, T., Dahlback, A., Johnsen, B., Biszczuk-Jakubowska, J., Krzyscin, J., Henriques, D., Chubarova, N., Kolarž, P., Mijatovic, Z., Drago Groselj, D., Pribullova, A., Moreta Gonzales, J. R., Bilbao, J., Vilaplana Guerrero, J. M., Serrano, A., Andersson, S., Vuilleumier, L., Webb, A., O'Hagan, J., 2017: UV Index monitoring in Europe. *Photochem. Photobiol. Sci.*, 2017, 16, 1349-1370.
- Tóth Z., Fekete D., 2018: Variation of Broad Band and Spectral UV Irradiances in Hungary during the Period 1995–2017. In: *Abstracts. European Conf. on Solar UV Monitoring, 12–14 Sept. 2018, Vienna, Austria*.
- Tóth, Z., 2008: Long-term variation of atmospheric shortwave radiation transmission above Budapest, Hungary. *Proceedings of the 4th International Conference on Solar Radiation & Daylighting SOLARIS 2008 (Hong Kong, China)*, 27-35.
- Tóth, Z., 2017: A Napból érkező ultraibolya-sugárzás nagy pontosságú mérésének problémái. *Fizikai Szemle. LXVII. évf.*, 7-8., 232-239.
- Tóth, Z., 2019: A nemzetközi sugárzási skála és az új kriogén abszolút pirheliométer. *Fizikai Szemle. LXIX. évf.*, 7-8., 228-231.
- URL: Japan Meteorological Agency (Weather, Climate & Earthquake Informations, Atmospheric Environment, Ozone Layer & Ultraviolet Radiation, Long-term Trend of Ozone):
https://www.data.jma.go.jp/gmd/env/ozonehp/en/ltt_ozone.html
- Williamson, C., Zepp, R. Lucas, R. et al. 2014: Solar ultraviolet radiation in a changing climate. *Nature Clim Change* 4, 434–441 (2014). <https://doi.org/10.1038/nclimate2225>

A KLÍMAVÁLTOZÁS VÁRHATÓ HATÁSA AZ *Aedes aegypti* SZÚNYOG (A SÁRGALÁZ, ZIKA-, MAYARO-, DENGUE- ÉS CHIKUNGUNYA-LÁZ VÍRUSAINAK KÖZÖS TERJESZTŐJE) JÖVŐBELI ELTERJEDÉSÉRE EURÓPÁBAN

EXPECTED IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON THE FUTURE SPREAD OF *Aedes aegypti* MOSQUITO/THE COMMON VECTOR OF YELLOW FEVER, ZIKA, MAYARO, DENGUE AND CHIKUNGUNYA FEVER VIRUSES IN EUROPE

Trájer Attila János

Pannon Egyetem, Veszprém, Fenntarthatósági Megoldások Kutatólaboratórium

trajer.attila@mk.uni-pannon.hu

ÖSSZEFOGLALÁS. A sárgaláz szúnyog (*Aedes aegypti*) számos jelentős, magas halálozási kockázattal járó trópusi betegség terjesztője. Habár a faj egykor Európa földközi-tengeri területein jelen volt, mára az európai populáció utódai már csak a Fekete-tenger keleti medencéjének partvidékét népesítik be. A tanulmány célja az volt, hogy megvizsgálja a múltbeli és a jelenkori klimatikus viszonyok közötti eltérések indokolják-e a faj hiányát a Földközi-tenger térségében, valamint, hogy a jövőben, a változó klimatikus feltételek mellett hogyan módosulhatnak a sárgaláz szúnyog elterjedését meghatározó faktorok. E célból az *Ae. aegypti* múltbeli (1920-1939), közelmúltbeli („jelenkori”, 1979-2013) és jövőbeli (2041-2060, 2061-2080, rcp8.5 alapú modellek szerinti) klimatikus alkalmasság, teljes hőmérsékletfüggő egyedfejlődési idő és hőmérsékletfüggő túlélési ráta értékei kerültek modellezésre. Az eredmények szerint a múltbeli és jelenkori értékek között lényeges eltérések nincsenek. Ezek szerint a faj földközi-tengeri hiányát nem a klimatikus viszonyok alkalmatlansága magyarázza. A jövőbeli értékek alapján a faj jelentős észak-déli irányú lehetséges vándorlása várható, amennyiben más okok nem állják útját a sárgaláz szúnyog ismételt megjelenésének Európa déli területein. Romló életfeltételekre csak Európa legdélibb területein, a Közel-Keleten és Észak-Afrikában lehet számítani. A Kárpát-medence déli területei már jelenleg is alkalmasak lehetnének a faj európai populációi számára, ugyanakkor a jövőben klimatikus ok nem állná útját annak, hogy Magyarország alföldi területein az *Ae. aegypti* megjelenjen.

ABSTRACT. Yellow fever mosquito (*Aedes aegypti*) is a transmitter of several important major tropical diseases with a high risk of death. Although the species was once present in the Mediterranean areas of Europe, today the descendants of the European population now inhabit only the coast of the eastern basin of the Black Sea. The aim of the present study was to examine whether the differences between past and present climatic conditions justify the absence of the species in the Mediterranean and how the factors determining the spread of yellow fever may change in the future under changing climatic conditions. For this purpose, *Aedes aegypti*'s past (1920-1939), recent (“present”, 1979-2013) and future (2041-2060, 2061-2080, rcp8.5 based models) climatic suitability, total temperature-dependent individual development time and temperature-dependent survival rate values were modelled. The results show that there are no significant differences between past and present values. According to them, the lack of a species in the Mediterranean is not explained by the unsuitability of climatic conditions. Based on future values, significant potential north-south migration of the species is expected, unless other reasons prevent the re-emergence of yellow fever in southern Europe. Deteriorating living conditions can only be expected in the southernmost parts of Europe, the Middle East, and North Africa. The southern areas of the Carpathian Basin could already be suitable for the European populations of the species, however, in the future there would be no climatic reason for the appearance of *Ae. aegypti* in the lowland areas of Hungary.

BEVEZETÉS. A sárgaláz szúnyog (*Aedes aegypti* Linnaeus, 1762) egy egyenlítői afrikai eredetű, a trópusi és szubtrópusi területeken a gyarmatosítás időszakától meghatározó humánegészségügyi kockázatot jelentő invazív szúnyog faj. A nőtény imágó sárgaláz szúnyog megjelenése nagyon jellegzetes, ugyanakkor hasonlít más, rokon fajokra is, amilyen pl. az ázsiai tigrisszúnyog (*Aedes albopictus*, Skuse, 1895), mégis attól könnyen megkülönböztethető. A felnőtt sárgaláz szúnyogra jellemző diagnosztikus anatómiai jelek közül meg kell említeni a potroh fekete területében található kisebb fehér foltokon kívül a tor jellegzetes, két laterális helyzetben található görbe és a két mediálisan húzódó egyenes fehér vonalát. A sárgaláz szúnyog olyan jelentős betegségek terjesztője, mint amilyen a Chikungunya-, a dengue-, a Mayaro-, Zika-láz, valamint a magyar nyelvben a faj névadó betegsége, a sárgaláz. A sárgaláz Afrika, Közép- és Dél-Amerika trópusi területein fordul elő, elsődleges vektora (aktív terjesztője) a sárgaláz szúnyog. Vírus okozza, a betegség szövődményei halálosak lehetnek; az általános halálozási ráta 3-7,5%, de akiknél a sárgaság kialakul, a halálozási arány 20-50% (Monath, 2008). A dengue-láz egyik fontos terjesztője a sárgaláz szúnyog, de emellett az ázsiai tigrisszúnyog, s még két rokon faj is lehetséges terjesztői, melyek azonban az ázsiai tigrisszúnyogtól eltekintve Európában nem fordulnak elő. Történelemformáló ereje volt, elsősorban a nyugati féltekén: a sárgaláz terjesztése révén pl. a szúnyog faj megakadályozta a Skót Királyság gyarmatosítási terveit a Panama-földhíd területén 1698–1700-ban, és a súlyos gazdasági-humanitárius katasztrófa révén közvetetten hozzájárult Nagy-Britannia létrejöttéhez 1707-ben (Aboul-Enein, 2009).

ÖKOLÓGIAI IGÉNYEK. A sárgaláz szúnyog az ún. „konténerben szaporodó” szúnyogok közé tartozik, ami azt jelenti, hogy a faj lárvái képesek sekély, erősen felmelegedő, ember alkotta víztartó tárgyakban (technotelmákban) fejlődni. A sárgaláz szúnyog előszeretettel kolonizálja az emberi településeket. A sárgaláz szúnyog eredetileg egy szilvaticus (erdei) faj volt és jelenleg is van ilyen ökotípusa. Az emberi környezet, az urbanizáció azonban alkalmas élőhelyet biztosít a faj számára, ezért az erdei populációk mellett megjelentek az ember környezetében élő- és szaporodó (ún. peri-domestic) populációi is. A trópusi esőerdei élőhelyét valamilyenkor a gyarmatosítás idején hagyhatta el, bár elképzelhető, hogy valamelyik középkori afrikai államban, pl. a Mali vagy a Kanem-bornu birodalomban kezdődött el a folyamat. Eredeti elterjedési területe trópusi klímájú élőhelyekre korlátozódott, de ma már előfordul szubtrópusi, sőt, meleg mérsékelt-övi területeken is. A gyarmatosító európaiak révén eljutott Észak-, Közép- és Dél-Amerikába, Európába, Dél- és Délkelet-Ázsiába, Kelet-Ázsiába, Ausztráliába és Óceánia szigeteire. Azonban nem csak a nedves trópusi területeken okozott gondot a sárgaláz szúnyog által terjesztett sárgaláz; súlyos járványokat regisztráltak pl. a nedves szubtrópusi klímájú (Cfa - a Köppen-Geiger-féle klímaosztályozás szerint) Buenos Airesben (Argentína) 1871-ben és 1793-ban Philadelphiában (Egyesült Államok). Európában a sárgaláz szúnyog szélteben elterjedt volt a 19. század második felében és a 20. század elején a Földközi-tenger és a Fekete-tenger térségében (Csa és Cfa klímájú területeken). Athénban, Görögországban 1881, 1889, 1895-1897, 1910 és 1927-1928 során sorozatosan zajlottak dengue-láz járványok, a legsúlyosabb, ami pl. Athén lakosságának kb. a 90%-át érintette, az utolsó periódusban zajlott. Olyan északi területeken is terjesztett betegségeket a sárgaláz szúnyog, mint pl. Cardiff, Dublin, a bulgáriai Breszt és Odessza (Andrade, 2011).

CÉLKITŰZÉS. Jelen tanulmány célja az volt, hogy egyrészt választ keressen arra, a jövőben várható-e a faj terjedése Európában, másrészt, hogy klimatikus okok magyarázták-e a sárgaláz szúnyog eltűnését a 20. század második felében. Előrejelzések szerint 2071–2100-ra Közép- és Nyugat-Európa alföldi és dombsági területeinek nagy része a rosszabb energiavisszatartási forgatókönyvek teljesülése esetén magára öltheti a nedves szubtrópusi (Köppen-Geiger szerinti Cfa) klimatikus viszonyokat, ami maga után vonhatná a sárgaláz szúnyog északi irányú invázióját ezeken a területeken. E jövőbeli lehetőség miatt érdemes lenne előre jellemezni a sárgaláz szúnyog várható európai előfordulását a jövőben, azonban ennek előrejelzése számos technikai buktatót rejt magában.

MÓDSZERTANI MEGFONTOLÁSOK. A sárgaláz szúnyog általános élőhelyi igényeinek és származási helyének megfontolása alapján állíthatók a következők:

- 1) Mivel a faj trópusi előfordulása volt eredetileg, ezért az északi elterjedési határ közelében általában az alacsony hőmérsékleti értékek limitálják a faj európai elterjedését.

- 2) Köszönhetően annak, hogy Európában olyan területek nincsenek, ahol az éves csapadékmennyiség 55 mm alatt lenne (*Cabrera és Selvaraj*, 2020 elterjedési kritériuma), ezért a csapadék-természetű faktorkok alacsony értékei a kontinensen nem játszanak szerepet az elterjedés szempontjából.
- 3) A csapadék hűtő hatása miatt feltehető, hogy a kimondottan magas csapadék értékek Európában negatívan befolyásolják a faj előfordulását, azaz ebben az esetben a csapadék-alapú változók felső értékeit kell tekinteni elterjedési limiteknek. Ez egy olyan általános megfigyelés, ami más szubtrópusi előfordulású vektorokra, pl. lepkeszúnyogokra is alkalmazható.

FELHASZNÁLT KLIMATIKUS MODELLEK. Mind a referenciaidőszakbeli (1970-2000), mind a jövőben (2081-2100) várható georeferált (térképes) klimatikus értékek a WorldClim adatbázisból származtak (*Hijmans et al.*, 2005). A választott, 2041-2060-ra és 2061-2080-ra elkészített klímamodellek az rcp8.5 Representative Concentration Pathways scenáriónkon alapultak. A klímamodelleket a Beijing Climate Center Climate System Model (BCC-CSM) modell rendszerben (*Wu et al.*, 2019) futtatták le. A relief modellt az ETOPO globális domborzati modell szolgáltatta (*Amante és Eakins*, 2009).

Előfordulási adatok. Összesen 21, dokumentált, Fekete-tenger körüli előfordulási (7 délnyugat-oroszországi, 1 krími, 9 kis-ázsiai, 4 kaukázusi) adat képezte a tanulmány alapját (*Trájer*, 2021).

Felhasznált klímamodellek. Mind a két modellezett jövőbeli periódus (2041-2060, 2061-2080) és a várható koncentrációváltozás reprezentatív pályáinak (Representative Concentration Pathways) mind a 4 trajektóriái közül az rcp 8.5 W/m²-energia visszatartáson alapuló modell felhasználásra került.

Klimatikus rekonstrukciók. A már korábban használt közelmúltbeli és jövőbeli időszakok kiegészültek egy 20 éves múltbeli időszakkal is a 20. század elejéről (1920–1939). Ennek indoklása az, hogy ebben az időszakban zajlottak Görögországban a legnagyobb, sárgaláz szúnyog által mediált dengue járványok, mint az már a bevezetőben említésre került. Azonban, e múltbeli időszak esetében nem rendelkezünk térképes klímamodellel, így azt elő kellett állítani. Az előállítás alapját 11 földközi-tengeri, 2 fekete-tengeri nagy kikötőváros, valamint 11 nagyobb európai város adatainak letöltése képezte a KNMI (Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut) Climate Explorer adatbázisból (*Trouet és Van Oldenborgh*, 2013). A letöltött hőmérséklet-értékek a vizsgált 20 éves időszakra hely párokra nézve átlagolásra kerültek és az eltérés értékek az 1970-2000-es időszakhoz viszonyítva kerültek kiszámításra. Ezt követően, az eltérés-értékeket a megfelelő földrajzi koordináták szerint visszaírva, IDW (Inverse Distance Weighting) interpoláció révén egy közelítő különbség-modellt lehetett nyerni a 20 éves periódusra a referencia időszakhoz mérten, majd a referencia időszakot ezekkel a most már folyamatos értékekkel módosítva létre lehetett hozni 1920-1939 közelítő modelljét a legmelegebb negyedév átlaghőmérsékletére vonatkozóan.

Felhasznált klimatikus érték típusok. 7 hőmérséklet-alapú, valamint 6 csapadék-természetű bioklimatikus változó került felhasználásra az előfordulási modellezés céljából: bio1: éves középhőmérséklet (11,8°C≤), bio5: maximum hőmérséklet a legmelegebb hónapban (24,7°C≤), bio6: leghidegebb hónap minimum hőmérséklete (-3,8°C≤), bio8: középhőmérséklet a legcsapadékosabb negyed (4,2°C≤), bio9: középhőmérséklet a legszárazabb negyedévben (1,3°C≤), bio10: középhőmérséklet a legmelegebb negyedévben (21,7°C≤), bio11: középhőmérséklet a leghidegebb negyedévben (1,2°C≤), bio12 : évi csapadék (2217 mm≥), bio13 : legcsapadékosabb hónap csapadéka (284 mm≥), bio14 : legszárazabb hónap csapadéka (107 mm≥), bio16 : legnedvesebb negyedév csapadéka (823 mm≥), bio17 : legszárazabb negyedév csapadéka (327 mm≥), bio18 : legmelegebb negyedév csapadéka (554 mm≥).

Populációdinamikai indikátorok. A kérdés, ami nyilván felmerül a történelmi tények ismeretében az, hogy ha a faj a közelmúltban is előfordulhatott volna a Földközi-tenger vidékén, vajon a visszatérésének feltételei a közelmúltban és a jövőben milyenek lehettek, lehetnek ahhoz az időszakhoz viszonyítva, amikor a dél-európai országokban tényleg jelen volt. Ennek vizsgálatához a faj klimatikus elterjedési igényeinek vizsgálata önmagában nem elegendő, hanem a faj populációdinamikai indikátorait is meg kell vizsgálni. Ebből a célból a szúnyog faj teljes hőmérsékletfüggő egyedfejlődési ideje és túlélési rátája kerültek modellezésre *Tun-Lin és mtsai* (2000) egyenletei alapján.

JELENKORI ELTERJEDÉS. A modelleredmények alapján a sárgaláz szúnyog jelenleg látható előfordulási hiánya a földközi-tengeri térségben egyértelműen nem a klíma alkalmatlanságának következménye Dél-

Európában, hanem feltehetően a 20. század derekán DDT-vel végzett szúnyogirtási kampányok következménye lehet. A modell visszaadta a megfigyelt Fekete-tenger körüli elterjedést is, ugyanakkor a Földközi-tenger partvidékén és az Ibériai-félsziget déli felén kiterjedt lehetséges elterjedési területeket mutat az 1960–1990-as időszakra nézve. Az 1979–2013-as időszak esetében azonban már előfordulási területek tűnnek fel a Balkán-félsziget északi részén, a Román-alföldön és a Krím-félszigeten is.

JÖVŐBELI, VÁRHATÓ ELTERJEDÉS. A jövőben a faj egyedfejlődési ideje Délnyugat- és Nyugat-Európa kontinentális részén jelentősen lerövidülhet, de a változás még feltűnőbb Kelet-Közép-Európa és Kelet-Európa vonatkozásában, ahol az értékek dél-északi irányú eltolódása több száz km nagyságrendűnek mutatkozik.

Teljes hőmérsékletfüggő egyedfejlődési idő. A modelleredmények alapján az látható, hogy a teljes hőmérsékletfüggő egyedfejlődési idő-értékek nem mutatnak érdemleges eltérést az 1920-1939-es és az 1979-2013-as időszakok összevetésében. A jövőben a faj egyedfejlődési ideje Délnyugat- és Nyugat-Európa kontinentális részén jelentősen lerövidülhet, de a változás még feltűnőbb Kelet-Közép-Európa és Kelet-Európa vonatkozásában, ahol az értékek dél-északi irányú eltolódása több száz km nagyságrendűnek mutatkozik.

Hőmérsékletfüggő túlélési ráta. A hőmérsékletfüggő túlélési ráta értékek sem mutatnak érdemleges eltérést az 1920-1939-es és az 1979-2013-as időszakok összehasonlítása alapján. A jövőben a faj egyedfejlődési ideje Nyugat-Európában is jelentősen lerövidülhet, de a változás, az előző indikátornál látottakhoz hasonlóan ebben az esetben is sokkal nyilvánvalóbb és nagyobb mértékű Európa keleti felén. Ugyanakkor a hőmérsékletfüggő túlélési ráta csökkenése látható Észak-Afrikában és a Közel-Keleten az emelkedő átlaghőmérséklet miatt, ami azt jelenti, hogy ezek a déli peremsávok alkalmatlanná válnak a jövőben a faj lehetséges megtelepedése szempontjából.

KÖVETKEZTETÉSEK. Összefoglalva az eredményeket, elmondható, hogy a sárgaláz szúnyog egyáltalán nem becsülhető le, mint a jövő inváziós szúnyogfaja Európában, még akkor sem, ha a jelenlegi helyzet mást sugall. Nagyon valószínű az eredmények tükrében, hogy a klímaváltozás okozta felmelegedés elősegítheti a Földközi-tenger vidékének rekolonizációját a faj által, majd a század végén a sárgaláz szúnyog északi irányú invázióját. Tekintve, hogy az ázsiai tigrisszúnyog jelenlegi hidegtűrése jobb, mint a sárgaláz szúnyogé, s amennyiben ez a helyzet a 21. század végén is fennáll majd, nem lehet arra számítani, hogy szerepét tekintve megelőzné azt, de ettől eltekintve bizonyos európai területeken fontos vektorrá válhat.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS. A cikkben bemutatott kutatás az NKFIH-471-3/2021 számú projekt (Éghajlatváltozás Multidiszciplináris Nemzeti Laboratórium, Pannon Egyetem; a projekt fő vezetője: Gelencsér András; futamidő: 2020–2024) támogatásával valósult meg.

IRODALOM

- Aboul-Enein, F. H. (2009). Dr. William Gorgas and his style of management against yellow fever during the construction of the Panama Canal: A historical case study (Doctoral dissertation, The University of Texas School of Public Health).
- Amante, C. and Eakins, B. W. (2009). ETOPO1 arc-minute global relief model: procedures, data sources and analysis. National Geophysical Data Center Marine Geology and Geophysics Division Boulder, Colorado, USA.
- Andrade, C. F. S. (2011). *Aedes aegypti* control-what to update in a subject with traditional solutions. In: 7th International Conference on Urban Pests-Ouro Preto, Brazil. <https://www.researchgate.net/publication/275567865>.
- Cabrera, C. V. P. and Selvaraj, J. J. (2020). Geographic shifts in the bioclimatic suitability for *Aedes aegypti* under climate change scenarios in Colombia. *Heliyon*, 6(1), e03101.
- Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G. and Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25(15), 1965-1978.
- Monath, T. P. (2008). Treatment of yellow fever. *Antiviral Research*, 78(1), 116-124.
- Trájer, A. J. (2021). *Aedes aegypti* in the Mediterranean container ports at the time of climate change: A time bomb on the mosquito vector map of Europe. *Heliyon*, 7(9), e07981.

- Trouet, V. and Van Oldenborgh, G. J. (2013) KNMI Climate Explorer: a web-based research tool for high-resolution paleoclimatology. *Tree-Ring Research* 69(1), 3-13.
- Tun-Lin, W., Burkot, T. R. and Kay, B. H. (2000) Effects of temperature and larval diet on development rates and survival of the dengue vector *Aedes aegypti* in north Queensland, Australia. *Medical and Veterinary Entomology* 14(1), 31-37.
- Wu, T., Lu, Y., Fang, Y., Xin, X., Li, L., Li, W., et al. (2019). The Beijing Climate Center climate system model (BCC-CSM): The main progress from CMIP5 to CMIP6. *Geoscientific Model Development*, 12(4), 1573-1600.

A KONFERENCIÁN BEMUTATOTT DIÁK

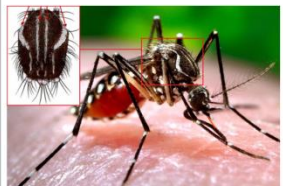
A klímaváltozás várható hatása az *Aedes aegypti* szúnyog /a sárgaláz, Zika-, Mayaro-, dengue- és Chikungunya-láz vírusainak közös terjesztője/ jövőbeli elterjedésére Európában



Dr. Trájer Attila János
Pannon Egyetem, Veszprém
Fenntarthatósági Megoldások Kutatólaboratórium

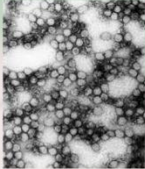
A sárgaláz szúnyog

- A sárgaláz szúnyog (*Aedes aegypti* Linnaeus, 1762) egy enyitől afrikai eredetű, a trópusi és szubtrópusi területeken a gyarmatosítás időszak óta meghatározó humánegészségügyi kockázatot jelentő invazív szúnyog faj.
- A nőtényi imágó sárgaláz szúnyog megjelenése nagyon jellegzetes, ugyanakkor hasonlít más, rokon fajokra is, amilyen pl. az ázsiai tigrisszúnyog (*Aedes albopictus* Skuse 1895), mégis attól könnyen megkülönböztethető.
- A felnőtt sárgaláz szúnyogra jellemző diagnosztikus anatómiai jellegek közül meg kell említeni a potroh fekete területében található kisebb fehér foltokon kívül a tor jellegzetes, két laterális helyzetben található görbe és a két medialisan húzódó egyenes fehér vonalat



Betegségterjesztő szerep

- Olyan jelentős betegségek terjesztője, mint amilyen a Chikungunya-, a dengue-, a Mayaro-, Zika-láz, valamint a magyar nyelvben a faj névadó betegsége, a sárgaláz.
- A sárgaláz Afrika, Közép- és Dél-Amerika trópusi területein fordul elő, elsődleges vektora (aktív terjesztője) a sárgaláz szúnyog. Vírus okozza, a betegség szövődményei halálosak lehetnek; az általános halálozási ráta 3-7,5%, de akknél a sárgaság kialakul, a halálozási arány 20-50% (Monath, 2008).
- A dengue-láz egyik fontos terjesztője a sárgaláz szúnyog, de emellett az ázsiai tigrisszúnyog, s még két rokon faj is lehetséges terjesztői, melyek azonban az ázsiai tigrisszúnyogtól eltekintve Európában nem fordulnak elő.



Sárgaláz vírusok. Forrás: Centers for Disease Control and Prevention's Public Health Image Library.

Sárgaláz szúnyog a történelemben

- Történelemformáló ereje volt, elsősorban a nyugati féltekén; a sárgaláz terjesztése révén a szúnyog faj megakadályozta a Skót Királyság gyarmatosítási terveit a Panama-földhíd területén 1698-1700-ban és a súlyos gazdasági-humanitárius katasztrófa révén közvetetten hozzájárult Nagy-Britannia létrejöttéhez 1707-ben.
- Meghiúsította a franciák tervét a Panama-csatorna megépítésére vonatkozóan 1881-1894-ben, valamint haiti-afroamerikai rabslolgak francia és angol gyarmatosítókkal szemben vívott függetlenségi harcának sikerében is kulcsfontosságú szerepet játszott 1791-1084-ben.
- Az 1898-ban Kubáért vívott spanyol-amerikai háborúban, mely az USA győelmével zárult, az amerikai hadsereg nagyobb embervesztéseket szenvedett el a sárgaláz miatt, mint a spanyol fegyverek által.
- A Panama-csatornára visszatérve, végül az Egyesült Államoknak sikerült létrehozni 1914-re, nem kis részben egy meglehetősen komplex szúnyog-kezelésnek köszönhetően.



Forrás: National Endowment for the Humanities, The Economist).

Az ázsiai tigrisszúnyog ökológiai igényei



- A sárgaláz szúnyog az ún. „konténerben szaporodó” szúnyogok közé tartozik, ami azt jelenti, hogy a faj lárvái képesek sekély, erősen felmelegedő, ember alkotta víztartó tárgyakban (technotelmákban) fejlődni.
- A sárgaláz szúnyog előszeretettel kolonizálja az emberi településeket.
- A sárgaláz szúnyog eredetileg egy szilvátikus (erdei) faj volt. Az emberi környezet, az urbanizáció azonban alkalmas élőhelyet biztosítanak a faj számára, ezért az erdei populációk mellett megjelentek az ember környezetében élő- és szaporodó (ún. peri-domestic) populációi is. A trópusi esőerdei élőhelyét valamikor a gyarmatosítás idején hagyhatta el, bár elképzelhető, hogy valamelyik középkori afrikai államban, pl. a Mali vagy a Kanem-bornu birodalomban kezdődött el a folyamat.

A: dendrotelma, B: fitotelma, C-D: technotelma. Forrás: Ngoagouni, C., Kamgang, B., Nakoumé, E., Paupy, C., & Kazanji, M. (2015). Invasion of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) into central Africa: what consequences for emerging diseases? *Parasites & Vectors*, 8(1), 1-7.

Klimatikus igények

- Eredeti elterjedési területe trópusi klímájú élőhelyekre korlátozódott, de ma már előfordul szubtrópusi, sőt, meleg mérsékelt-övi területeken is.
- A gyarmatosító európaiak révén eljutott Észak-, Közép- és Dél-Amerikába, Európába, Dél- és Délkelet-Ázsiába, Kelet-Ázsiába, Ausztráliába és Óceánia szigeteire.
- Azonban nem csak a nedves trópusi területeken okozott gondot a sárgaláz szúnyog által terjesztett sárgaláz; súlyos járványokat regisztráltak pl. a nedves szubtrópusi klímájú (Cfa - a Köppen-Geiger-féle klímasztylozozás szerint) Buenos Airesben (Argentina) 1871-ben és 1793-ban Philadelphiában (Egyesült Államok).
- Európában a sárgaláz szúnyog szelvényben elterjedt volt a 19. század második felében és a 20. század elején a Földközi-tenger és a Fekete-tenger térségében (Csa és Cfa klímájú területeken).
- Athénban, Görögországban 1881, 1889, 1895-1897, 1910 és 1927-1928 során sorozatosan zajlottak dengue-láz járványok, a legsúlyosabb, ami pl. Athén lakosságának kb. a 90%-át érintette, az utolsó periódusban zajlott.
- Olyan északi területeken is terjesztett betegségeket a sárgaláz szúnyog, mint pl. Cardiff, Dublin, a bulgáriai Breszt és Odessza (Andrade, 2011).

Célkitűzés és vázlat

- Jelen tanulmány célja az volt, hogy egyrészt választ keressen arra, hogy a jövőben várható-e a faj terjedése Európában, másrészt, hogy klimatikus okok magyarázták-e a sárgaláz szünyog eltűnését a 20. század második felében.
- Előrejelzések szerint 2071–2100-ra Közép- és Nyugat-Európa alföldi és dombosági területeinek nagy része a rosszabb energiavisszatartási forgatókönyvek teljesülése esetén magára öltheti a nedves szubtrópusi (Köppen-Geiger szerinti *Cfa*) klimatikus viszonyokat, ami maga után vonhatná a sárgaláz szünyog északi irányú invázióját ezeken a területeken. E jövőbeli lehetőség miatt érdemes lenne előre jellemezni a sárgaláz szünyog várható európai előfordulását a jövőben, azonban ennek előrejelzése számos technikai buktatót rejt magában.

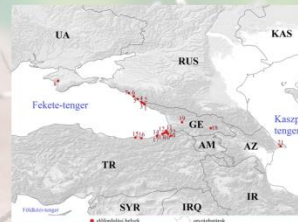
Módszertani megfontolások

- A sárgaláz szünyog általános élőhelyi igényeinek és származási helyének megfontolása alapján állíthatók a következők:
- 1) Mivel a faj trópusi előfordulási volt eredetileg, ezért az északi elterjedési határ közelében általában az alacsony hőmérsékleti értékek limitálják a faj európai elterjedését.
- 2) Köszönhetően annak, hogy Európában olyan területek nincsenek, ahol az éves csapadékmennyiség 55 mm alatt lenne (Cabrera and Selvaraj, 2020 elterjedési kritériuma), ezért a csapadék-termesztető faktorok alacsony értékei a kontinensen nem játszanak szerepet az elterjedés szempontjából.
- 3) A csapadék hűtő hatása miatt feltehető, hogy a kimondottan magas csapadék értékek Európában negatívan befolyásolják a faj előfordulását, azaz ebben az esetben a csapadék-alapú változók felső értékeit kell tekinteni elterjedési limiteknek. Ez egy olyan általános megfigyelés, ami más szubtrópusi előfordulási vektorokra, pl. lepkeszünyogokra is alkalmazható.

Felhasznált klimatikus modellek

- A felhasznált, közelmúltat reprezentáló és a várható jövőt jelentő térképes klímamodellek a WordClim1.4 adatbázisból (Hijmans et al., 2005) származtak.
- A modellkörnyezet, melyben a jövőt reprezentáló modelleket előállították, a Beijing Climate Center Climate System volt (Wu et al., 2019).
- Két modellezett jövőbeli periódus (2041-2060, 2061-2080) és a várható koncentrációváltozás reprezentatív pályáinak (Representative Concentration Pathways) trajektóriái közül az rcp 8.5 W/m²-energia visszatartáson alapuló modell került felhasználásra.

Előfordulási adatok



- Összesen 21, dokumentált, Fekete-tenger körüli előfordulási (7 délnyugat-oroszországi, 1 krími, 9 kis-ázsiai, 4 kaukázusi) adat.
- (AM: Örményország, AZ: Azerbajdzsán, GE: Grúzia, IR: Irán, IRQ: Irak, KAS: Kazahsztán, RUS: Oroszország, SYR: Szíria, TR: Törökország, UA: Ukrajna). 1: Adler, 2: Khosht, 3: Sochi, 4: Mamayka, 5: Lazarevskoe, 6: Tuapse, 7: Dzhubga, 8: Priboy, 9: Artvin, 10: Borçka, 11: Hopa, 12: Arhavi, 13: Fındıklı, 14: Pazar, 15: Vakfikebir, 16: Trabzon, 17: Ardeşen, 18: Tbilisi, 19: Kutaisi, 20: Batumi, 21: Baku.

Felhasznált klímamodellek

- A felhasznált, közelmúltat reprezentáló és a várható jövőt jelentő térképes klímamodellek a WordClim1.4 adatbázisból (Hijmans et al., 2005) származtak.
- A modellkörnyezet, melyben a jövőt reprezentáló modelleket előállították, a Beijing Climate Center Climate System volt.
- Mind a két modellezett jövőbeli periódus (2041-2060, 2061-2080) és a várható koncentrációváltozás reprezentatív pályáinak (Representative Concentration Pathways) 4 trajektóriáján (rcp 2.6, 4.5, 6.0 és 8.5 W/m²) alapuló modellek közül az rp8.5 került felhasználásra.

Klimatikus rekonstrukciók

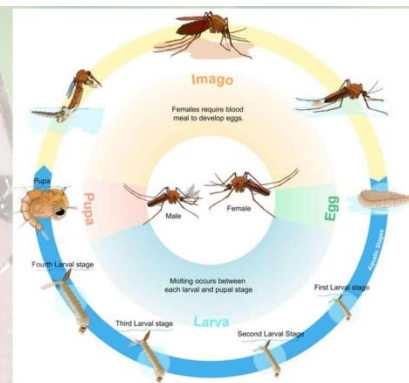
- A már korábban használt közelmúltbeli és jövőbeli időszakok kiegészültek egy 20 éves múltbeli időszakkal is a 20. század elejéről (1920-1939).
- Ennek indoklása az, hogy ebben az időszakban zajlottak Görögországban a legnagyobb, sárgaláz szünyog által mediált dengue járványok, mint az már a bevezetőben említésre került.
- Azonban, e múltbeli időszak esetében nem rendelkezünk térképes klímamodellel, így azt elő kellett állítani. Az előállítás alapját 11 földközi-tengeri, 2 fekete-tengeri nagy kikötőváros, valamint 11 nagyobb európai város adatainak letöltése képezte a KNMI (Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut) Climate Explorer adatbázisból (Trouet and Van Oldenborgh, 2013).
- A letöltött hőmérséklet-értékek a vizsgált 20 éves időszakra hely párokra nézve átlagolásra kerültek és az eltérés értékek az 1970-2000-es időszakhoz viszonyítva kiszámításra kerültek.
- Ezt követően, az eltérés-értékeket a megfelelő földrajzi koordináták szerint visszalárvázolva, IDW (Inverse Distance Weighting) interpoláció révén egy közelítő különbség-modellt lehetett nyerni a 20 éves periódusra a referencia időszakhoz mérten, majd a referencia időszakot ezekkel a most már folyamatos értékekkel módosítva létre lehetett hozni 1920-1939 közelítő modelljét a legmelegebb negyedév átlaghőmérsékletére vonatkozóan.



Felhasznált klimatikus érték típusok

- 7 hőmérséklet-alapú, valamint 6 csapadék-termesztető bioklimatikus változó került felhasználásra az előfordulási modellezés céljából.
- bio1: éves középhőmérséklet 11,8 °C ≤
- bio5: maximum hőmérséklet a legmelegebb hónapban 24,7 °C ≤
- bio6 : leghidegebb hónap minimum hőmérséklete -3,8 °C ≤
- bio8 : középhőmérséklet a legcsapadékosabb negyed 4,2 °C ≤
- bio9 : középhőmérséklet a legszárazabb negyedben 1,3 °C ≤
- bio10 : középhőmérséklet a legmelegebb negyedévben 21,7 °C ≤
- bio11 : középhőmérséklet a leghidegebb negyedévben 1,2 °C ≤
- bio12 : éves csapadék 2217 mm ≥
- bio13 : legcsapadékosabb hónap csapadéka 284 mm ≥
- bio14 : legszárazabb hónap csapadéka 107 mm ≥
- bio16 : legnedvesebb negyedév csapadéka 823 mm ≥
- bio17 : legszárazabb negyedév csapadéka 327 mm ≥
- bio18 : legmelegebb negyedév csapadéka 554 mm ≥

Egyedfejlődés



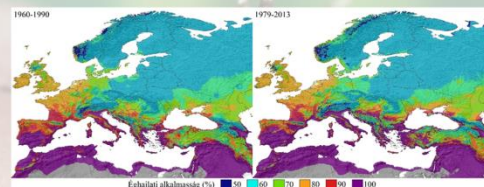
Forrás: Northeast Massachusetts Mosquito Control

Populációdinamikai indikátorok

- A kérdés, ami nyilván felmerül a történelmi tények ismeretében az, hogy ha a faj a közelmúltban is előfordulhatott volna a Földközi-tenger vidékén, vajon a visszatérésének feltételei a közelmúltban és a jövőben milyenek lehetnek, lehetnek ahhoz az időszakhoz viszonyítva, amikor a dél-európai országokban tényleg jelen volt.
- Ennek vizsgálatához a faj klimatikus elterjedési igényeinek vizsgálata önmagában nem elegendő, hanem a faj populációdinamikai indikátorait is meg kell vizsgálni. Ebből a célból a szünyog faj teljes hőmérsékletfüggő egyedfejlődési ideje és túlélési rátájára kerültek modellezésre Tun-Lin és mtsai (2000)* egyenletei alapján.

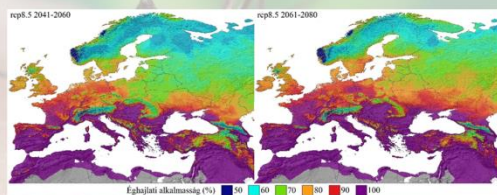
*Tun-Lin, W., Burkot, T. R. and Kay, B. H., 2000: Effects of temperature and larval diet on development rates and survival of the dengue vector *Aedes aegypti* in north Queensland, Australia. Medical and Veterinary Entomology 14(1), 31-37.

„Jelenkori” elterjedés



- A modelleredmények alapján a sárgaláz szünyog jelenleg látható előfordulási hiánya a földközi-tengeri térségben egyértelműen nem a klíma alkalmatlanságának következménye Dél-Európában, hanem feltehetően a 20. század derekán DDT-vel végzett szünyog-eradikálási kampányok következménye lehet.
- A modell visszaadta a megfigyelt Fekete-tenger körüli elterjedést is, ugyanakkor a Földközi-tenger partvidékén és az Ibériai-félsziget déli felén kiterjedt lehetséges elterjedési területeket mutat az 1960–1990-as időszakra nézve.
- Az 1979–2013-as időszak esetében azonban már előfordulási területek tűnnek fel a Balkán-félsziget északi részén, a Román-alföldön és a Krim-félszigeten is (5. ábra).

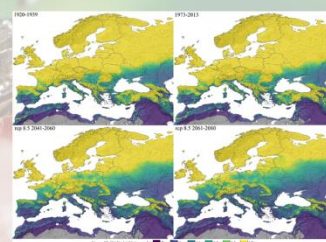
Jövőbeli, várható elterjedés



- A jövőben a faj egyedfejlődési ideje Délnyugat- és Nyugat-Európa kontinentális részén jelentősen lerövidülhet, de a változás még feltűnőbb kelet-közép Európa és Kelet-Európa vonatkozásában, ahol az értékek dél-északi irányú eltolódása több száz km nagyságrendűnek mutatkozik.

A modellezett teljes hőmérséklet-függő egyedfejlődési idő

- A modelleredmények alapján az látható, hogy a teljes hőmérséklet-függő egyedfejlődési idő-értékek nem mutatnak érdemleges eltérést az 1920-1939-es és az 1979-2013-as időszakok összehasonlításában.
- A jövőben a faj egyedfejlődési ideje Délnyugat- és Nyugat-Európa kontinentális részén jelentősen lerövidülhet, de a változás még feltűnőbb Kelet-Közép Európa és Kelet-Európa vonatkozásában, ahol az értékek dél-északi irányú eltolódása több száz km nagyságrendűnek mutatkozik.

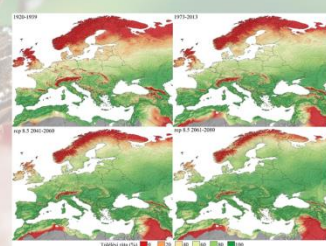


Következtetések

- Összefoglalva az eredményeket elmondható, hogy a sárgaláz szúnyog egyáltalán nem becsülhető le, mint a jövő inváziós szúnyog faja Európában, még akkor sem, ha a jelenlegi helyzet mást sugall.
- Nagyon valószínű az eredmények tükrében, hogy a klímaváltozás okozta felmelegedés elősegítheti a Földközi-tenger vidékének rekolonizációját a faj által, majd a század végén a sárgaláz szúnyog északi irányú invázióját.
- Tekintve, hogy az ázsiai tigrisszúnyog jelenlegi hidegtűrése jobb, mint a sárgaláz szúnyogé, ha és amennyiben ez a helyzet a 21. század végén is fennáll majd, nem lehet arra számítani, hogy szerepét tekintve megelőzné azt, de ettől eltekintve bizonyos európai területeken fontos vektorrá válhat.

A modellezett hőmérséklet-függő túlélési ráta

- A hőmérséklet-függő túlélési ráta értékek sem mutatnak érdemleges eltérést az 1920-1939-es és az 1979-2013-as időszakok összehasonlítása alapján.
- A jövőben a faj egyedfejlődési ideje Nyugat-Európában is jelentősen lerövidülhet, de a változás, az előző indikátornál látottakhoz hasonlóan ebben az esetben is sokkal nyilvánvalóbb és nagyobb mértékű Európa keleti felén.
- Ugyanakkor a hőmérséklet-függő túlélési ráta csökkenése látható Észak-Afrikában és a Közel-Keleten az emelkedő átlaghőmérséklet miatt, ami azt jelenti, hogy ezek a déli peremsávok alkalmatlanná válnak a jövőben a faj lehetséges megtelepedése szempontjából.



Köszönetnyilvánítás

- A cikkben bemutatott kutatás az NKFIH-471-3/2021 számú projekt (Éghajlatváltozás Multidiszciplináris Nemzeti Laboratórium, Pannon Egyetem; a projekt fő vezetője: Gelencsér András; futamidő: 2020 - 2024) támogatásával valósult meg.

Köszönöm
megtisztelő
figyelmüket!



FAGYOS SZENTEK ÉS AKUT ISCHAEMIAS STROKE

Folyovich András^{1,2}, Fábián Dóra¹, Varró Mihály², Béres-Molnár Katalin Anna¹

Észak-Közép-budai Centrum Új Szent János Kórház és Szakrendelő, Neurológiai Osztály – Stroke Centrum¹
Semmelweis Egyetem Doktori Iskola²

BEVEZETÉS. Az akut stroke (AS) diagnosztikája és kezelése jelentős fejlődésen ment keresztül, de jelentős a magasan képzett humánerőforrás- és költség- igény. Ez pedig csak jól szervezett ellátás esetén biztosítható. Meteorológiai tényezők is szerepet játszanak az AS kialakulásában, de hatásuk, jelentőségük nem pontosan ismert. A téli időszakban az AS előfordulása gyakoribb, de a hőmérséklet gyors változásának szerepe egész évben feltételezhető. A fagyos szenteknek nevezett időszakban a népi hagyomány szerint jelentős lehűlés várható egy már felmelegedésnek induló időszakban. Ennek alapján merült fel a kérdés, hogy ebben az időszakban számolni kell-e jelentősen nagyobb AS esetszámmal. Az akut ischaemias stroke (AIS) kezdetének pontos meghatározására (mely a meteorológiai eseményekkel való kapcsolat esetében döntő követelmény) a thrombolysis (vérrög oldó) kezelés (TT) száma alkalmas annak szűk terápiás ablaka miatt.

BETEGEK ÉS MÓDSZER. A Magyarországon 2007-2016. években május 12-13-14-i időszakban, ill. az azt megelőző és követő 30 napban AIS miatt végzett TT számát elemeztük 1-1 napra átlagolva. A TT adatokat a Nemzeti Egészségbiztosítási Alapkezelő, ill. jogelődje bocsátotta rendelkezésünkre. Együtt és külön-külön is elemeztük a 65 év alatti (0-65) és feletti (65-) populációt. Vizsgáltuk a nők (N) és férfiak (FF) TT-számát bontva is.

EREDMÉNYEK. 2007.01.01–2016.12.31 között összesen 14 928 TT történt. Ebből a 10 év 30 „fagyos szentes napján” 130 (FF 0-65: 40, FF 65-36, FF: 76; N 0-65: 16, N 65-38, N: 54). Meglepő módon a teljes és a férfi betegcsoportban a TT kezelések száma fokozatosan emelkedett a vizsgált 63 napos periódusban. Egyedül a 65 év alatti férfiak esetében találtunk magasabb TT-számot a fagyos szentek alatt (előtte 11,7 TT/nap, alatta 13,3, utána 12,7).

KÖVETKEZTETÉS. A fagyos szentekkel kapcsolatos népi vélekedés alapján feltételezhető magasabb AIS gyakoriságot adataink nem támasztják alá.

A KONFERENCIÁN BEMUTATOTT DIÁK

FAGYOS SZENTEK ÉS AKUT ISCHAEMIAS STROKE

*Dr. Folyovich András PhD, Dr. Fábián Dóra,
Dr. Varró Mihály DrD, Dr. Béres-Molnár Katalin Anna*

ÉKC ÚJ SZENT JÁNOS KÓRHÁZ
ÉS SZAKRENDELŐ
NEUROLÓGIAI OSZTÁLY – STROKE CENTRUM

SEMMEIWEIS EGYETEM DOKTORI ISKOLA



Miért foglalkoznak az emberek a fagyos szentekkel?

Mert ...

- májusban a növényzet már zöldell, a palánták és a zsenge növények nagyon érzékenyek.
- a májusi fagyok nagy pusztítást tudnak végezni.

Ezért ...

- a májusi fagyok valószínűségének ismerete igen fontos a mezőgazdaság számára.

Rácsi András Légtér 2017. 10. oldal.

Miért foglalkozik egy neurológus rezidens a fagyos szentekkel?

Mert, ...

- mint minden embert, érdekli a meteorológia.
- mint minden ember, azt hiszi, hogy ért hozzá.
- kíváncsi, hány akut stroke-beteget vesz fel ügyeletben kezdőként, ha ezeken a napokon ügyel. És mennyit szorong aznap?
- tudja, hogy hideg időben nagyobb a stroke kockázata.
- a főnöke feladatul adta Neki.

Miért foglalkozik egy neurológus osztályvezető főorvos a fagyos szentekkel?

Mert, ...

- szeretné előre tudni, hány akut stroke-beteg számára kell helyet biztosítani az osztályon, fogja-e bírni a személyzet a terhelést, **MERT**
a korszerű stroke-ellátás folyamatosan magasan kvalifikált multidiszciplináris csapat és nagyértékű műszeres háttérrel igényel adott centrumokban.

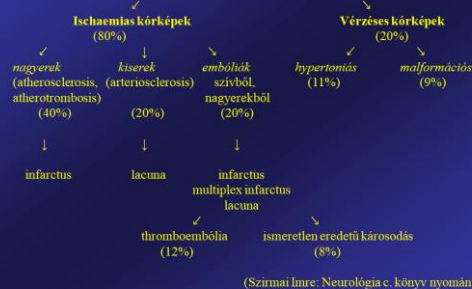


KOMOLY ELLÁTÁSSZERVEZÉSI ASPEKTUSA LEHET

CEREBROVASCULARIS BETEGSÉGEK (STROKE) FŐ ETIOPATHOLÓGIAI TÉNYEZŐI

- Agyi kiserek betegsége
- Szív- és nagyerek betegsége
- Haemostasis- és rheológiai eltérések

CEREBROVASCULARIS KÓRKÉPEK



Stroke és hideg idő

Fiziológiai magyarázatok:

- az alacsonyabb külső hőmérsékletre a szervezet vazokonstriktív válaszol. Megemelkedik a szisztémás vasculáris rezisztencia, mely vérnyomás-emelkedést okoz.
- az agyi véráramlás sebessége csökken, mely a thrombosis kockázatát növeli.
- akut hideg expozíció növeli a thrombocytá aggregációt, feltehetően az emelkedő noradrenalin szinten keresztül.
- Hemokoncentráció következik be a hideg hatására.

Miért foglalkozik egy neurológus osztályvezető főorvos a fagyos szentekkel?

Mert, ...

- mint minden embert, érdekli a meteorológia.
- mint minden ember, azt hiszi (vagy szeretné hinni), hogy ért (valamennyire) hozzá.
- szeretne érdekes kutatási témát adni az érdeklődő rezidensnek, PhD hallgatónak.

STROKE

- Agyi érrendszeri elváltozás
- Az agyműködés globális vagy fokális zavara
- Akutan kialakuló tünetegyüttes
- Fennállás > 24 óra (vagy halálos kimenetel)
- Kizárható egyéb kóreredet

Cerebrovascularis kórképek



Stroke és hideg idő

- Az alacsony külső hőmérséklet kapcsolatba hozható nagyobb számú kórházi felvétellel, a hosszabb ápolási idővel és a stroke magasabb mortalitásával, különösen az idősebbek között.
- A stroke incidenciáját növeli az alacsony külső hőmérséklet. Minden 2°C csökkenés 1.32 relatív kockázattal növelő hatású az ischaemiás stroke-ra, a vérzésre 1.52.

Fagyos szentek - május

12. Pongrác 289-304
13. Szervác (-384)



Szent Szervác



Szent Pongrác

14. Bonifác (-475)
(25. Orbán)
(St. Mamertus)



Szent Bonifác

Kik azok a fagyos szentek? (magyar vonatkozásban)

Folklor:

„Pongrác kánikulában subában megfagyott, Szervác a Tisza közepén víz nélkül megfulladt, Bonifácot pedig agyoncsipkedték a szünyogok – ezért haragusznak ránk emberekre és évről évre visszajönnek, hogy bosszantsanak bennünket”.

Időjóslatok

Nagydobronyban úgy tartották, „ha fagyosszentekkor nagy a hideg, akkor rossz termés várható”.



Köszönjük azt is, hogy tanulhattunk ...



A kivételekhez sorolható, s így külön figyelmet érdemel május 10-dike. Ezen, a „fagyosszentek” napjait megelőző napon kaptuk a legnagyobb interdiurnus változást, $|I| = 2.3^\circ\text{C}$. Ez nyilvánvalóan gyakori időváltozásra utal. A lehűlések mértéke, $I_- = 2.7^\circ\text{C}$ igen nagy, ugyanakkor a lehűlések is gyakoribbak, $R = 0.8$ ezen a napon. Továbbá a legnagyobb mérvű átlagos hőmérséklet változás (csökkenés) is ugyanezen a napra esik. Mindez egyértelműen azt bizonyítja, hogy a május 10-dike körül gyakorta fellépő jelentős mértékű lehűlés időjárásunk karakterisztikus jelensége, a hőmérséklet évi menetének jellegzetes szingularitása.

Huber Hajnalka Szakdolgozat 2013

Jeles napra vonatkozó népi vélekedés

Fagyos szentek

Pongrác, Szervác, Bonifác (és Zsófia) is lehet gyász!

Bowker (2005), Egyesült Királyság

- 1971-től 2004-ig 6 évben (1977, 1987, 1993, 1995, 2003) volt hideg és némileg havas a vizsgált időszak, ami 18%-nak felel meg időtartományban.
- Lényegében azonos a meleg periódusok száma (1979, 1980, 1982, 1992, 2004).



Fagyos szentek

Meteorológia:

Karl Dove, Richard Assmann, Wilhelm von Bezold.

- Bezold: a fagyosszentek idején Északnyugat-Európában rendszerint légnyomási maximum van, míg keleten és délkeleten alacsony a légnyomás. A légnyomásminimum közepe Magyarország, ahol az Alföld ebben az időben erősen fölmelegszik.
- Hegyfokv Kabos: A május havi meteorológiai viszonyok Magyarországon 1886.

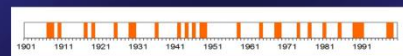
A lehűlés jelenségét Magyarországon, Ausztriában, Németországban és Lengyelországban is megfigyelték.



Huber Hajnalka Szakdolgozat 2013



Azon évek 1901-2000 időszakban, amikor május 12-13-14-15 átlaghőmérséklete a környező napokéhoz képest alacsonyabb volt Budapesten



Azon évek 1901-2000 időszakban, amikor május 12-13-14-15 átlaghőmérséklete a környező napokéhoz képest magasabb volt Budapesten

A környező napokhoz viszonyítva a hűvösebb és melegebb időszakok egyaránt közel egyenletesen oszlanak el a 100 év alatt.

SAJÁT VIZSGÁLAT

KÉRDÉSFELTEVÉS

Jelent-e a fagyos szentekkel jellemzett periódus szignifikánsan nagyobb stroke-rizikót?

SAJÁT VIZSGÁLAT

MÓDSZER

- Az egy napra jutó átlagos thrombolysis kezelések száma
- Adatbázis (OEP/NEAK): 2007.01.01 -2016.12.31.
- Május 12-13-14 (három napból átlagolva)
- Megelőző és követő 30 nap (30 napból átlagolva)

Miért a thrombolysis?

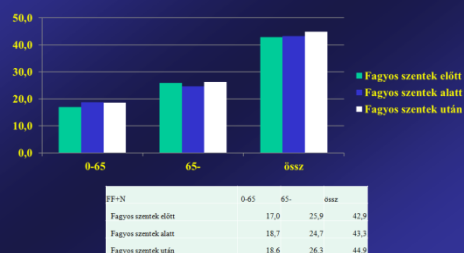
- Szoros (3, ill. 4,5 órás) időablak, pontosan ismert betegségkezdés
- Szigorú protokoll szerinti kezelés
- Országosan egységes eljárásrend és eseti finanszírozás
- Ellenőrzött jelentési kötelezettség, precíz magyar adatbázis (OEP, NEAK)
- 10 év alatt statisztikailag feldolgozható adatmennyiség
- A kezelések számából megbízhatóan következtetni lehet a teljes stroke incidenciára.

EREDMÉNYEK

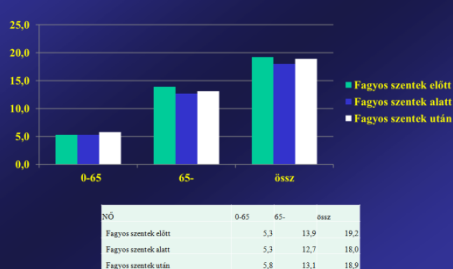
Thrombolysis kezelések számának átlaga a fagyos szentek alatt, 30 nappal előtte és utána
Férfiak



Thrombolysis kezelések számának átlaga a fagyos szentek alatt, 30 nappal előtte és utána
Teljes betegcsoport



Thrombolysis kezelések számának átlaga a fagyos szentek alatt, 30 nappal előtte és utána
Nők

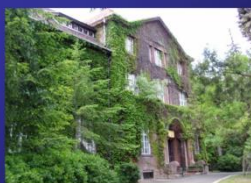


KÖVETKEZTETÉS

- A fagyos szentekkel kapcsolatos népi vélekedést nem támasztja alá sem az utolsó 120 év meteorológiája, sem a vascularis neurológia.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A közlemény alapjául szolgáló adatokat (thrombolysis-szám) az Országos Egészségbiztosítási Pénztár (Nemzeti Egészségbiztosítási Alapkezelő) Stratégiai Elemzési Főosztálya biztosította.



Tradíció és haladás

Köszönöm a figyelmet!



A HOLDFÁZISOK ÉS AKUT ISCHEMIÁS STROKE

Folyovich András^{1,2}, Fábián Dóra¹, Varró Mihály², Béres-Molnár Katalin Anna¹

¹Észak-Közép-budai Centrum Új Szent János Kórház és Szakrendelő Neurológiai Osztály – Stroke Centrum

²Semmelweis Egyetem Doktori Iskola

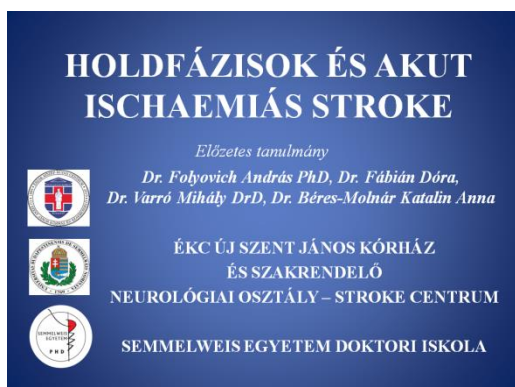
ELŐZMÉNYEK. A kórházba szállított akut stroke betegek száma szélsőségesen változik. Azok az adatok, melyek előre jelezhetik egy stroke centrumra háruló ellátási igényt, a betegellátás biztonságát növelik. Meteorológiai tényezők a stroke kialakulását befolyásolhatják. Jelen tanulmányunkban a holdfázisok hatását elemeztük az akut ischaemias stroke kialakulására.

BETEGEK ÉS MÓDSZER. Magyarországon 2007. január 1. és 2016. december 31. között akut ischaemias stroke miatt végzett thrombolysis kezelések (TT) napi átlagát vetettük össze a holdciklusokkal. Anonym adatkezelés mellett a kezelések időpontját az Országos Egészségbiztosítási Pénztár (ill. jogutódja) közölte. A thrombolysis szűk therapiás ablaka miatt a stroke kezdetének pontos időbeli meghatározására alkalmas, dokumentáltsága pontos. A holdfázisok alapján 8 időszakot választottunk ki: újhoid, növekvő hold, telihoid, csökkenő hold (1-4, ill. aznap, ill. előtte és következő nap), ill. a 4 közbülső időszak. Vizsgáltuk az (1)-(4) napok hatását összevetve a megelőző és következő nappal.

EREDMÉNYEK. A teljes periódusban 14928 thrombolysis (átlagosan 4,07/nap) történt. Az utolsó negyed idején volt a legmagasabb, míg az újhoid idején a legkevesebb (4,66 vs. 3,4/nap) TT. Ha azonban elemeztük a megelőző és azt követő napot is, akkor mind az újhoid, mind a telihoid idején szélsőséges ellenkező irányú változást láttunk (kevésbé az utolsó negyed esetében is).

KÖVETKEZTETÉS. Az akut ischaemias stroke kialakulásában a holdfázisok szerepe feltehető, azonban ezt vizsgálatunkban érdemben igazolni nem lehetett. Mindemellett úgy tűnik, hogy az újhoid körüli időszak a legkisebb vascularis kockázatot jelenti.

A KONFERENCIÁN BEMUTATOTT DIÁK



ELŐZMÉNYEK

- A korszerű stroke-ellátás folyamatosan magasan kvalifikált multidisziplináris csapat és nagyértékű műszeres hátteret igényel adott centrumokban.
- A kórházba szállított akut stroke betegek száma szélsőségesen változik.
- Azok az adatok, melyek *előre jelezhetik* egy stroke centrumra háruló ellátási igényt, a betegellátás biztonsága mellett gazdasági haszonnal járnak.

AZ ÖSSZEFÜGGÉSEK FELISMERÉSE
SEGÍTIAZ ELLÁTÁSSZERVEZÉSÉT

A Folyovich, KA Bérés-Molnár, D Biczó, J Gimesti-Ország, B Vásárhelyi, G Toldi
The effect of lunar cycles in the development of acute ischemic stroke 9th World Stroke Congress Istanbul 2014, október 22-25

ELŐZMÉNYEK



E Bonavia Moon-Stroke Natute Oct. 19. 1876

... It is very possible that neuralgia, paralysis, or other similar injury, caused by sleeping in the open, has been attributed to the moon,...

Holdfázisok és az akut ischaemias
stroke kapcsolatának vizsgálata

- Időszak: 2012.12.01 – 2013.11.30
- Terület: Budapesti régió
- Betegek: akut ischaemias stroke miatt thrombolysisen átesettek
- Anonym adatkezelés az Országos Egészségbiztosítási Pénztár adatbázisa alapján
- Vizsgált paraméter: kezelések számának 1 napos átlaga

Közszerű hiba: rövid időszak, alacsony betegszám

Miért a thrombolysis?

- Szoros (3, ill. 4,5 órás) időablak, pontosan ismert betegségkezdés
- Szigorú protokoll szerinti kezelés
- Országosan egységes eljárásrend és eseti finanszírozás
- Ellenőrzött jelentési kötelezettség, precíz magyar adatbázis (OEP, NEAK)
- A kezelések számából megbízhatóan következtetni lehet a teljes stroke incidenciára.

Holdfázisok és az akut ischaemias
stroke kapcsolatának vizsgálata

- A holdciklusok alapján 8 időszak
- Újhold
- Növekvő hold
- Telihold
- Csökkenő hold
- (aznap, előtte és következő nap)
- 4 közbülső időszak

Holdfázisok és átlagos thrombolysis-szám
(2012. december 1- 2013. november 30.)

Thrombolysis szám (átlag/nap)

Újhold	1,17
Növekvő hold (első negyed)	1,25
Telihold	0,58
Csökkenő hold (harmadik negyed)	1,23

Következtetés: az akut ischaemias stroke kialakulásában a holdfázisok szerepe igazoltnak tűnik. Az újhold a legnagyobb, a telihold a legkisebb vascularis kockázatot jelentő vizsgálatunk szerint.

Conclusion: The role of moon cycles in the development of AIS seems to be proved. The period of new moon is the highest, the full moon is the least risk for AIS.

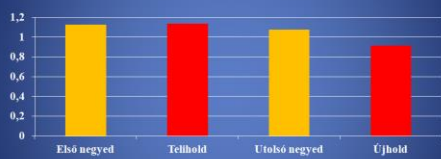
Holdfázisok és akut ischaemias
stroke
ÚJ VIZSGÁLAT

- Időszak: 2007.01.01 – 2016.12.31.
- Magyarország (Budapest külön is)
- Betegszám: 14.928 (Budapest: 3930)
- Négy holdfázis
- Részletes statisztikai feldolgozás

EREDMÉNYEK

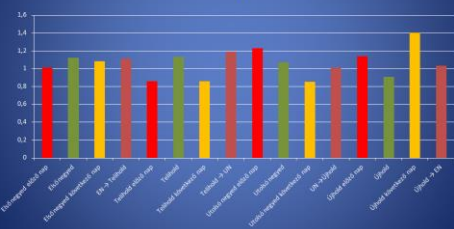
Holdfázisok és napi thrombolysis átlag
Magyarország

Holdfázisok és napi thrombolysis átlag Budapest



Első negyed	1,12
Telihold	1,13
Utolsó negyed	1,07
Újhold	0,91

Holdfázisok, köztes időszakok és napi thrombolysis átlag Budapest



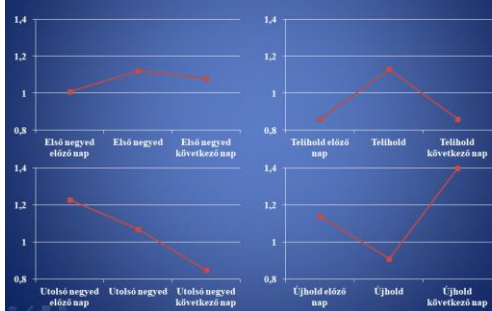
Holdfázisok körüli 3 nap napi thrombolysis átlaga Budapest



Első negyed	1,07
Telihold	0,95
Utolsó negyed	1,05
Újhold	1,15

L.d. előbb

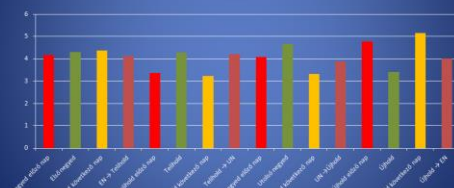
Holdfázisok körüli 3 nap napi thrombolysis átlaga Budapest



KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A közlemény alapjául szolgáló adatokat (thrombolysis-szám) az Országos Egészségbiztosítási Pénztár (Nemzeti Egészségbiztosítási Alapkezelő) Stratégiai Elemzési Főosztálya biztosította.

Holdfázisok, köztes időszakok és napi thrombolysis átlag Magyarország



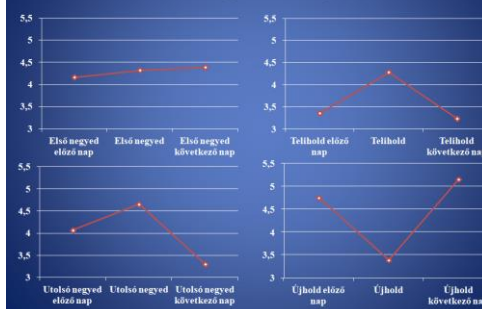
Holdfázisok körüli 3 nap napi thrombolysis átlaga Magyarország



Első negyed	4,3
Telihold	3,6
Utolsó negyed	4
Újhold	4,4

L.d. előbb

Holdfázisok körüli 3 nap napi thrombolysis átlaga Magyarország



KÖVETKEZTETÉS

- A holdfázisok és az akut ischaemias stroke miatt végzett thrombolysis kezelések számának napi átlaga között egyértelmű összefüggést látni nem lehet.
- Rövidebb és hosszabb távú elemzések jelentősen eltérő eredményt adnak.
- Alapvető különbség az országos és budapesti adatok között nincs.
- Jelenlegi adataink alapján nem lehet előre jósolni a kiemelt napokon várható olyan szélsőséges terhelést, mely az egészségügyi ellátó rendszerre hárul.



Tradíció és haladás



Köszönöm a figyelmet!

IDŐJÁRÁSÉRZÉKENYSÉG A HAGYOMÁNYOS KÍNAI ORVOSLÁS ALAPJÁN

WEATHER SENSITIVITY BASED ON TRADITIONAL CHINESE MEDICINE

Walkovszky Attila

Kelet-Ázsiai Gyógyászat Kft., walkovszky@gmail.com

ÖSSZEFOGLALÁS. Az időjárás megbetegítő hatásával már a Sárga Császár Belgyógyászati Könyve is foglalkozik. A Hagyományos Kínai Orvoslás néhány alapfogalmának ismertetése után a szerző biofizikai mérési eredményeket mutat be, melyek az akupunktúrás energiavezetékek létezését bizonyítják. Bemutatja a kapcsolatukat az időjárási elemekkel, továbbá, hogy a gyógyító Csí Kung gyakorlatok végzéséhez ajánlott külső körülmények összefüggnek a lélegektromossággal. Ismerteti Hennel Ervin elméletét, mely szerint az akupunktúrás csatorna-rendszer elektromos töltéskiegyenlítést szolgál az élő szervezetekben. Felsorol néhány biofizikai jelenséget, amelyek alátámasztják Hennel Ervin elgondolásait.

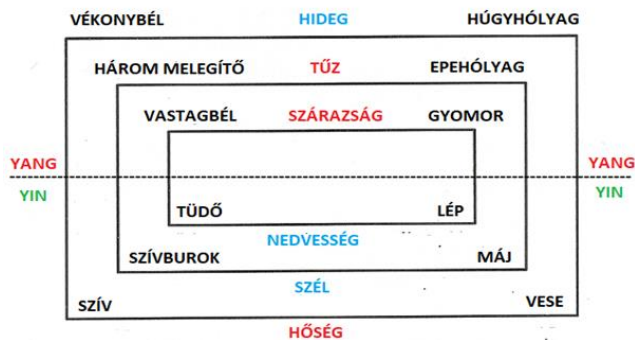
ABSTRACT. The pathological effects of the weather are already mentioned in the Yellow Emperor's Book of Internal Medicine. After describing some of the basic concepts of Traditional Chinese Medicine, the author presents biophysical measurement results that prove the existence of acupuncture energy lines and their relationship to weather elements. Analyzes that the external conditions recommended for healing Chi Kung exercises are related to air electricity. He describes Ervin Hennel's theory that the acupuncture channel system serves electromagnetic charge equalization in living organisms. It lists some biophysical phenomena that support Hennel's ideas.

BEVEZETÉS. Jelen előadás megtartására az bátorított fel, hogy megjelent egy kiváló tanulmány az orvosmeteorológia történetéről az Orvosi Hetilapban (*Bussoussou et al 2007*). A szerzők Huang Ti, a kínai őshagyomány szerint az égből jött Sárga császár Belgyógyászati könyvét és a Hagyományos Kínai Orvoslás (HKO) orvosmeteorológiai vonatkozásait is megemlítették. A HKO a szervezet energiarendszerének kiegyensúlyozásával gyógyít. Tapasztalataik szerint a testet energiavezetékek (csatornák) rendszere hálózza be. Ezek közül 12 (+ 2) a felszín közelében található és a bőrfelszínen lévő pontokkal nyílik a külvilágra, másrészt összeköttetésben vannak egy-egy szervvel, amely az energiavezeték nevében is kifejeződik. A két különleges vezeték nincs közvetlen kapcsolatban szervvel. A vezetékek hármásával helyezkednek el a végtagok külső és belső oldalán szimmetrikusan a jobb és a baloldalon (*1. 2. 3. ábra*). A hasoldalon kétoldalt négy-négy energiavezeték található, és a középvonalon fut az egyik különleges vezeték. A hátoldalon a húgyhólyag kétágú energiavezetéke halad a jobb és baloldalon, a másik különleges vezeték középen van a gerinc mentén. Az energiavezetékek a kezdő és a végpontjukkal kapcsolódnak egymáshoz a szervezet napszakos ritmusának megfelelő sorrendben és a huszonnégy órás ciklusban egy-egy vezeték két óra hosszat energiamaximumban van. A test belsejében a szervek között is folyamatos kettős energiaforgalom zajlik az öt elem rendszerben. (*4. ábra*). A szervek a halmazállapotokhoz kapcsolódó működésük miatt párosával egy-egy elemhez tartoznak. A fa elem némi magyarázatra szorul, mert a fraktálszerű ágaival teret foglaló fa a tér elemet, az energiamezőt jelképezi. Anaximandrosz (Kr.e. 500–400 körül) ezt az ötödik elemet Apeironnak nevezte és úgy gondolta, hogy a többi négy elem ebből jött létre. Később a fizikusok ezt a nagy energiatartalmú mezőt éternek nevezték. Einstein hatására azonban a fogalom kitörlődött a fizikából és napjainkban többnyire csak az alternatív fizikusok foglalkoznak a térenergiával, illetve az energiamezővel. A piros nyilak irányában a szervek serkentik a következő elem/szerv működését. A rákövetkező másodikat a kék nyilak irányában korlátozzák, fékezik. Ez a negatív visszacsatolás is segít fenntartani a szervműködések egyensúlyát. A HKO szerint az egyensúlyt a következő tényezők boríthatják fel. A szélsőséges érzelmek, az ártalmas környezeti hatások, az étrendi hibák, a túlzásba vitt tevékenységek (evés, alkohol, szex, munka), az élőködők, a sérülések.

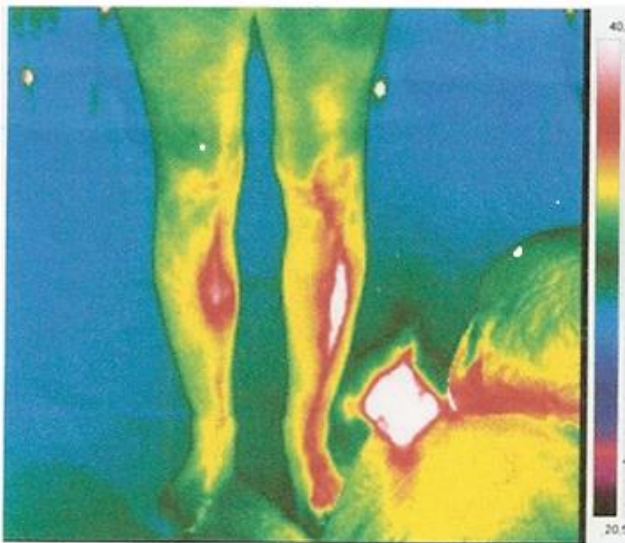
A kopogtatási hang terjedése is más a csatorna mentén és a környezetében (Zhu Zong Xiang <https://www.youtube.com/watch?v=7iGhqRMO-eY>).

Az eddig vázolt és több oldalról alátámasztott tények alapján az energiacsatornák kétségtelenül léteznek és valami áramlik bennük. Felmerül azonban a kérdés, hogy mi lehet az energiavezetékek szerepe a szervezetben? A HKO szerint a Qi (Csí)-nek nevezett energiát szállítják és juttatják el minden szervhez és sejthez. Elgondolkodtató, hogy a Qi írásképe (7. ábra) mintha analógiája lenne a Szent-Györgyi-Krebs ciklusnak, amelyben a glukóz molekulából és oxigénből nagy energiatartalmú adenzintrifoszfát keletkezik. A jel felső részének jelentése levegő, az alsó része rizs, gabona.

A másik kérdés, hogy mivel az ATP a sejtek mitokondriumában keletkezik, akkor mit szállít az energiavezeték?



5. ábra. Az ártó klímátényezők és az energiavezetékek kapcsolata a Hagyományos Kínai Orvoslásban. A kiadó szíves engedélyével.



6. ábra. Az akupunktúrácsatornák hőképe. A kiadó szíves engedélyével.



7. ábra. A Qi (Csí) kínai írásképe

A kérdésre néhai Hannel Ervin fizikus elmélete (Kb. 1984) adhat választ, és egyúttal az időjárás/front érzékenységet is magyarázza.

Az okfejtés a -90 mV membránpotenciálból indul ki.

A sejten belül negatív a töltés; ez a sok sejtől álló szerveknél összegeződik, és a test körül is megjelenik, mint aura. A tömör szervekben a sok sejt miatt nagyobb az erőter, mint a kevesebb sejtől álló üregeseknél. Azaz a tömör Yin szervekhez képest viszonylag pozitívabbak a Yang szervek.

A szervek saját működésére jellemző redox reakciók miatt

1. Az elektro akupunktúra
2. A tű a Seebeck hatás miatt elektronokat vezet be a meridiánba (hőelemként működik).
3. A kezelés során a tű mozgatása elektrokinetika potenciált hoz létre (Hannel Ervin)
4. **A frontérzékenység: hidegfrontnál negatív ionok, melegfrontnál a pozitív ionok** vannak többségben a levegőben (Örményi 1985, Sandra et al 2017) és megváltozik a vezetékek elektromos állapota.
5. A moxázás. A moxarúd parazsa 700–1050 °C. Ezen a hőmérsékleten a parázs környezetében ionizálódnak a gázmolekulák és elektromos töltések juthatnak be a energiavezetékbe.
6. Eöry Ajándok(2019) dróttal kötötte össze az akupunktúrácsatornákba szúrt tűket és ezzel sikeresen helyettesítette az energiavezeték szakaszt, amelyben elakadt az áramlás.
7. A kollagénnak, a csontnak, stb. piezoelektromos hatása van. Nyúlás, illetve összenyomás hatására a molekula végein töltések jelennek meg. Ezt a jelenséget hasznosítják a kínai gyógyászatban a Csi Kung gyakorlatoknál is.
8. Az élőlények érzékenyek a frontátvonulásokkal együtt járó lélegelektromos változásokra.

A HAGYOMÁNYOS KÍNAI ORVOSLÁS MÓDSZEREI. Kínában a tűkezelésnél elterjedtebb módszer a Tui Na masszáz. A Tui Na masszázst alkalmazó gyógyító először a **szakroiliakális ízület szimmetriáját** állítja

helyre, miáltal a gerinc melletti, az energia szabad áramlását akadályozó, korábban feszes izmok ellazulnak.

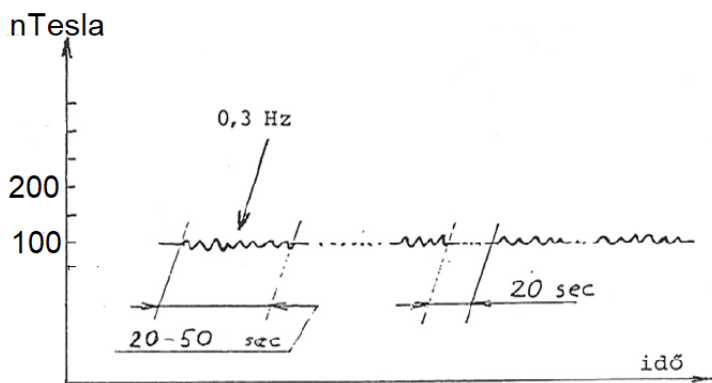
Majd **energiavezeték** -, végül **pontmasszázs**al kiegyenlíti a kliens energiáit. Ehhez a saját elektromágneses terét is használja. Esetenként **moxa**, vagy **köppöly** kezelést alkalmaz.

Csi Kung (Qi Gong) vagy **Tai Csi Csuan** gyakorlást javasol, hogy növelje a paciens belső energiáját.

A KÍNAI MOZGÁSGYAKORLATOK (CSÍ KUNG, TAI CSÍ CSUAN) JELLEMZŐI (Walkovszky 1996)

- Izotóniás kontrakcióval végzett, általában lassú mozgás
- A légzés a mozgással összhangban történik
- A gyakorlás közben a jelenben időző, koncentrált figyelem, általában a tenyerekre irányul.
- A kínai mozgásgyakorlatok a gyakorló személy belső (elektromágneses) energiaszintjét növelik.

A megnövekedett energiaszintet kísérletileg is bizonyították. A külső mágneses terektől elszigetelt helységben elhelyeztek egy elektromosan szigetelt dróttekeresztet, melynek üregébe egy alkar belefért. A tekercs két végét oszcilloszkóphoz csatlakoztatták. Csi Kung mestereket kértek fel, hogy a karuk elektromágneses terével indukciós feszültséget próbáljanak létrehozni a tekercsben. A képenyőn indukciós feszültség-hul-



8. ábra. Csi Kung mester keze által létrehozott indukciós feszültség szolenoidban (dróttekeresztben) (Jiao 1990 után)

Keleten a Csi Kung gyakorlóknál

Égi Csi: YANG

+++++



Földi Csi: Yin

és nyugaton.

Ionoszféra-felszín üregrezonátor

+++++

F2 réteg

F1

E

D



Schumann rezonancia 7,8 - 20,3 - 26 - 32 Hz

(Bencze-Major-Mészáros 1982)

Földfelszín

9. ábra. Az égi és a földi energiák

lámok sorozata jelent meg szakaszosan 0,3 Hz frekvenciával (8. ábra, Jiao 1990) A kísérlet a kar akupunktúrás vezetékeiben áramló elektromos töltések feszültségvektorára merőleges mágnesáram jelenlétét bizonyította.

Az említett Csi Kung mozgásgyakorlatok eredményes végzéséhez megfelelő belső állapot és külső körülmények szükségesek. Nagyon érdekes, hogy a külső körülmények közül három kapcsolatba hozható a lélektromossággal.

A Csi Kung és a Tai Csi Csuan gyakorlásának külső feltételei (Yang Jwing Ming 1995):

Gyakoroljunk:

Napkeltekor, vagy Napnyugtakor, a Nap felé fordulva

Laza ruházatban

Jó levegőn

Nyugodt, csendes környezetben.

Ne gyakoroljunk erdőben.

Ne gyakoroljunk temető közelében.

Ne gyakoroljunk esőben, zivatarban

A kínai őshagyomány szerint a mozgásgyakorlatot végző személy a gyakorlás közben begyűjti az égi (+Yang), és a földi (- Yin) energiát. A 9. ábra ezt az elképzelést és ennek a nyugati tudomány szerinti analógiáját állítja párhuzamba. Az akadémikus tudomány mérésekkel igazolta, hogy a pozitív töltésű ionoszféra és a negatív földfelszín közötti üregrezonátorban a Föld zivatarzónái által létrehozott állóhullámok sorozata rezeg.

Miért kell Napkeltekor – Napnyugtakor a Nap felé fordulva gyakorolni?

Örményi (1985) és mások mérései szerint is a 3Hz-es szférikus sugárzás ebben a két időszakban fölerősödik. Ez a delta és a théta agyhullámok frekvenciájának határán rezgő 3 Hz-es frekvencia segíti a meditációt a mozgás közben (Sandra et al 2017). Másrészt a vörös fénynek is kedvező hatása van a szervezetre.

Az EEG-vel mérhető agyhullámok:

- Delta: 1-4 Hz
- Théta: 3-7 Hz
- Alfa: 7-12 Hz
- Béta: ≥ 13 Hz
- Gamma: 30-100 Hz

Miért ne gyakoroljunk erdőben?

A fák leveleibe felszívódó talajnedvesség miatt, a koronaszint földpotenciálon van, így az erdőben gyakorlódó fejénél és talpánál azonos a térerő.

Ezzel szemben szabad téren, derült időben a 130 V/m potenciálgradiens miatt a fej, - melyen hét Yang (+) energiacsatorna található (3. ábra), - a talphoz képest mintegy 200 V/m – el pozitívabb a környezetben van (Bencze et al 1982).

Miért ne gyakoroljunk esőben, zivatarban?

- Egyrészt nagy a villámcsapás veszélye, másrészt lehűl a test, ha megázunk.
- Megfigyelhető, hogy zivatarban sűrűn villámlik, amíg el nem kezdődik a zápor, utána már ritkábban dörög az ég. Ugyanis az elektromosan töltött esőcseppek lehordják a töltést a zivatarfelhőből. Ennek hatására a potenciálgradiens akár nulla is lehet.

A Hennel elmélet értékelése.

- A 80-as években az elmélet keletkezése idején a HKO hivatalosan, az Orvosi Hetilapból idézve „tudománytalan, hatásaiban nem igazolható, veszélyes” eljárásnak minősült.
- Hennel Ervin volt az első, aki elfogadható biofizikai magyarázatát adta a gyógy módnak.
- Arra a következtetésre jutott, hogy a csatornák olyan sejtsorok, melyek membránja áteresztő a kisméretű fehérjék (pl. albumin) számára, amúgy nem különböznek más sejtektől. Mivel a fehérjék amino gyöke az amfoter tulajdonsága miatt elektron donor és akceptor is lehet, ahol hiány van leadnak, ahol többlet, ott felvesznek elektront a fehérjék. Hennel megelőzte a korát.
- A korábban bemutatott kopogtatási hang felerősödése a vezetékek mentén, inkább azt valószínűsíti, hogy a csatorna egy plazmával kitöltött tér, amelynél egy vonal mentén el vannak távolodva egymástól a sejtek, valószínűleg a csatornát határoló sejtek nagyobb membránpotenciálja következtében. A feltételezés mellett szól, hogy holttesteken elektromosan nem mérhető ki az akupunktúrás pontok, sem a vezetékek.
- Másrészt a töltéskiegyenlítésben szerepe lehet a proton ugrásnak is vízmolekula-láncokon. (Grotthaus hatás). Végző soron úgy tűnik, hogy az energiavezeték hálózat egy harmadik szabályozó rendszer a szervezetben..
- **A HKO szerint az időjárás-változásra csak olyan személyek érzékenyek, akiknél egy vagy több csatornában nem áramlik szabadon az energia, emiatt a szervműködéseik nincsenek egyensúlyban.**
- Végül kijelenthető, hogy az elhangzott összefüggésekre a Keleti Gondolkodókat akár az égből jött Sárka Császár tanította meg, akár saját meditációs és egyéb tapasztalataik alapján jöttek rá, megelőzték az európai tudományt.
- Az általuk használt gyógyító rendszer alkalmas az időjárás-érzékenység kialakulásának megelőzésére, vagy csökkentésére, akár a krónikus betegségek tüneteinek enyhítésére, gyakran a megszüntetésére is.

IRODALOM

Bencze, Pál - Major, György - Mészáros, Ernő 1982: Fizikai meteorológia. Akadémiai kiadó Bp. 299 old.

- Boussoussou, Nora – Boussoussou, Melinda – Nemes, Attila* 2017: Az orvosmeteorológia történeti áttekintése – új horizont a preventív medicina területén. Orvosi Hetilap, 158(5), 187–191.
- Eőry, Ajándok* 2019: Új utak az akupunktúrák gyógyításában. Kairosz, Bp. 61 old.
- Hennel, Ervin* 1975: Az akupunktúra hatásmechanizmusa. NEVIKI előadás. kézirat 27 old.
- Hennel, Ervin* 1985: The charge transfer theory. Kézirat. 54 old.
- Jiao Guorui* 1990: Qi Gong Essentials for Health Promotion China Research Press. 256 old.
- Örményi, Imre* 1984: A 3 Hz-es légköri elektromágneses sugárzás hatása az emberre az élet néhány területén. Kandidátusi értekezés. Bp. 184 old.
- Palotai, Katalin – Szabó, Mária – Nagy, Gábor* 2019: A hat nagycsatorna élettana és kórtana. Gyakorló Akupunktőrök Társasága Bp. 99 old.
- Sandra, Sándor et al* 2017: Mágneses erőterterápia. San-Ergonómia Kft. Bp. 381 old.
- Schlebusch, Claus P.- Maric-Oehler, Walburg - Popp, Fritz A.* 2005: The Biophotonic in the Infrared Spectral Range Reveal Acupuncture Meridian Structure of the Body. Journal of Alternative and Complementer Medicine. vol. 11. No.1. pp. 171-173.
- Yang Jwing-Ming* 1995: A nyolc brokáttekercs egészségmegőrző és fejlesztő Wai Dan gyakorlatsorozat. Lunarimpex. Bp. 92 old.
- Walkovszky, Attila* 1996: Mozgásterápia. Készült a Természetgyógyászati Akadémia hallgatói számára. Kecskemét, 99 old.

AZ IDŐJÁRÁS NÉHÁNY PARAMÉTERÉNEK HATÁSA A COPD MORBIDITÁSRA

Márovics Gergely, Girán János

Pécsi Tudományegyetem Általános Orvostudományi Kar, Orvosi Népegészségtani Intézet
gergely.marovics@aok.pte.hu

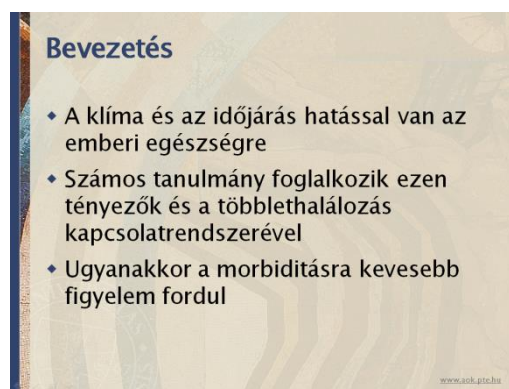
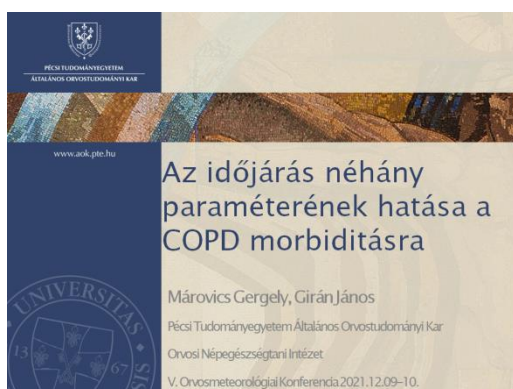
BEVEZETÉS. A Föld éghajlata és időjárása jelentős hatással vannak az emberi egészségre, amelynek jelentősége az éghajlatváltozással összefüggésben a jövőben várhatóan növekedni fog. Napjainkban számos tanulmány foglalkozik az éghajlatváltozás és az időjárásváltozások többlethalálozásra gyakorolt hatásaival. A krónikus betegségtünetek megjelenése vagy súlyosbodása az időjárásváltozással összefüggésben azonban lényegesen kevesebb figyelmet kap. Tanulmányunkban egy olyan kutatás előzetes eredményeit mutatjuk be, amely a Pécsi Tudományegyetem Általános Orvostudományi Kar Sürgősségi Betegellátási Tanszékén a napi sürgősségi ellátások és az időjárásváltozás kapcsolatát vizsgálja betegcsoportonként.

MÓDSZEREK. Az adatelemzés során különös figyelmet fordítottunk azokra az időjárási eseményekre, amelyek a klímaváltozás közvetett vagy közvetlen hatásainak tekinthetők. A leíró adatelemzést követően kiegészítő tesztet, korrelációelemzést és kockázatbecslést végeztünk.

EREDMÉNYEK. Eredményeink alapján megállapítottuk, hogy az alacsony hőmérséklet és harmatpont, valamint a magas légköri nyomás a napi sürgősségi látogatások kockázati tényezőjeként azonosítható. A krónikus obstruktív tüdőbetegség (COPD) morbiditása esetében az alacsony hőmérsékletet és harmatpontot, a gyenge szélsébséget, a nagy mennyiségű csapadékot és a magas légköri nyomást azonosítottuk kockázati tényezőként. Ezzel szemben a magas hőmérsékletet és harmatpontot, az erős szelet és az alacsony légköri nyomást a COPD-vel kapcsolatos sürgősségi látogatások lehetséges védőfaktoraként azonosítottuk.

KÖVETKEZTETÉS. Eredményeink fényében célunk olyan védőintézkedések kidolgozása, amelyek az időjárás-előrejelzés növekvő pontosságát kihasználva csökkenthetik az egészségügyi kockázatokat.

A KONFERENCIÁN BEMUTATOTT DIÁK



Célkitűzések

- ♦ PTE ÁOK SBO betegforgalmi adatainak...
- ♦ ...és a meteorológiai adatok egyidejű elemzése
- ♦ Fókuszban az időjárási paraméterek szélsőségei és a betegforgalmi adatok → COPD
- ♦ Egészségvédelmi intézkedések kidolgozása

www.aok.gtc.hu

Anyagok és módszerek I.

- ♦ Pécs–Pogány meteorológiai mérőállomás napi adatai (2017)
 - ♦ Minimum-, maximum-, és átlaghőmérséklet
 - ♦ Harmatpont
 - ♦ Csapadék mennyiség
 - ♦ Légnyomás a tengerszinten és az állomás szintjén
 - ♦ Átlagos és maximum szélsősebesség
 - ♦ Származtatott adatok:
 - ♦ Az egyes paraméterek napról napra történő változásai

www.aok.gtc.hu

Anyagok és módszerek II.

- ♦ Extremitások:
 - ♦ 5., 10., 90., 95. percentilis értékek használata
- ♦ A változók dichotomizálása:
 - ♦ A vizsgálni kívánt szélsőség mindig 1-es kód, a többi 2-es

www.aok.gtc.hu

Anyagok és módszerek III.

- ♦ PTE ÁOK SBO napi betegadatai (2017)
 - ♦ Nem
 - ♦ Születési idő
 - ♦ Felvétel és elbocsátás időpontja
 - ♦ A beutaló azonosítója
 - ♦ Diagnózisok (BNO-10)
 - ♦ Triage

www.aok.gtc.hu

Anyagok és módszerek IV.

- ♦ COPD esetek szűrése:
 - ♦ Ha a BNO-10 kódok bármelyike J44x=1, a többi 2-es kód

www.aok.gtc.hu

Anyagok és módszerek V.

- ♦ Kersztábrlás elemzés
- ♦ Khi négyzet próba
- ♦ Korreláció
- ♦ Rizikóbecslés

www.aok.gtc.hu

Eredmények I.

	d_ta (°C)	d_tx (°C)	d_tn (°C)	d_td (°C)	d_ap (hPa)
Átlag	11,73	16,38	7,01	5,36	993,75
Min	-10,83	-7,39	-14,38	-20,28	970,5
Max	29,72	36	24,39	19,4	1012,4

d_ta: napi középhőmérséklet
 d_tx: napi maximum-hőmérséklet
 d_tn: napi minimum-hőmérséklet
 d_td: napi harmatpont
 d_ap: napi légnyomás

www.aok.gtc.hu

Eredmények II.

	d_ta (°C)	d_tx (°C)	d_tn (°C)	d_td (°C)	d_ap (hPa)
5.p.	-4	-0,89	-7,28	-6,83	983,3
10.p.	-0,67	2	-4	-4,4	985
90.p.	24,06	30	17,1	14,94	1002,8
95.p.	25,94	32,39	19	16,4	1005,3

d_ta: napi középhőmérséklet
 d_tx: napi maximum-hőmérséklet
 d_tn: napi minimum-hőmérséklet
 d_td: napi harmatpont
 d_ap: napi légnyomás

www.aok.gtc.hu

Eredmények III.

	Napi esetszám	COPD esetek
Sum	51436	1076
Átlag	140,92	3,32
Medián	137	3
Szórás	22,7	2,19
Min	92	0
Max	229	12

www.aok.gtc.hu

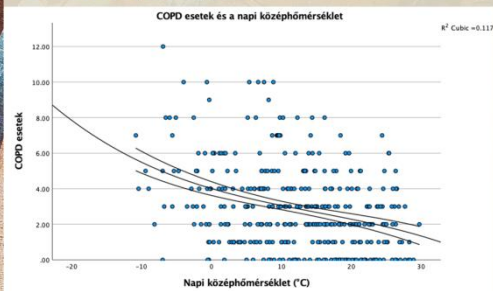
Eredmények IV.

A COPD esetek tekintetében:	OR	95% CI
d_ta ≤ -4 °C (5. Percentilis)	1.767	1.428 – 2.187
d_ta ≤ -0.667 °C (10. Percentilis)	1.604	1.353 – 1.900
d_tx ≤ -0.889 °C (5. Percentilis)	1.743	1.405 – 2.161
d_tx ≤ 2 °C (10. Percentilis)	1.450	1.208 – 1.740
d_tn ≤ -7.278 °C (5. Percentilis)	1.698	1.360 – 2.119
d_tn ≤ -4 °C (10. Percentilis)	1.611	1.364 – 1.903
d_td ≤ -6.83 °C (5. Percentilis)	1.795	1.445 – 2.228
d_apsl ≥ 1028.2 hPa (90. Percentilis)	1.535	1.294 – 1.821
d_apst ≥ 1002.8 hPa (90. Percentilis)	1.513	1.275 – 1.795
d_apst ≥ 1005.3 hPa (95. Percentilis)	1.626	1.309 – 2.021

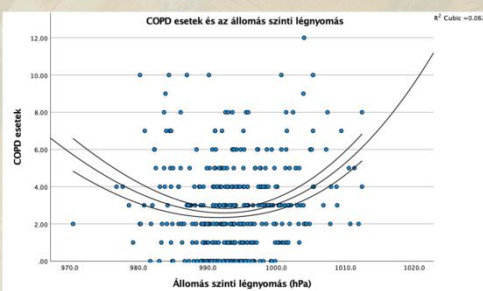
d_ta: napi középhőmérséklet
 d_tx: napi maximum-hőmérséklet
 d_tn: napi minimum-hőmérséklet
 d_td: napi harmatpont
 d_apsl: napi tengerszinti légnyomás
 d_apst: napi állomás szintű légnyomás

www.aok.gtc.hu

Eredmények V/a.



Eredmények V/b.



Eredmények VI/a.

		COPD eset		Összesen
		Igen	Nem	
Légnyomásváltozás	Legalább 4,8 hPa	136	4874	5010
		2,7%	97,3%	100,0%
	Kevesebb, mint 4,8 hPa	940	45486	46426
		2,0%	98,0%	100,0%
Összesen		1076	50360	51436
		2,1%	97,9%	100,0%

www.sok.ptc.hu

Eredmények VI/b.

Legalább 4,8 hPa légnyomás növekedés és a COPD esetek

Pearson-féle Khi négyzet próba	Phi együttható	OR	95% CI
10,507*	0,14*	1,350	1,125 – 1,620

*p = 0,001

Konklúzió

- ♦ Rizikófaktorok:
 - ♦ Hőmérséklet
 - ♦ Harmatpont
 - ♦ Légnyomás
 - ♦ Ajánlások:
 - ♦ Betegoktatás
 - ♦ Információ átadás a személyzet számára
 - ♦ Kapacitás tervezés
- www.sok.ptc.hu

További tervek

- ♦ A vizsgálat kiterjesztése:
 - ♦ Több éves intervallum
 - ♦ Új változók bevonása
 - ♦ Kontroll időszakok vizsgálata
 - ♦ Más betegcsoportok
- www.sok.ptc.hu



A BARLANGKEZELÉSEK HELYE A GYÓGYÍTÁSBAN

Nagy Katalin

Markhot Ferenc Oktatókórház Reumatológia
Eger, Fürdő utca 4., nagykatalindr@gmail.com

IRODALOM

Bender Tamás (szerk.), 2014: Balneoterápia és hidroterápia, Medicina, ISBN 978 963 226 473 8

Bender Tamás (szerk.), 2017: Bizonyítékokon alapuló fizioterápia, Medicina 2017, ISBN 978 963 226 6138

A KONFERENCIÁN BEMUTATOTT DIÁK

A barlangkezelések helye a gyógyításban

Dr. Nagy Katalin
Markhot Ferenc Kórház, Eger
Reumatológia



Orvosmeteorológiai konferencia
2021.12.10. online

A speleoterápia kezdetei II

Klutert barlang (Németország): bombázások elől a barlangba menekült bronchitises emberek javulását követően tudományos kutatások, mérések indultak el

Hazai kezdetek:

1549-ben Wernher György könyvében a szklenői izzasztó barlangról írt

Aggteleki Békebarlang feltáró munkálatai során a barlang sajátos mikroklímájára 1953-ban Jakucs László hívta fel az orvostudományok képviselőinek figyelmét, itt 1959 óta kezelnek betegeket

A barlangok klimatikus csoportosítása

- hidegérzetet keltő: poláris és szubpoláris, illetőleg a magashegységi övezetben nyíló barlangok, valamint a mérsékelt övi klimatartományban állandóan vagy időszakosan jéggel kitöltött barlangok. Hazánk területén ilyen nem található.
- hűvösérzetet keltő: mérsékelt övi kontinentális klimatartomány zömmel alacsony közephegységi övezetbe tartozó barlangok, pl. magyarországi karsztbarlangok, és az Európában légzőszervi megbetegedések gyógykezelésére alkalmasnak ítélt barlangok nagy része
- komfortérzetet keltő: mediterrán és a nedves szubtrópusi területek barlangjai, továbbá az ezeknél hűvösebb éghajlati övek termálbarlangjai
- melegérzetet keltő trópusi éghajlati öv barlangjai és a nagy hőfokú termálbarlangok

A speleoterápia kezdetei

Szpeleosz: barlang speleológia: barlangtan

Először a jégkorszakban időjárás elől menekültek a barlangokba

Az első feljegyzések a barlangok jó hatásáról az ókori római időkben: Hippokratész, Plinius

1654: Gaffael osztályozta a barlangokat természetes és mesterséges eredetük szerint.

1843-ban egy lengyel orvos, Feliks Bochkowsky írta le könyvében a sóbányák mikroklímájának az egészségre gyakorolt jótékony hatását. Attól fogva a légúti betegségekben szenvedő páciensek sóbányákba való lehozatala lassan elterjedt egész Kelet-Európában és a fürdőgyógyítás standard részévé vált.

Speleológia

Barlangterápia szempontjából négy klimatikus csoportba sorolhatók (Fodor István)

- Hidegérzetet keltő
- Hűvösérzetet keltő
- Komfortérzetet keltő
- Melegérzetet keltő

Speleoterápia I.

Barlangok különleges mikroklíma

Hőmérséklettől függően tüdő-, és mozgásszervi betegségek kezelésére alkalmas.

A barlangok hőmérséklete állandó.

Hideg barlangok: + 10 °C RR nő Kezelés: 4-5 óra

Indikáció: Asthma, chr. bronchitis

Ellenjav: emphysema, tüdőpangás, kardiális dekompensáció,

Meleg barlangok: + 40 °C RR csökken Kezelési idő: 20-40 perc

izomspazmus oldás, bőr vérkeringésének fokozása, testsúlycsökkenés folyadékvesztés miatt

Ellenjav: heveny gyulladás, malignus tu, osteomyelitis, graviditás, balneoterápia ellenjavallatai

Barlangkezeléskor érvényesülő hatások I

Állandó hőmérséklet: az időjárási frontok csökkent érvényesülése, ingerszegény környezet: kiküszöböli a meteoopathias tüneteket

Rendkívül magas relatív páratartalom: finom aeroszol formájában eljut a legkisebb légutakig.

A Ca-ban és Mg-ban gazdag aeroszol hat a hörgők nyálkahártyájára, s ott görcsöldő, gyulladáscsökkentő hatású, fokozza a kiválasztást

Por, csira és allergén mentes levegő: a bekerült por és csiraszemcsék a magas légnedvesség miatt a talajra csapódnak, ahol a savanyú vegyhatás gátolja a baktériumok szaporodását, csökken az újrafertőződés lehetősége

Barlangterápia Magyarországon

Ma Magyarországon öt gyógybarlang működik,

- Béke-barlang (Aggteleki karszt, Jósvafő)
- Tapolcai Kórház-barlang (Bakony, Tapolca)
- Szemlőhegyi-barlang, "Óriás folyosó" (Budai-hegység, Budapest)
- István-barlang, "Fekete terem" (Bükk-hegység, Miskolc-Tapolca-Lillafüred)
- Abaliget-barlang, "Gyógyterem" (Mecsek, Abaliget)

Barlangkezelés

- Kúraszerűen, évente 1x, 2x
- 2-3 hétig, naponta 2-4 óra,
- Orvosi javaslatra,
- orvosi kontroll, állandó felügyelet mellett (nővér, mentős)
- Légzőtorna, átmozgató gyógytorna, relaxáció
- Kezelés után pihenés



Barlangkezeléskor érvényesülő hatások II

Magas CO₂ koncentráció: izgatja a légzőközpontot, mélyebb légzés, az anyagcsere-folyamatok felgyorsulnak

Barlangi levegő magas negatív ionizációja: elősegíti a pozitív töltésű szemcsékkel szennyezett levegő tisztulását, feltehetően fokozza a nyákviválasztást, a hörgők öntisztulását

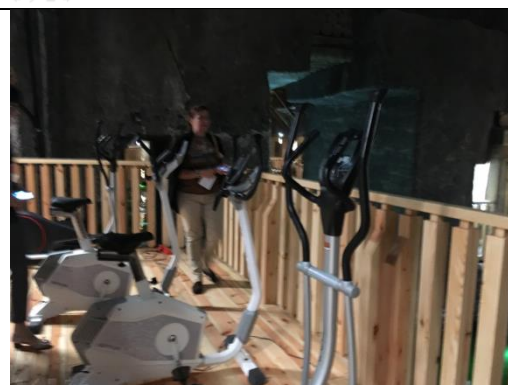
Hőmérsékletváltozások, jelentősebb légáramlások (szél), gyors légköri frontok, elektromos, barometrikus változások hiánya: stresszhatások kiküszöbölése, a szervezet megnyugtatása, a neuroendokrin szabályozás, biológiai ritmus helyreállítása, a vegetatív idegrendszer tónusának kiegyenlítődése.

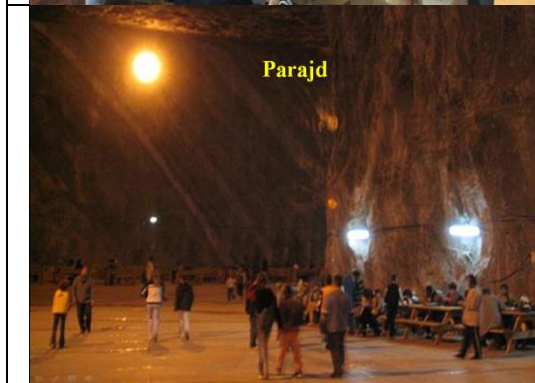
Tapolca, kórházbarlang



Szubterrán terápia

- Többnyire bányákban, mélyen a föld alatt végzett barlangkezelés
- A barlangteápia szokásos hatásaihoz hozzájárul a mélységből fakadó légnyomásfokozódás
- Wyliczka, sóbánya területén kialakított szubterrán légzőszervi gyógyászati központ





Sóbarlangban érvényesülő hatások

Kísérletekben bizonyították, hogy alacsony dózisu sós aeroszol jótékony hatással van a légúti betegségek falósejtjeinek aktivitására, ennél fogva a hörgők tisztulási folyamatára és a külső szennyeződések eltávolítására.

A só hatásai a hörgőkben:

a nyálkahártya által termelt nyákfilm anyagi tulajdonságait változtatja kedvező irányba (folyadék-levegő egyensúly),

csökkenti a hörgők nyálkahártyájának ödémáját, közreműködik a csillós hengerhámok működésének fokozásában,

baktériumölő hatású,

erősíti a légúti betegségek falósejtjeinek működését.



Hotel Flóra, Eger



Sóbarlangok

1839-től Feliks Bochowsky már légzőszervi betegeket kezelt a sóbányában

1950 óta a Klutert barlangban orvosi felügyelet mellett folytak a kezelések és kutatások

Az erdélyi sóbányák közül Parajdon történik földalatti gyógykezelés a sóbánya egyik elhagyott szintjén. Itt a speleoterápia az 1960-as években kezdődött, a régi Dózsa György bánya egyik bővített kamrarendszerében folyik

A sóbarlang érvényesülő gyógytényezők

A speleoterápia általános hatásai mellett speciális hatások:

A pára-kondenzátum kedvező összetétele: a levegőjében található szuszpenzióban levő parányi sórészecskéknek tulajdonítanak kedvező hatást.

Az aeroszol formájában úszó, apró NaCl kristályból álló részecskék 50%-a 5 mikron alatti méretű: így lehetővé válik behatolásuk légzőszervi, egészen az alveoláris szintig.

A belélegzett levegő magas NaCl-tartalma, ozmotikus hatása révén, magához vonzza a szöveti nedveket a hörgőrendszer falából.

Az ozmotikus hatás mellett, a hipertóniás váladék serkentő hatása a hörgők nyálkahártyájára, és elősegíti a váladékozást és a köpet eltávolítást.

Haloterápia

A görög *halosz* (só)

só, és egyik változatában ásványi anyagok száraz aeroszol részecskéit használja légúti megbetegedések gyógyítására.

Mesterséges körülmények között létrehozott speleoterápia.

A haloterápiát légúti betegségek gyógyítására ajánlják,

Ellenjavaslatok: tuberkulózis
láz állapot
heveny gyulladásos megbetegedések
fertőző betegségek
súlyos szívelégtelenség

Relatív ellenjavallat: terhesség, magas vérnyomás, daganatos betegségek





Barlangterápia az irodalomban

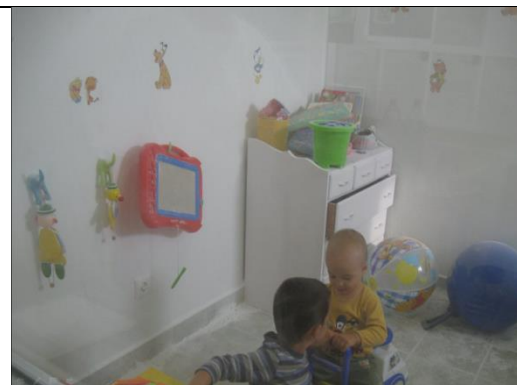
- USA-ban és Nagybritanniában gyakorlatilag ismeretlen, de Kelet- és Középeurópában széles körben elterjedt

- Magyar közlés: Horváth Tibor, *International Rehabilitation Medicine*, 1986;8(2):90-2

4000 beteg 10 éves kezelési eredményei a Tapolcai Kórházbarlangban, jelentős és hosszantartó klinikai javulás és a légúti obstrukció szignifikáns javulása, beleértve a FEV₁ javulását.

- Baemon S, Falkenbach A, Fainburg G, Lind K: Speleotherapy for asthma, Cochrane Database Syst Rev. 2000;(2):CD00174;

kontrollált klinikai tanulmányok metaanalízise: összesen 3 tanulmány felelt meg a kritériumoknak, 1 volt metodikailag elfogadható, 2-ben javulás rövid távon a tüdőfunkcióban. Konklúzió: a fellelhető, értékelhető tanulmányokban nem bizonyítható a hatás krónikus asztmában, randomizált, kettős vak vizsgálatok kellenek.



"A barlangterápia nem csodaszer, nem pótolhat hatásos gyógyszereket, eljárásokat, nem csökkenti az igényeket a terápiás és egyéb nyitott kérdések megoldása iránt, de hatásos, mellékhatásoktól mentes, kiegészítő eljárásnak tartjuk a krónikus, nem specifikus légzőszervi betegségek kezelésében ..."

(Dr. Horváth Tibor főorvos, a Tapolcai Kórház Barlangterápiái Részlegének volt vezetője)

Radon a barlangokban

A barlangokban, mint minden oldalról kőzetekkel körülvett terekben magas radon-koncentrációra lehet számítani.

Karsztos kőzetekben (pl. a hazai barlangok) kialakuló barlangokban az urán radioaktív bomlási sorában keletkező elemek a kőzetben maradnak, feldúsulhatnak, illetve tovább mozoghatnak. A viszonylag magas radon-koncentráció a légtér zártságának, a gyakran csekély mérvű légeserének és a barlangok sajátos légáramlási rendszerének köszönhető.

A barlangok radon szintje éves átlagban leggyakrabban a néhány kBq/m³-tól a több tíz kBq/m³, évszaktól függően változhat,

pl Tapolca: nyáron 11,5, télen 0,7 kBq/m³

Radontartalmú, meleg barlangok

Pl. Bad Gastein

2,5 km-re a hegy gyomrában

Meleg, nedves levegő (37-41,5 °C, 75-100% relatív páratartalom)

Radonkoncentráció: 40-160 kBq/m³

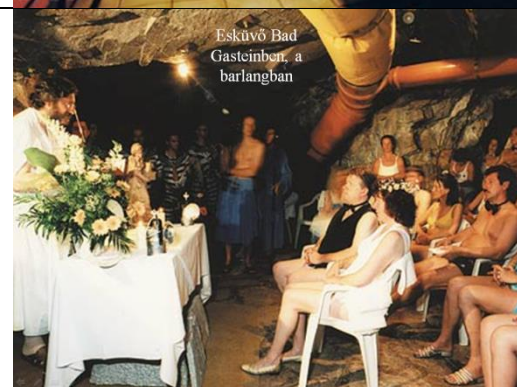
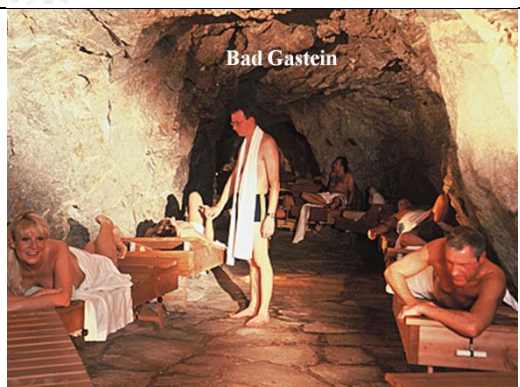
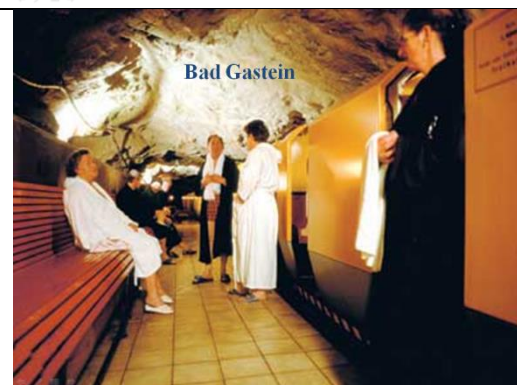
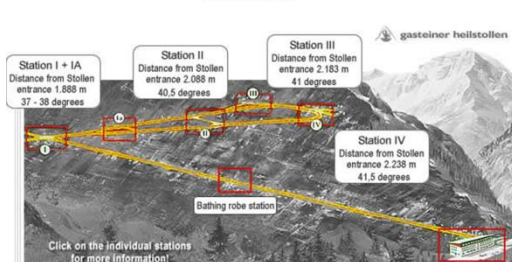
Indikáció: gyulladásos reumatológiai kórképek, elsősorban SPA

Kettős vak, randomizált vizsgálatok igazolták hatékonyságát és költség-hatékonyságát (Falkenbach és mtsai)

Nyugati betegbiztosítók finanszírozzák a kúrát!

Imunológiai kutatások: a kúra után Bechterewes betegekben szignifikáns TGF-β1(immunomoduláns, antiinflammatorikus citokin) emelkedés

Bad Gastein



Radon

A radon (Rn^{222}) alfa sugárzó nemesgáz, felezési ideje 3,8 nap

A talajból feltörve, forrásokból kioldódva kerül a környezetbe

A radioaktív háttérugrás körülbelül 40%-át a radon és rövid felezési idejű bomlástermékei okozzák, melyek mindig jelen vannak a lakóhelyiségek légterében és kisebb koncentrációban a szabad levegőben is: a szabad levegőn mért radon aktivitás-koncentráció mérsékelt égővi világátalaga 5 Bq/m³, a lakóhelyiségekben mért radon-koncentráció világátalaga 50 Bq/m³.

A belélegzett radon a bronchioláris és alveoláris hámszöveteket közvetlenül sugározza be, magasabb radonexpozíció esetén megnő a bronchuscarcinomák előfordulási gyakorisága

A radon orvosi felhasználása

Három formában:

- Radontartalmú gyógyviz (Eger, Rudas fürdő, Hévíz)

A radonfürdő során a vízben elnyelt radon a fürdővízből közvetlenül a bőrön keresztül szívódhat fel, míg a feltörő radongáz a medence feletti légterbe kerülve természetes inhalatóriumnak belélegezve fejti ki hatását

- Inhalatórium: radontartalmú barlangok, pl Bad Gastein
- Ivókúra

Mofetta

Sok CO₂-t tartalmazó, viszonylag alacsony hőfokú vulkáni kigőzölgés

Magyarország: Mátradereske,

Erdély (pl Torjai bűdösbarlang),

Olaszország

Mátradereske: 1999-ben gyógygáz minősítés

A mofetta javallatai

Végtagok chronicus obliteratív verőérbetegségei:

Fontaine szerint II-III-IV. stádium

Intenzív beavatkozás utáni állapot utókezelésére vagy amikor helyreállító műtét nem végezhető

Kapcsolódó egyéb betegségek közül:

Buerger-kór Angiopathiák Raynaud syndroma

Egyéb betegségek:

lágyszöveti reumatizmus, renyhe callusképződés és egyéb osteopeniás állapotok, impotencia, frigiditás, fagyás utáni állapot scleroderma

A radon biológiai hatásai

- Dózisától függően gátló hatásúak a bőr Langerhans sejtjeire
- Fájdalomcsillapító hatású (β-endorphinszint emelkedés)
- Javítja a kapillarisációt
- Vasodilatációt és tenziócsökkenést okoz
- Fokozza a húgysav kiválasztást
- Csökkenti a DNS szintézist
- Stimulálja a DNS repairt
- Fokozza a természetes killersejt aktivitást
- Stimulálja a gonadok és a pajzsmirigy működését
- Aktiválja a monocyta-makrophag rendszert

Radontartalmú barlangokban végzett kutatások, vizsgálatok

Pl. Tapolcai Kőrházbarlang,

Rendszeres radonmérés,

az ott dolgozók és a betegek sugárterhelésének mérése személyi doziméterrel,

3 éves vizsgálatosorozat: Nem volt összefüggés a betegek javulása és a radonkoncentráció között – sugárvédelmi megfontolások



Mátradereske

A mofetta kezelés ellenjavallatai

- Szívelégtelenség, magas vérnyomás (200/100 Hgmm felett)
- súlyos légzési elégtelenség
- veseelégtelenség
- acidózissal járó anyagcserezavar
- súlyos cerebrovaszkuláris ischaemia tünetei esetén
- thromboembolias állapotok
- Gyulladásoos, rosszindulatú daganatos betegségek, TBC
- hyperthyreosis
- gyakori eszméletvesztéssel járó állapotok, epilepsia
- menstruáció, terhesség
- psychopátia személyiségzavar
- alkoholizmus
- akut gastrointestinalis fekélyek
- 14 év alatti életkor



Torjai Bűdösbarlang

LÉTEZIK-E KRITIKUS HŐMÉRSÉKLET A SÜRGŐSSÉGI BETEGELLÁTÓ OSZTÁLYRA KARDIOVASZKULÁRIS PROBLÉMÁKKAL ÉRKEZŐK SZÁMÁRA NÉZVE?

Sipos Bence, Kreinicker Kata, Lovas Gábor, Sótónyi Péter, Szilágyi Brigitta

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Szegedi Tudományegyetem, Jahn Ferenc Dél-pesti Kórház és Rendelőintézet, Semmelweis Egyetem, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
bence.sipos.sb@gmail.com, kreinickerkata@gmail.com, lovasgab@hotmail.com, sotonyi@hotmail.com, szilagyibr@gmail.com

ÖSSZEFOGLALÁS. Régóta ismert, hogy az időjárás hatással van a kardiovaszkuláris betegségekben szenvedőkre is. Több tanulmány elemezte az egyes időjárási paraméterek kórképekre gyakorolt hatását, esetleg fogalmazott meg kijelentéseket a változás irányának a betegségekre gyakorolt hatásáról, de olyan értéket, amely alatt vagy fölött a bekövetkező események számában szignifikáns változás áll be, nem találunk. Új, pontosabb eredményeket adó matematikai módszerek alkalmazásával ezt végeztük el különböző klímaparaméterek esetén. Vizsgálatainkhoz több, mint 18 000, 2015 és 2019 között, a Jahn Ferenc Dél-pesti Kórház és Rendelőintézetben gyűjtött adatot vizsgáltunk. A Sürgősségi Betegellátó Osztályra került páciensek mindegyikénél valamilyen kardiovaszkuláris kórképet diagnosztizáltak.

ABSTRACT. It has long been known that weather has an impact on people suffering from cardiovascular diseases. Several studies have analysed the consequences of different weather parameters on disease patterns, and possibly have made statements about the effect of the direction of change in disease, but no values below or above a significant change in the number of events occurring can be found. We have done this using new mathematical methods that give more accurate results for different climate parameters. For our analyses, we examined more than 18,000 data collected between 2015 and 2019 at Jahn Ferenc Hospital. All patients admitted to the Emergency Department were diagnosed with some form of cardiovascular diseases.

BEVEZETÉS. Tanulmányok sokasága számol be különböző meteorológiai paraméterek bizonyos kardiovaszkuláris események mortalitására gyakorolt szerepéről [1]. Széles körben vizsgált például az aorta aneurysmák rupturájának esetén az időjárás, mint független környezeti tényező szerepe [2]. Bár ezen publikációk igen gyakran szignifikáns kapcsolatot írnak le egyes időjárási paraméterek és az aorta aneurysma rupturája között, mégsem vonható le belőlük egységes konklúzió. Hasonló jelenséggel szembesülünk akkor is, ha egyéb kórképek és az időjárás kapcsolatának milyenségéről kutatjuk a szakirodalmat. Jelen kutatásunk célja az volt, hogy ezen vélt vagy valós ellentmondásrendszer feltérképezzük, az eltérések okát megértsük. Először megvizsgáltuk, hogy korábban milyen hazai és nemzetközi kutatások folytak, azok milyen megállapításokat tettek. Magyarországon Boussoussou Nora munkatársaival a Semmelweis Egyetem Érsebészeti Klinikáján 343 kardiovaszkuláris esetet vizsgált meg az időjárás tekintetében. Eredményei szerint az esetszámokra erősen szignifikáns összefüggést mutató szezonális variancia jellemző. Hasonló szignifikáns összefüggést a frontok esetében nem írtak le, azt viszont megállapították, hogy a napi esetszámok növekedésével korreláció van. Ugyanakkor a napi hőmérséklet- és légköri nyomásingadozás, valamint a napi kardiovaszkuláris esetszámok között szignifikáns kapcsolatot írtak le. [3] Ugyancsak ez a kutatócsoport 2009-2013 között közel 6500 esetet vizsgált meg, szintén a Semmelweis Egyetem Érsebészeti Klinikáján. Az előző eredmények mellett kapcsolatot találtak a szélsőbesség és a relatív páratartalom, valamint a napi esetszámok között is. [4]

Kínai kutatók azt vizsgálták, hogy milyen meteorológiai jelenségek esetén kerülnek kardiovaszkuláris problémákkal sürgősségi osztályra a betegek. Nézték a hőmérséklet, a relatív páratartalom, a nyomás, az átlagos szélsőbesség és a csapadék hatását, emellett elemezték a légszennyezettséget is. Adataik a 2009–2012 közötti intervallumra vonatkoznak. A Péczely-féle makroszinoptikus osztályozáshoz hasonlóan összetett meteorológiai mintázatokat vizsgáltak a Lamb-Jenkinson-besorolás szerint. Ugyanakkor érdemes megjegyezni,

hogy ezt a tipizálást a Brit-szigetekre készítették, ezért ennek szárazföldi alkalmazása megkérdőjelezhető. Vizsgálataik szerint a szélsőséges hőmérsékletek, alacsony páratartalom, erős szél és nagy nyomáscsökkenés a kardiovaszkuláris betegségek (CVD) esetszámának emelkedéséhez vezet. Az idősek rövidtávon hatást gyakorolt a PM_{2.5} por mint légszennyező anyag jelenléte is. A Lamb-féle N besorolás valószínűleg a légszennyezettségen keresztül befolyásolta a kardiovaszkuláris esetszámokat. Ez az időjárás típus a Péczy-féle besorolásban körülbelül a 2-es (AB, anticiklon a Brit-szigetek térségében) típusnak feleltethető meg: élénk északi-, északnyugati áramlás, az év túlnyomó részben hidegebb levegő jellemző mindkettőre. [5]

Gumbretiére munkatársaival Franciaországban vizsgálta az időjárás és az érrendszeri megbetegedések kapcsolatát. Azt tapasztalták, hogy az akut aorta szindrómák számát a hét napon belül bekövetkező, 5 °C-nál nagyobb hőmérsékletesítés szignifikánsan megemeli. Azonban azt fontos megemlíteni, hogy csak 140 esetet vizsgáltak meg. Ha 2–4 kPa közötti nyomáscsökkenés volt, akkor 3 napon belül megnövekedett az akut aorta szindrómák kockázata. Ez az állítás fordítva is igaz: a nyomásnövekedés az esetszám csökkenéséhez vezetett azonban sokkal kisebb mértékben. [6]

ADATOK. A sürgősségi osztályról származó adatokhoz hozzáférést a Jahn Ferenc Dél-pesti Kórház és Rendelőintézetől kaptunk. Az adatbázis 153 024 esetet tartalmaz, 2015. január 1. és 2019. december 31. közötti időszakból. Ezen időszak 1 821 napjára átlagosan napi 10,35 kardiovaszkuláris eset jutott. Fontos megjegyezni, hogy annak megállapítása, hogy melyik eset milyen nagyobb kategóriába sorolható, nehéz feladat és az orvostársadalmat is sok esetben megosztja. Minden, a Sürgősségi Betegellátó Osztályra (SBO) bekerülő páciens két BNO-kóddal jellemeznek. A BNO-kódok, vagy hosszabb nevükön a betegségek nemzetközi osztályozására használt kódrendszer, lehetővé teszi az egyes

problémák rövid leírását. A BNO-kódok hátránya viszont az, hogy sok esetben nem teljesen egyértelmű, hogy egy-egy beteghez pontosan melyik kódot rendeljék, mert a kódolásban redundancia található, illetve sok esetben nagyon nehéz, vagy szinte lehetetlen megállapítani, hogy pontosan hová lehet az adott tünetegyüttest sorolni. Ezek alapján nemcsak egyszerűen az adott BNO besorolások mentén osztottuk részekre az adatbázist, hanem szakorvosi segítséggel nagyobb csoportokkal is számoltunk. Ennek több előnye adódott, ezeket később a számításokkal foglalkozó részben bővebben is

1. táblázat

Vizsgált évek hóhullámos napjai

Év	Elsőfokú hóhullám	Másodfokú hóhullám	Harmadfokú hóhullám
2015.	12	21	16
2016.	8	6	1
2017.	14	13	3
2018.	14	19	5

kifejtjük. A másik elengedhetetlen adatforrásunk az Eötvös Loránd Tudományegyetem Meteorológiai Tanszéke volt. Ezek mellett egy rövidebb időszakra (4 év) vonatkozó pontos meteorológiai és légszennyezési adatok is a rendelkezésünkre álltak, így azok hatását is vizsgáltuk. A hóhullámokra különös figyelmet fordítottunk, ugyanis az utóbbi évtizedben azok gyakorisága és intenzitása jelentősebb, és ez komoly népegészségügyi kockázatot rejt magában. Hivatalosan a hóhullámos napokat a napi átlaghőmérséklet értékek alapján állapítják meg, azonban a hétköznapi szóhasználatban gyakran a napi maximum hőmérséklet adatokat veszik alapul. Így jöhetnek ki – tévesen – olyan megállapítások, hogy egy évben akár egy hónapnyi is lehet a harmadfokú hóhullámos napok száma. Mindezeket figyelembe véve, a napi átlaghőmérséklet alapján megvizsgáltuk az első-, másod- és harmadfokú hóhullámokkal jellemezhető napok arányát. A vizsgált időszak 3,4%-át tették ki az elsőfokú, 3,54%-át a másodfokú és 1,77%-át a harmadfokú hóhullámos napok. Itt láthatjuk, hogy a napi átlaghőmérsékletet figyelembe véve harmadfokú napokból mindössze 1-5 van egy évben. A 2015-ös év produkált kiugró értéket, de még ebben az esetben sem beszélhetünk egy hónapnyi harmadfokú hóhullámos napról. Városokban ezek az értékek még nagyobbak lehetnek a hőszigetek miatt. Ezeknek a hátterében leginkább a sűrű beépítettség, az alacsony növényborítottság és a burkolatok állnak. Az 1. táblázat a vizsgált időszak első-, másod- és harmadfokú hóhullámainak számáról ad tájékoztatást.

SÜRGŐSSÉGI BETEGELLÁTÓ OSZTÁLYRA ÉRKEZŐKRE VONATKOZÓ LEÍRÓ STATISZTIKÁK. A továbbiakban az SBO-ra érkező betegek elosztását fogjuk különböző szempontok szerint jellemezni. Az 1. ábra a különböző vaszkuláris betegségtípusok megoszlását mutatja az életkor szerint.

Kezdetben 4 főcsoportra osztottuk a betegeket, melyet később tovább finomítottunk 15 alcsoportra, mivel a 4 főcsoportba történő besorolás túl sok, egymáshoz csak lazán, vagy egyáltalán nem kapcsolódó kórképet foglalt magába. Az egyes kórképek aránya nagyban eltért, a kardiovaszkuláris csoport viszont kiemelkedően magas elemszámú volt, ami jól alátámasztja, hogy Magyarországon rengetegen küzdenek ilyen jellegű problémákkal. A Központi Statisztikai Hivatal 2019-es felmérése alapján:

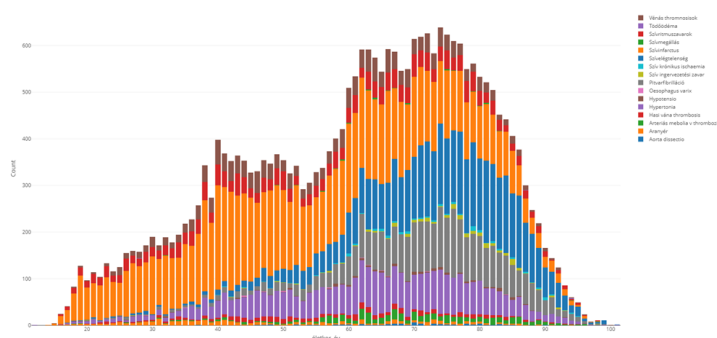
(https://www.ksh.hu/infografika/2020/szivunk_napja_2020.pdf)

például ez a terület felelt a halálozások 49%-áért.

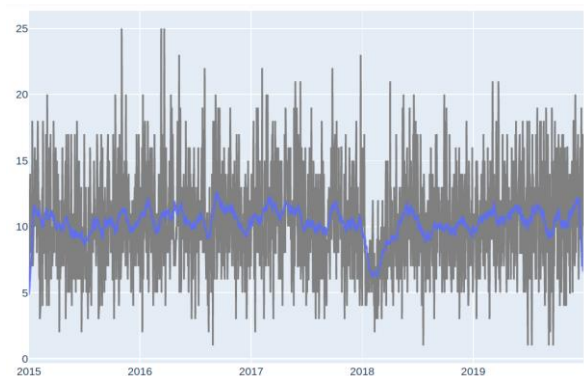
Az általunk alkalmazott besoroláskor létrejövő csoportok közül csak a számunkra legfontosabbat mutatjuk be bővebben. Ebbe a csoportba több BNO-kód betegségei kerültek:

- szívinfarktus,
- stroke,
- cardiomyopathia,
- arteriás embolia vagy thrombosis,
- vénás thrombosisok,
- hasi véna thrombosis.

Ezek a vizsgált 5 évben 18 848 esetet jelentettek, ami a második legnagyobb lett az általános tüneteket összefogó csoport után. Ezen utóbbi csoport azonban inkább egyfajta gyűjtőként funkcionál, a viszonylag jól besorolható kórképek komplementere. A harmadik helyen a neurológia áll több mint 17 ezer beteggel. Ez is mutatja a kardiovaszkuláris és a neurológiai kórképeket magába foglaló csoportok elemzésének relevanciá-



1. ábra. Vaszkuláris betegségtípusok megoszlása



2. ábra. A napi esetszám a vizsgált időszakban

ját. A kardiovaszkuláris csoportnál érdemes még az időbeli eloszlást is megvizsgálni. A 2. ábra a napi esetszámokat mutatja az elemzett időszakban.

A jobb átláthatóság miatt az ábrán nemcsak az aktuális napi értékeket jelöltük, hanem késsel az egyhónapos mozgóátlagot is berajzoltuk, hogy az átlag változására jellemző mutatót is tudjuk így vizualizálni. Jól kivehető, hogy a napi esetszámnak nagy a szórása (a 3,8 a szórás, 10,35-as átlaghoz képest nagyon magas), ami a későbbiekben a számításoknál komoly nehézségeket okozott. A mozgó átlagban nagy visszaesés látható 2018. januártól áprilisig. Ebben az időszakban egy felújítás történt, ami a kapacitás csökkenésével járt, így a betegek ellátását más kórházak vették át.

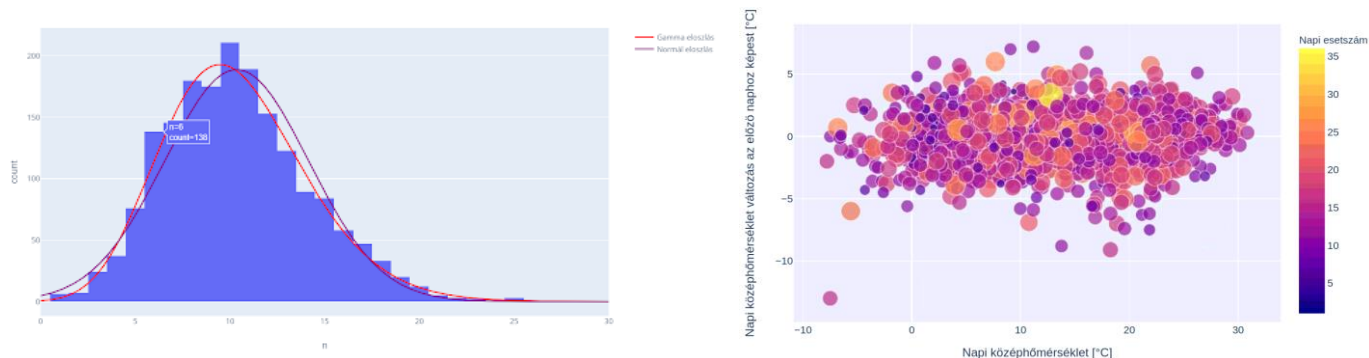
A napi esetszámokban jelentősebb periodicitás nem figyelhető meg, de később ezt számításokkal alá is támasztjuk. Érdemes megvizsgálnunk még a napi esetszámok eloszlását. A legtöbb esetben azt feltételezzük, hogy az ilyen típusú események normál eloszlást követnek, ezzel szemben vizsgálataink azt mutatták, hogy a gamma eloszlás (alfa = 19,06; béta = 0,872; loc = -6,26) kisebb hibával illeszthető adatainkra. Az eltérést nem találtuk jelentősnek, így később több módszer esetén is normál eloszlással (átlag = 10,35; szórás = 3,80) dolgoztunk. A 3. ábrán azt tüntettük fel, miként illeszthető gamma-, illetve normális eloszlás az esetszámokra.

Mivel a naponként ellátásra kerülő páciensek száma csak egész lehet, így használhatnánk megfelelő diszkrét eloszlásokat is. Jelentős javulást ezek esetén sem találtunk a későbbi számításaink során, viszont a használt programozási csomagok sokkal kevésbé tudták jól használni ezeket, így ezt az utat elvetettük.

ADATFELDOLGOZÁSI MÓDSZEREK. Ebben a részben a későbbi vizsgálatokhoz használt módszereket fogjuk röviden bemutatni. A feldolgozást jelentősen nehezíti az adatok nagy szórása, így nincs lehetőség sok tradicionális módszer használatára. A fentebb is említett kis esetszámok okozta nehézséget kezelni kell. Ha csak néhány esemény történik naponként, akkor azok a napok, amelyeken egy-két beteggel több jelenik meg a rendelőkben, kiugró értéként jelentkezhetnek, pedig a probléma jellegéből fakadóan az esetszámok csak egész számokkal változhatnak. Ezért adódhat az, hogy akár még több száz, vagy néhány ezer fős mintán vizsgálódva is, a lehetőségek nagy száma okán – gondoljunk bele, hogy a Péczely-féle makroszínoptikus osztályozásnak is 13 klasztere van – olyan eredmények születhetnek, amelyeket fenntartással kell kezelnünk.

ISOLATION FOREST

Az isolation forest egy anomáliákat és hibás kiugró értékeket kereső módszer. Nagy előnye számos más anomáliadetektáló módszerhez képest, hogy magas dimenziójú adatokon is képes működni, ami a mi esetünkben a rengeteg időjárási paraméter figyelembevétele miatt elengedhetetlen. A módszer a kiugró értékeket bináris fák építésével találja meg, olyan módon, hogy azt mondja, azok a pontok a kiugróak, amelyeket könnyű szeparálni a többi adattól. A bináris fát véletlenszerűen építi a módszer, oly módon, hogy először választ egy attribútumot (vagy dimenziót), majd ezt egy véletlen küszöbértékkel elszeli. A létrejövő részeket ezt követően addig darabolja tovább, ameddig az egyes létrejövő csoportokban 1-1 elem, vagy több azonos értékű elem lesz. Annak megállapítása, hogy mely értékek jelentek meg anomáliaként a rendszerben, az átlagos úthosszból állapítható meg. Ha számos random fát építünk, akkor az egyes pontok szeparálhatósága,



3. ábra. Napi esetszámok hisztogramja és az azokra illesztett gamma, illetve normál eloszlás

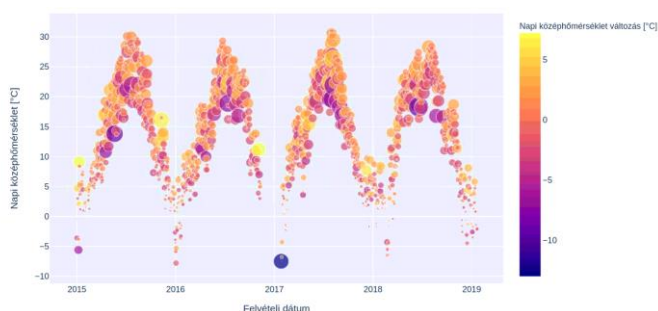
4. ábra. Hőmérsékletváltozás a hőmérséklet függvényében, a napi átlaggal színezve és méretezve

az épített fák átlagos mélységével arányos. Ezt úgy képzelhetjük el, hogyha kicsi ez a szám, akkor könnyen szeparálható egy pont, ami az anomáliára utalhat, ezzel szemben, ha az érték nagy, akkor nehezen lehetséges csak a többi ponttól elkülöníteni a vizsgált pontot.

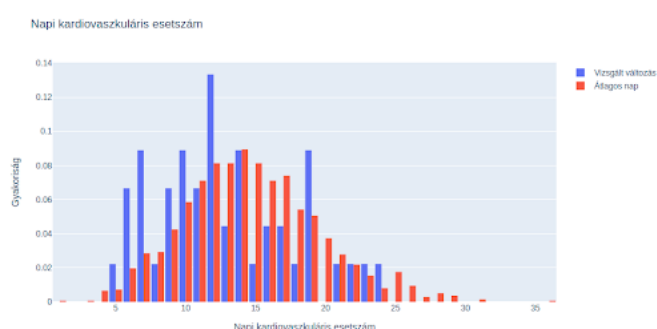
AUTOKORRELÁCIÓ ÉS SZEZONALITÁS VIZSGÁLAT. A vizsgált jelek sok esetben periodikusak, ezt a periodicitást több dolog is okozhatja, a mi esetünkben például az, hogy a Sürgősségi Betegellátó Osztály nyitvatartása miként változik. Elengedhetetlen, hogy ennek figyelembevételére vizsgálatokat végezzünk, mert enélkül könnyen romolhatnak a felállított modelljeink. Annak megállapítására, hogy egy jelben található-e periodikus minta, az autokorreláció módszere kiválóan alkalmas. Ez a módszer azon alapul, hogy a jelet saját eltolásával korreláltatjuk. Ennek eredményeként visszakapunk egy összefüggést az időbeli eltolások és a jel saját magával vett korrelációja között. Ezt ábrázolva jól látható, ha a jelben ismétlődő mintázat található. [6]

A periódus hosszának megállapítása után már lehetséges szezonális dekompozíciót végezni. Ennek a módszernek az a célja, hogy a bemenő jelet komponenseire bontsa. A bemenő jel három komponens összegeként áll elő: a periodikus rész, a trend és a maradó hiba. A periodikus rész mutatja meg, hogy milyen ismétlődő minta van a jelünkben. Ilyen ismétlődő minták lehetnek például a hőmérséklet változásában az évszakok. A trendet mint egy mozgóátlagot képzelhetjük el, ezzel lehetséges az időbeli változások lekövetése. (Például a hőmérsékletnél a globális felmelegedés miatti átlagemelkedés.) A maradó hiba, mint a neve is mutatja, a trend és a periodikus rész összege, és a bemenő jel közti részt hivatott kitölteni. Ezt a részt próbáljuk a modellillesztés során minimalizálni. [7]

Bayesiánus statisztikai modellek A bayesiánus statisztika segítségével elvárásokat vagy hiedelmeket ellenőrizhetünk. Ilyen elvárás a mi dolgozatunkban például, hogy a frontos napokon magasabb a betegek száma. Ez egy, az orvosok és a betegek által is érzékelt dolog, viszont ennek bizonyítása nem egyszerű feladat. Elég abba belegondolni, hogy a frontos idő miatt fejfájással dolgozó orvos számára mennyivel többnek tűnhet egy ilyen nap betegforgalma. (A későbbiekben belátjuk, hogy a front ténylegesen hatással van a betegek számára, de ezt még itt nem tudhatjuk.) A módszer a nevét Thomas Bayes-ről kapta, aki egy nonkonformista lelkipásztor volt, de matematikusként is elismerést szerzett. A tanulmány a problémamegoldás valószínűségelméleti megközelítéséről című munkájában találjuk a később róla elnevezett Bayes-tételt is, ami ezen statisztika alapjául szolgál. Pierre-Simon Laplace később továbbgondolta ezt a területet, és létrehozta a valószínűségi bayesiánus interpretációt. Laplace nagy szerepe miatt sok helyen az ő nevét is megtaláljuk a módszer elnevezésében. Bayes továbblépett a hagyományos gyakoriságalapú statisztikától; megközelítése szerint szubjektív valószínűségek is kezelhetők matematikai valószínűségeként. A Bayes-tétel kimondja, hogy ha ismert két esemény (A és B) valószínűsége, és egyik sem nulla, illetve ismert $P(B|A)$ feltételes valószínűség, akkor: $P(A|B) = P(B|A) \times P(A)/P(B)$. Tehát a $P(A)$ priori valószínűség és az ismert $P(B|A)$ feltételes valószínűség szorzata elosztva a $P(B)$ valószínűséggel megadja a $P(A|B)$ posteriori valószínűséget. A 20. században Bruno de Finetti olasz valószínűségi statisztikus és aktuárius szállt síkra a szubjektív valószínűségek alkalmazásáért a gyakoriságalapú valószínűségek mellett. Mára a bayesiánus gondolkodás számos alkalmazásával találkozunk a tudományban, az időjárás-előrejelzésben, de még az igazságszolgáltatásban is.



5. ábra. Hőmérsékletváltozás a dátum függvényében



6. ábra. A nagy változással járó és normál napok esetszám hisztogramja

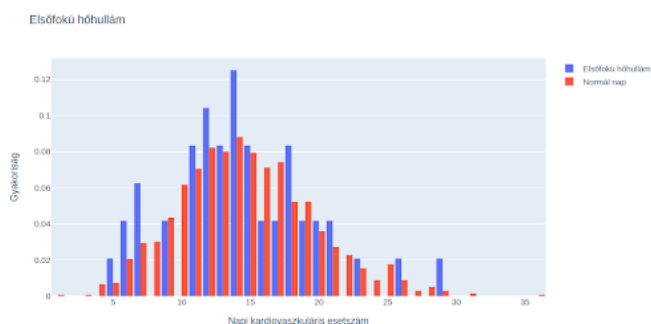
Napközi változékonyság. Eddigi vizsgálataink azt támasztják alá, hogy az időjárás változékonysága rossz hatással van a kardiovaszkuláris megbetegedésekre. [8] Az azonban, hogy a hőmérsékletváltozás milyen irányú, élettani szempontból nem mindegy. Nyáron, amikor magasabb az átlaghőmérséklet és a vérerek tágabbak, várhatóan rosszabb hatással van egy hirtelen hőmérsékletcsökkenés, ami érszűkítően hat, mint egy ugyanolyan mértékű hőmérsékletnövekedés. És ugyanez várható fordított esetben is. Hidegebb hőmérséklet esetén a szűkebb vérerekre az ugyanakkora mértékű értágító hatású hőmérsékletnövekedés egészen más hatást gyakorol, mint a további hőmérsékletcsökkenés. Grubich Vilmos vizsgálataiban ugyan nem a kardiovaszkuláris eseteket tanulmányozta, de általánosságban alátámasztotta ezt a hipotézist, miszerint télen inkább emelkedő, nyáron pedig a süllyedő hőmérséklet gyakorol nagyobb hatást az emberi szervezetre. [7] Ezzel szemben a mi számításaink (4. ábra) első ránézésre nem mutatnak szoros kapcsolatot a napközi hőmérséklet változékonysága és a kardiovaszkuláris esetszámok között. Ezt magyarázhatja az is, hogy napjainkban egyre kevésbé vagyunk kitéve a külső környezet hőmérsékletváltozásainak, napjainkat – különösen idősebb korban – közel azonos hőmérsékletű, zárt terekben töltjük. A vizsgált időszakra vonatkozó átlaghőmérsékletből (13,49 °C) kiindulva meleg napoknak azokat tekintettük, amelyek ezt az átlagot legalább 9 °C-kal meghaladták, hideg napoknak pedig azokat, amelyek az átlaghőmérsékletnél minimum 9 °C-kal alacsonyabb napi átlaghőmérséklettel jellemezhetőek.

A fenti ábrán az esetszámokat a színek mellett a pöttyök területével is vizualizáltuk. Egy k -szor nagyobb esetszámot k -szor nagyobb területű pötty jelenít meg.

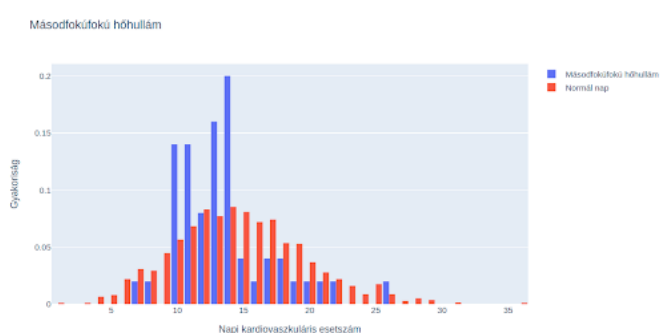
Közelebbről megvizsgálva további érdekességet tapasztaltunk: várakozásainkkal ellentétben ezek a nagy napközi hőmérséklet-változékonysággal jellemezhető napok nem az esetszámok növekedéséhez, hanem azok csökkenéséhez vezettek. Ezt figyelhetjük meg az 5. és 6. ábrán. Azonban azt is fontos megjegyezni, hogy ehhez mindössze 45 nap adata állt rendelkezésünkre, másrészt érvényesülhet annak a hatása is, hogy a szélsőséges napokat sokkal inkább a külső környezettől szeparálva töltik az emberek, így a tényleges változások hatása nem érvényesülhetett. Az 5. ábrán az idő függvényében tüntettük föl a napi középhőmérsékletet, miközben a napi középhőmérséklet változását az ábrázoláshoz használt pöttyök színe mutatja. A pöttyök mérete arányos az adott napi középhőmérséklet-változást mutató napok számával. 2017 januárjában az elmúlt 3 évtized leghidegebb hónapját tapasztalhattuk. Az 5. ábrán látható 2017. januári esetszám-növekedést a szokatlanul hideg időjárás magyarázhatja.

A 6. ábrán kékkel jelöltük a nagy napközi hőmérsékletváltozással bíró napokat, pirossal az átlagosakat. Jól látható, hogy a kék oszlopok magassága inkább a 12, vagy annál kevesebb esemény esetén haladja meg a piros oszlopok magasságát, azaz mutat nagyobb gyakoriságot.

HŐHULLÁMOK. A hőhullámokra kiemelt figyelmet fordítottunk annak ismert, egészségre gyakorolt hatásai miatt. Megvizsgáltuk, hogy a hőhullámokkal jellemezhető napok és a kardiovaszkuláris megbetegedések között van-e valamilyen összefüggés. Az elvárt eredménnyel ellentétben azt tapasztaltuk, hogy az elsőfokú hőhullámok esetében nincs szignifikáns növekedés a kardiovaszkuláris esetszámokban. Ez jól látszódik a 7. ábrán is, ahol pirossal az átlagos, kékkel pedig az elsőfokú hőhullámos napokon bekövetkező események



7. ábra. Elsőfokú hőhullám és a normál napok eloszlása



8. ábra. Másodfokú hőhullám és a normál napok eloszlása

számának gyakoriságát tüntettük fel.

Másodfokú hőhullámok esetén kicsit összetettebb a helyzet. Ugyancsak nem állapíthatunk meg szignifikáns növekedést, azonban ehhez nagyon közel vagyunk. A Mann-Whitney U-teszt alapján p-értékre 0,06-ot kaptunk, ami nagyon közel van a 0,05-ös szignifikancia szinthez. További adatok bevonásával lehetséges, hogy szignifikáns kapcsolatot tárunk fel. (8. ábra)

Harmadfokú hőhullámok esetén szintén nem tapasztaltunk komolyabb összefüggést a napi kardiovaszkuláris esetszámok és a tartós magas hőmérséklet között (9. ábra). Ennek oka lehet az is, hogy az orvosmeteorológiai tájékoztatásoknak köszönhetően kiemelt figyelem övezi ezeket a napokat, az érintettek sokkal kevésbé kitettek a hőhullámok hatásainak: nem mennek ki, megfelelő mennyiségű folyadékot fogyasztanak.

Összességében elmondhatjuk, hogy a hőhullámokkal jellemezhető napok – habár az emberi egészségre hatást gyakorolnak – nem emelték meg a kardiovaszkuláris megbetegedések számát. Éppen ezért kutatásunk következő célkitűzése az lett, hogy megpróbáljunk meghatározni egy olyan hőmérsékleti küszöbértéket, amit kapcsolatba lehet állítani az általunk vizsgált esetszámokkal.

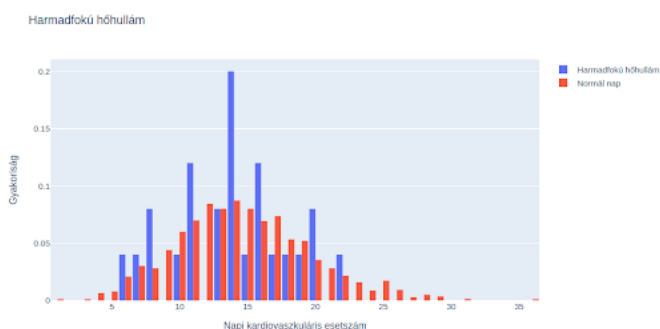
A HŐMÉRSÉKLETFÜGGÉS TOVÁBBI VIZSGÁLATA. A PyMC3 Python csomag lehetőséget ad annak vizsgálatára, hogy milyen küszöbérték darabolja az adatainkat legjobban. Ennek lényege, hogy egy olyan határértéket keres a rendszer, ami két olyan részre osztja az adatokat, amelyek távolsága a lehető legnagyobb. A számításainkat exponenciális-, gamma- és normális eloszlást feltételezve is elvégeztük. Minden esetben a küszöb előtti és utáni eloszlást azonosnak feltételeztük. A mintavételezést NUTS (No U-Turn Sampler) [8]

segítségével végeztük. (Az adatainkon a gradiens értelmezhető volt.) Mindhárom eloszlás esetén 4 °C közeli küszöbértéket kaptunk (gamma: 4,19; exponenciális: 4,03; normál: 4,05), és az ilyen érték mentén kettévágott adatcsoportok közt átlagosan több, mint napi 1 főnyi eltérést tapasztaltunk (10. ábra).

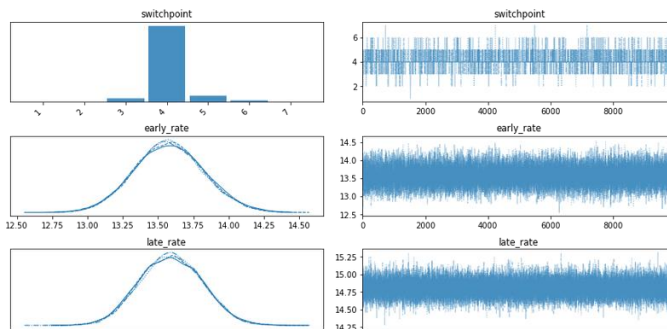
A hőmérséklethez hasonlóan a nyomás esetén is végeztünk hasonló számításokat. Ezek eredményeként azt kaptuk, hogy nem lehet meghatározni egyértelmű küszöbértéket. A relatív páratartalommal kapcsolatosan ugyanezt mondhatjuk el: ez esetben sem lehet egy egyértelmű határt húzni.

A szennyező anyagok esetében viszont már találtunk erősebb összefüggést. Amennyiben a levegő nitrogén-monoxid tartalma 8 mikrogramm fölé emelkedik köbméterenként, a kardiovaszkuláris esetszámok növekedése figyelhető meg. Átlagosan 2,56 fővel több megbetegedést regisztráltak ezekben a napokban. Az általunk vizsgált napok 5,67%-a (80 nap) volt a nitrogén-monoxid által szennyezettebb. Más szennyező anyagok esetében is találtunk összefüggést. A nitrogén-dioxid koncentráció köbméterenként 10,63 mikrogramm érték alatt eredményezett több kardiovaszkuláris megbetegedést. (A vizsgált napok 15,32%-a, 216 nap volt ilyen.) A CO_2 , SO_2 és O_3 esetében nem találtunk olyan értéket, amely jól kettéválasztaná az adott halmazunkat. A szél sebességét is megvizsgáltuk, azonban ezen adatok esetében sem találtunk egyértelmű küszöbértéket, ami felett vagy alatt jelentős esetszám gyarapodást jeleztek volna.

Összegzésképpen elmondhatjuk, hogy az egyes klímparaméterek közül a legnagyobb figyelmet a hőmérséklet vizsgálatára fordítottuk. Különös tekintettel voltunk a hőmérsékletváltozás irányára is. Eredményeink szerint a nagy napközi hőmérséklet-változékonysággal jellemezhető napok nem az esetszámok növekedés-



9. ábra. Harmadfokú hőhullám és a normál napok eloszlása



10. ábra. A CVD esetek gyakorisága a 4 °C -os határpont alatt, illetve felett (Normál eloszlást feltételezve)

ével, hanem azok csökkenésével vannak összefüggésben. Ugyancsak megvizsgáltuk a hőhullámos napokat is, hiszen ezek emberi szervezetre gyakorolt hatása ismert a hétköznapi napokban is, azonban a kardiovaszkuláris esetszámokkal nem találtunk szignifikáns kapcsolatot. Az időjárás különböző fizikai paraméterei esetében igyekeztünk meghatározni egy-egy küszöbértéket, amely felett vagy alatt az átlagosnál több esetszámot regisztráltak. A hőmérséklet esetében ez az érték 4 °C -ra tehető. Szintén sikerült kimutatnunk összefüggést egyes, a légkörben található szennyező anyagok koncentrációja és a napi CVD-esetszámok között. NO esetében a magasabb, míg NO_2 esetében az alacsonyabb koncentráció mellett mutattak több regisztrált megbetegedést az adatok. Más szennyező anyagok (CO_2 , SO_2 , O_3), valamint a nyomás, relatív páratartalom és szélsősebesség esetében viszont nem tudtunk egyértelmű küszöbértéket meghatározni. Munkánkban újszerű matematikai módszereket alkalmaztunk az elemzésre. Ennek köszönhetően pontosabb kijelentéseket tehetünk az időjárási paraméterek kardiovaszkuláris kórképekre gyakorolt együttes és egyenkénti hatásáról. A küszöbértékek általunk alkalmazott módszerrel történő meghatározására eddig még nem volt példa a szakirodalomban.

IRODALOM

- [1] Regina Hampel – Susanne Breitner – Regina Rückerl – Mark W Frampton – Wolfgang Koenig – Richard P. Phipps – H. Erich Wichmann – Annette Peters – Alexandra Schneider: Air temperature and inflammatory and coagulation responses in men with coronary or pulmonary disease during the winter season. Occupational and environmental medicine, 67. évf. (2010) 6. sz., 408–416. o.

- [2] *Alicja R. Rudnicka – Ann Rumley – Gordon D. O. Lowe – David P. Strachan*: Diurnal, seasonal, and blood-processing patterns in levels of circulating fibrinogen, fibrin d-dimer, c-reactive protein, tissue plasminogen activator, and von willebrand factor in a 45-year-old population. *Circulation*, 115. évf. (2007) 8. sz., 996–1003. o.
- [3] *Nora Boussoussou – Melinda Boussoussou – László Entz – Attila Nemes*: Occurrence of acute cardiovascular diseases under different atmospheric parameters. *Orvosi hetilap*, 155. évf. (2014) 27. sz., 1078–1082. o.
- [4] *Nora Boussoussou – Melinda Boussoussou – Gergő Merész – Márton Rakovics – László Entz – Attila Nemes*: Complex effects of atmospheric parameters on acute cardiovascular diseases and major cardiovascular risk factors: data from the cardiometeorology sm study. *Scientific reports*, 9. évf. (2019) 1. sz., 1–9. o.
- [5] *Jiangping Li – Yuxia Ma – Bowen Cheng – Yifan Zhang – Yongtao Guo – Yuxin Zhao*: Circulation weather types and hospital admissions for cardiovascular disease in Changchun, China. *Environmental Geochemistry and Health*, 2021., 1–15. o.
- [6] *Guillaume Guimbretière – Simon Nusinovici – Antoine Monnot – Jonathan Sobocinski – Thomas Sénage – Pascal Delsart – Pierre-Antoine Gourraud – Blandine Maurel*: Impact of relative change in temperature and atmospheric pressure on acute aortic syndrome occurrence in France. *Scientific Reports*, 10. évf. (2020) 1. sz., 1–7. o.
- [7] *Grubich Vilmos*: Az időjárás és az ember: a bioklimatológiai edzés általános és sportorvosi vonatkozásai. 1961, Medicina Kiadó
- [8] *Matthew D Hoffman – Andrew Gelman és mások*: The no-u-turn sampler: adaptively setting path lengths in hamiltonian monte carlo. *J. Mach. Learn. Res.*, 15. évf. (2014) 1. sz., 1593–1623. o.

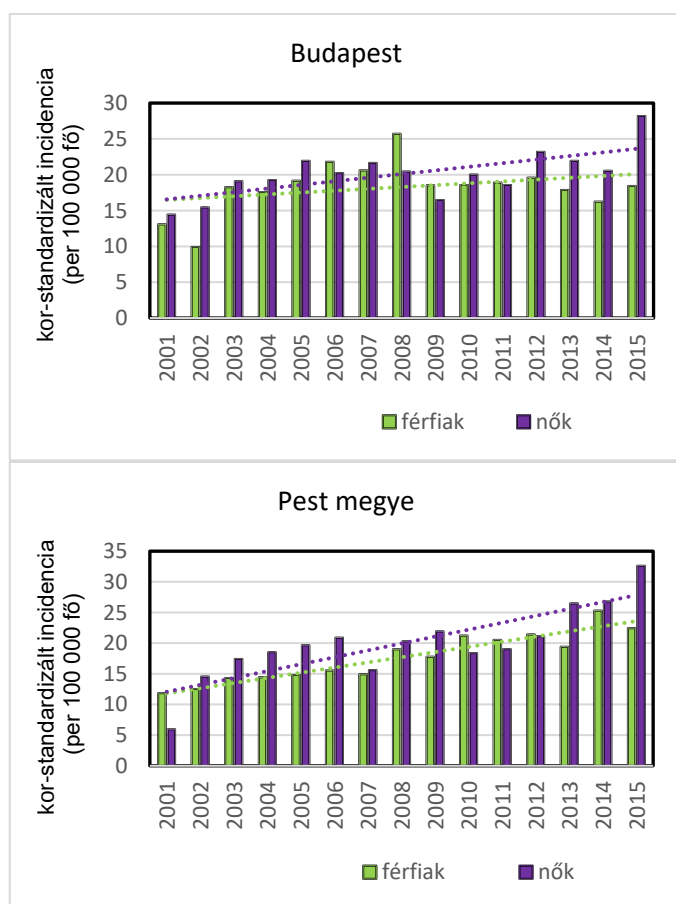
BŐRRÁK INCIDENCIA BUDAPESTEN ÉS PEST MEGYÉBEN 2001 ÉS 2015 KÖZÖTT**SKIN CANCER INCIDENCE IN BUDAPEST AND PEST COUNTY BETWEEN 2001 AND 2015****Stier Ágnes¹, Páldy Anna²**¹Semmelweis Egyetem Egészségtudományi Doktori Iskola, ²Nemzeti Népegészségügyi Központ

ÖSSZEFOGLALÁS. A melanoma és a nem melanoma típusú bőrrák incidenciája világszerte növekszik és az incidencia értékek Magyarországon is aggodalomra adnak okot. Mindkét típusú bőrrák kialakulásának hátterében elsősorban a megnövekedett ultraibolya sugárzás áll, azonban számos más faktor is befolyásolja a bőrrák kockázati tényezőit. Az egyéni érintettség okaiként korábbi kutatások genetikai, viselkedésbeli és társadalmi-gazdasági tényezőket is azonosítottak. E tényezők választ adhatnak mindkét bőrrák típus egyenlőtlen eloszlására Magyarországon. Kutatásunkban arra keressük a választ, hogy hogyan változik a bőrrák incidenciája időben és térben, milyen tényezők magyarázzák a gyakran azonos mennyiségű UV sugárzást kapó területek erősen eltérő incidenciáját. A kutatás során a Nemzeti Rákregiszterből származó melanoma (BNO-10 C43) és nem melanoma típusú bőrrák (BNO-10 C44) adataiból számolt standardizált korszpecifikus incidencia értékek időbeni trendjét elemeztük 15-64 évesek és 65 évnél idősebbek korosztályában, valamint nemek szerinti bontásban 2001 és 2015 között Budapesten és Pest megyében. A melanoma standardizált incidenciája mindkét típusú bőrrák esetében változatos képet adott 2001 és 2015 között. A melanoma esetében az incidencia a fiatalabb (15-64 évesek) korcsoportban ingadozott, azonban a 65 évesek körében Budapesten és Pest megyében is erősen növekedett. A nem melanoma típusú bőrrák esetében a fiatalabb generációban a standardizált incidencia Pest megyében csökkent, de Budapesten növekedett. Hasonlóképpen a melanoma esetében tapasztaltakhoz, az idősebbek körében az incidencia Pest megyében és Budapesten emelkedett.

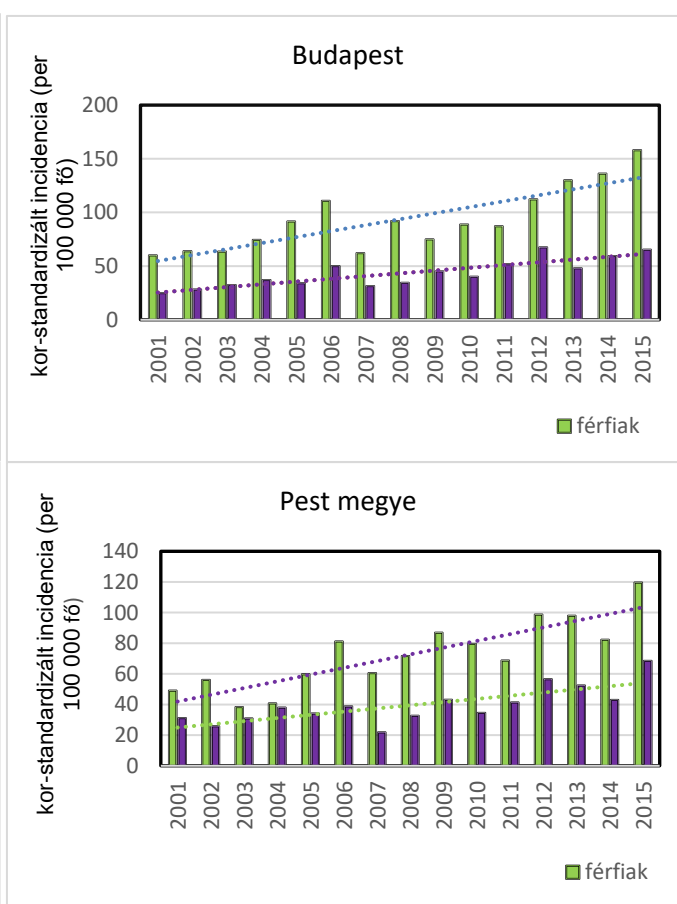
ABSTRACT. The incidence rates of melanoma and non-melanoma type of skin cancer have been rising worldwide, and similarly, in Hungary, the incidence rates have been a cause of concern. Both types of skin cancers are mainly due to the increased ultraviolet radiation; however, several other factors influence the development of skin cancer. Previous research identified genetic, behavioural and socioeconomic factors of individual susceptibility. These factors could explain the uneven distribution of both types of skin cancer in Hungary. In our research, we intend to study how skin cancer incidence changes spatially and in time and which factors could explain that areas with the same incoming UV radiation show different incidences. Cancer incidence data were obtained from the National Cancer Registry for melanoma (ICD -10: C43) and non-melanoma skin cancer (ICD-10: C44). Temporal changes of age-standardised incidence rates were examined in the age groups 15-64 years and 65 years or older in both sexes in Budapest and Pest County between 2001 and 2015. The standardised incidence rates showed a diverse pattern in both cancers between 2001 and 2015. Melanoma incidence rates fluctuated in the younger age group (15-64 years) but increased in the older age group (65 years or older) in Budapest and Pest County. The age-standardised incidence rate of non-melanoma skin cancer reduced in the younger generation in Pest County, but it increased in Budapest. Similarly to melanoma incidence rates, the older age group showed increasing non-melanoma skin cancer incidence rates in Budapest and Pest County.

BEVEZETÉS. A túlzásba vitt napozás azonnali reakcióként napégést okozhat, és késleltetett hatása is ismert: gyorsítja a bőr öregedését. A szemet is károsítja: a szürkehályog és a makula-degeneráció kialakulásában is döntő szerepe van; valamint a melanoma (festékes bőrdaganat) és nem melanoma típusú bőrrák kialakulásához is vezethet (IARC, 2012). Az UV sugárzás spektrumától is függ a rákkeltő hatás mechanizmusa: az UVA sugárzást a melanomával (BNO-10: C4300-C4390), míg az UVB sugárzást a melanomán kívül a nem melanoma típusú bőrrákkal (BNO-10: C4400-C4490) is összefüggésbe hozzák, amelynek két leggyakoribb formája a bazalioma és elszarusodó laphámsejtes daganat (IARC, 2012). Az úgynevezett „időszakos expozíció” elmélet értelmében a nyári intenzív napfényben végzett szabadidős tevékenység, napozás, vagy a téli rekreációs sportok során a bőrt érő nagy dózisú UVB sugárzást a melanoma kialakulásához vezet (IARC, 1992). Ezzel szemben a szabadban végzett munkát végző személyek (pl. mezőgazdasági dolgozók, építőipari dolgozók, erdészek, postások, rendőrök) folyamatos, halmozódó expozícióban részesülnek, amely a nem melanoma

típusú bőrrák kialakulásának kedvez (Lucas et al., 2006). A melanoma a bőrrákok legagresszívabb fajtája: általában magas halálozás és a nem melanoma típusú bőrrákokhoz képest alacsonyabb incidenciát jellemzi. Az incidenciát világszerte növekszik (Urban et al., 2021). Elsősorban a fejlett világ betegségeként tartják számon, hiszen a bőr pigmentációja és érzékenysége, a napozási/nyaralási szokások vagy a bőr barnítását szolgáló eszközök használata predesztinálják a túlnyomórészt magasabb földrajzi szélességen élő lakosságot a melanoma és a nem melanoma típusú bőrrák kialakulására (Lucas et al., 2006; Berwick et al., 2016). A nemzetközi trendeknek megfelelően a mindkét típusú bőrrák esetében növekvő incidenciát tapasztalható hazánkban is. Korábbi kutatásunk azt mutatta, hogy a melanoma incidenciája 2001 és 2015 között megháromszorozódott a 65 év feletti férfiak körében. A 65 év alattiak esetében az incidenciát megduplázódott mindkét nemnél. A nem festékes bőrdaganatok incidenciája ugyan lassabban, de növekedett országos szinten (Stier és Páldy, 2022). Az erősen növekvő incidenciát háttérben egyrészt a csökkenő ózonkoncentráció és az egyéb légköri változások következtében megnövekedett UV sugárzás áll (Tóth, Páldy and Antal Z, 2019; Parker, 2021). Másrészt, az eltérő incidenciákat a társadalmi-gazdasági tényezők változatos mintázatával is magyarázzák, és általánosan elfogadott feltételezés, hogy a gazdagabb területeken a melanoma incidenciája ma-



1. ábra. Korstandardizált melanoma incidenciát 15–64 évesek esetében, Budapesten és Pest megyében (2001 és 2015), 100 000 lakosra vetítve



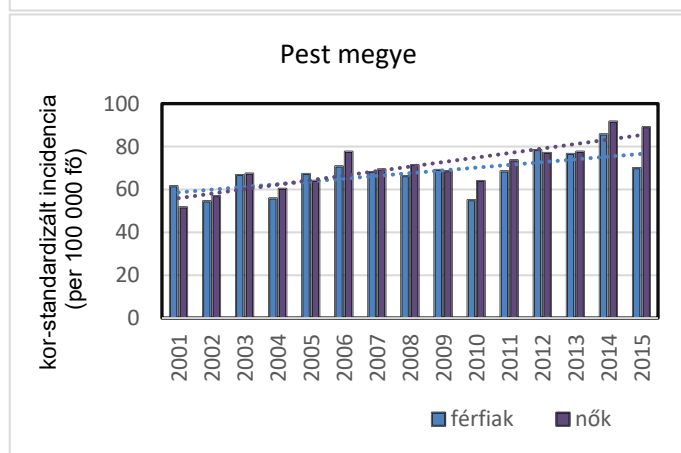
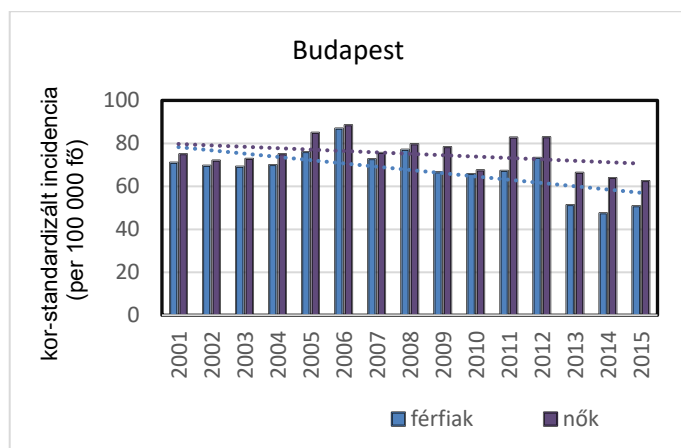
2. ábra. Korstandardizált melanoma incidenciát 65 évnél idősebbek esetében, Budapesten és Pest megyében (2001 és 2015), 100 000 lakosra vetítve

gasabb (Jiang et al., 2015). Kutatásunkban arra keressük a választ, hogyan változik a bőrrák incidenciája időben és térben, milyen tényezők magyarázzák a gyakran azonos mennyiségű UV sugárzást kapó területek erősen eltérő incidenciáját.

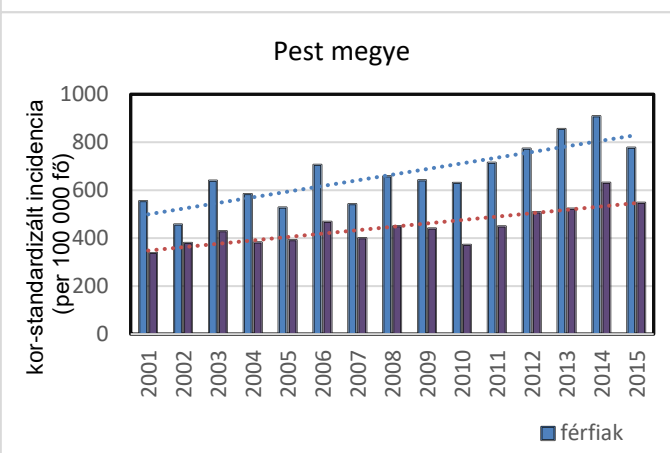
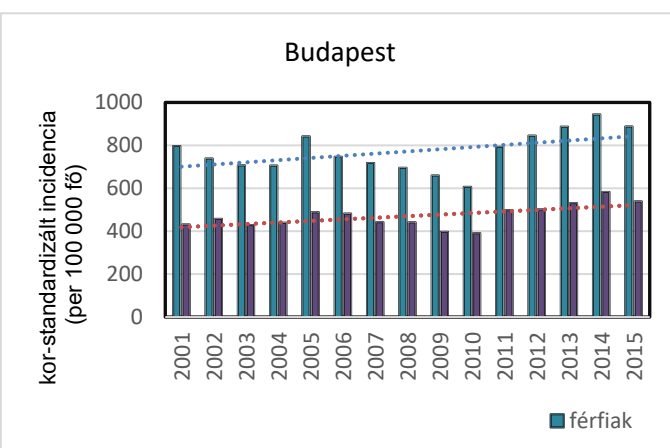
MÓDSZEREK. A kutatás során a melanoma (BNO-10 C43) és a nem melanoma típusú bőrrák (BNO-10 C44) incidenciát értékeit vizsgáltuk járás szinten Budapesten és Pest megyében. Kutatási területnek azért választottuk ezt a területet, mert a KSH adatai alapján ebben a két megyében a legnagyobb a népsűrűség, jellemzően itt a legmagasabb a születéskor várható élettartam és Budapesten a legalacsonyabb az átlagéletkor. Budapesten a legmagasabb a GDP, és ezekben a megyékben a legmagasabb az egyetem végzettség aránya (Népszámlálás 2001, 2011), így a társadalmi-gazdasági tényezők hatása várhatóan itt érvényesül a

legnagyobb mértékben. Az incidencia értékeket indirekt standardizálással (100 000 főre vetített) nemenkénti bontásban, 15-64 évesek és 65 évnél idősebb korcsoporti bontásban elemeztük évenként, 2001 és 2015 között. A standardizáláshoz a 2013-as Európai Standard Populációt használtuk (*Eurostat*, 2013).

EREDMÉNYEK. Budapesten és Pest megyében a fiatalabb generáció (15-64 évesek) esetében a korstandardizált melanoma incidencia hasonló tartományban mozgott 2001 és 2015 között. Mindkét megyében jellemző volt, hogy a nők körében az évek többségében valamelyest magasabb volt az incidencia, Pest megyében a 100 000 főre vetített incidencia 5,9-ről közel 33-ra emelkedett. Férfiaknál az incidencia megduplázódott, a 100 000 főre vetített érték 11,8-ről 22,4 emelkedett 2001 és 2015 között. A melanoma gyakoriságának emelkedése Budapesten is folyamatos volt ebben a korosztályban (1. ábra). A 65 évnél idősebb korosztályban mind Budapesten, mind Pest megyében mindkét nemnél körülbelül 2,5-szeres emelkedés látható, továbbá férfiaknál a melanoma incidencia kétszerese a nők körében megfigyelt incidenciához képest. 2001-



3. ábra. Korstandardizált nem festékes bőrrák incidencia 15–64 évesek esetében, Budapesten és Pest megyében (2001 és 2015), 100 000 lakosra vetítve



4. ábra. Korstandardizált nem festékes bőrrák incidencia 65 évnél idősebbek esetében, Budapesten és Pest megyében (2001 és 2015), 100 000 lakosra vetítve

ben a standardizált melanoma incidencia 59,9 volt 100 000 főre vetítve férfiakban, nőkben ez az érték 24,8 volt. 2015-ben férfiaknál 157,9-re nőtt az incidencia, nőkben 65,3-ra. (2. ábra) A nem melanoma típusú bőrrákról elmondható, hogy mindkét nemnél a 15-64 éves korosztályban Budapest valamelyest csökkenő tendenciát mutatott, azonban Pest megyében lassú növekedés volt tapasztalható. A 65 évnél idősebb korosztályban is hasonló tendencia volt észlelhető: lassú ütemű növekedés Pest megyében és Budapesten. A fiatalabb korcsoportban nőknél magasabb incidencia volt látható, míg az idősebb korosztályban ennek az ellenkezője volt tapasztalható. A melanomához hasonlóan a nemek közötti különbségek jobban megfigyelhetők a 65 évnél idősebbeknél. (3. és 4. ábra)

KÖVETKEZTETÉSEK ÉS TOVÁBBI VIZSGÁLATOK. Megállapítható, hogy Budapesten és Pest megyében a melanoma és a nem melanoma típusú bőrrák incidenciája növekszik, ez az emelkedés leginkább a 65 évnél idősebbek körében figyelhető meg. A melanoma incidencia növekedése aggodalomra ad okot, hiszen ez az

egyik legrosszabb túlélési statisztikával rendelkező ráktípus (Leiter és Garbe, 2008). A nem melanoma típusú bőrrák incidencia a 65 évnél idősebbek körében tovább növekedett. Célzott prevenció programok, ajánlások kidolgozásához elengedhetetlen a járásonkénti incidencia adatok 5, illetve 10 éves korcsoportos bontásban történő elemzése a jövőben, amely lehetőséget ad további beavatkozási, prevenció szempontok megállapítására. A vizsgálat további fázisa a járás szinten történő analízis, járásokra azonosítható mért, vagy számított UV értékek, társadalmi-gazdasági tényezők (foglalkozás, képzettségi szint, jövedelem) felhasználásával. A vizsgálat megerősítheti egyfelől az UV sugárzás lokális hatását a bőrrák gyakoriság területi eltéréseiben, másfelől a társadalmi-gazdasági tényezők kockázati szerepét is becsüli.

IRODALOM

- Berwick, M., Buller, D.B., Cust, A., Gallagher, R., Lee, T.K., Meyskens, F., Pandey, S., Thomas, N.E., Veierød, M.B., Ward, S. (2016) 'Melanoma Epidemiology and Prevention.', *Cancer treatment and research*, 167, pp. 17–49. doi: 10.1007/978-3-319-22539-5_2.
- Eurostat (2013) *Revision of the European Standard Population. Report of Eurostat's task force.* doi: 10.2785/11470.
- IARC (1992) Solar and ultraviolet radiation. Available at: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol100D/mono100D-6.pdf>.
- IARC (2012) Review of Carcinogens, Human Monographs, IARC Evaluation on the Risks of Carcinogenic Humans
- Jiang, A. J., Rambhatla, P. V and Eide, M. J. (2015) 'Socioeconomic and lifestyle factors and melanoma: a systematic review', *British Journal of Dermatology*, 172(4), pp. 885–915. doi: <https://doi.org/10.1111/bjd.13500>.
- Leiter, U. és Garbe, C. (2008) 'Epidemiology of melanoma and non-melanoma skin cancer--the role of sunlight.', *Advances in experimental medicine and biology*, 624, pp. 89–103. doi: 10.1007/978-0-387-77574-6_8.
- Lucas, R., McMichael, T., Smith, W., Armstrong, B. (2006) *Solar Ultraviolet Radiation: Global burden of disease from solar ultraviolet radiation, Environmental Burden of Disease Series.* Available at: <http://who.int/uv/publications/solaradgbd/en/>.
- Parker, E. R. (2021) 'The influence of climate change on skin cancer incidence – A review of the evidence', *International Journal of Women's Dermatology*, 7(1), pp. 17–27. doi: 10.1016/j.ijwd.2020.07.003.
- Stier A, Páldy A (2022) Temporal changes in skin cancer epidemiology in Hungary (2001-2015). *Anneli Memotef – megjelenés alatt*
- Tóth, Z., Páldy, A. és Antal Z, L. (2019) 'Relationship of surface solar UV irradiation and atmospheric ozone with the climate system - physical background, as well as social and medical aspects', *Magyar Tudomány*, 180(9), pp. 1356–1375. doi: 10.1556/2065.180.2019.9.1.
- Urban, K., Mehrmal, S., Uppal, P., Giesey, R.L., Delost, G.R. (2021) 'The global burden of skin cancer: A longitudinal analysis from the Global Burden of Disease Study, 1990-2017.', *JAAD international*, 2, pp. 98–108. doi: 10.1016/j.jdin.2020.10.013.

METEOROLÓGIAI INFORMÁCIÓK SZEREPE A ZAJSZENNYEZÉS MODELLEZÉSÉBEN (KEDVEZŐ ÉS KEDVEZŐTLEN TERJEDÉSI FELTÉTELEK ELKÜLÖNÍTÉSE)

Fritz Petra¹, Gyöngyösi András Zénó², Mendyl Abderrahmane¹, Weidinger Tamás¹

¹ELTE TTK, Földrajz és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék, ²ELTE TTK, Kémia Intézet

A KONFERENCIÁN BEMUTATOTT POSZTER



Meteorológiai információk szerepe a zajszennyezés modellezésében (kedvező és kedvezőtlen terjedési feltételek elkülönítése)

Fritz Petra¹, Gyöngyösi András Zénó², Mendyl Abderrahmane¹, Weidinger Tamás¹

¹ELTE TTK, Földrajz és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék, ²ELTE TTK, Kémia Intézet



Bevezetés

A légköri hangterjedés vizsgálata gyakorlati jelentőséggel bír, gondoljunk csak a közlekedésből, az ipari termelésből, de a szórakozásból, a szabadidőre koncertekből származó zajterhelésre.

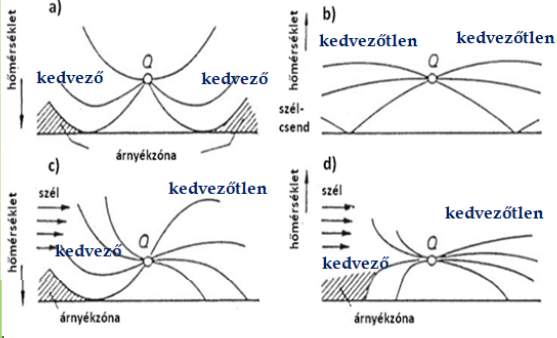
Különösen éjszaka lehet zavaró a zajhatás. A zajterhelés ismerete és szabályozása fontos környezetvédelmi feladat, ami mikrometeorológiai ismereteket is igényel.

Az Európai Unió 2015-ben állapodott meg az ügenciació, zajterhelés készítésének harmonizációjában. Az ehhez kapcsolódó CNOSSOS-EU módszertan alkalmazásában. A modell részletes meteorológiai adatbázist követel a hangsebességi profilok meghatározásához a forrás és a receptor pont között.

A zaj-modellben általában használt meteorológiai állapotjelzők (optimálisan legalább 5-10 éves órássadat-sorok):

- a szélsebesség és számirány,
- a hőmérséklet, a nedvesség,
- a légköri stabilitás, ami kifejezhető pl. a napszak és a felhőzet, illetve a felszínközeli réteg turbulencia-paramétereinek az ismeretében.
- Fontos a felszínborítottság és a talajállapot (pl. hóborítottság).

Hangsebesség profilok (kedvező és kedvezőtlen helyzetek)



A hang terjedése a hőmérsékleti rétegződés függvényében szélcsendes időszakokban (labilis a) és stabilis rétegződés b) esetén, valamint ezek módosulása a szélsebességi profil ismeretében c), d) Árnyciklona kialakulása: „kedvező terjedés, számunkra”.

Elméleti, modellezési háttér

A CNOSSOS-EU modell két különböző meteorológiai állapotot – kedvezőtlen és kedvezőtlen (vagy homogén) – különböztet meg. A hosszú idejű átlagos zajszintet a zaj terjedés szempontjából „homogén” meteorológiai körülmények között, valamint a zaj terjedés szempontjából „kedvező” meteorológiai körülmények közötti hangnyomásszintek előfordulási arányával súlyozott logaritmus összegeként számoljuk:

$$L_{LT} = 10 \times \lg \left(p \cdot 10^{L_F} + (1-p) \cdot 10^{L_H} \right)$$

ahol:

- L_F : „kedvező” körülmények közötti zajszint,
- L_H : „homogén” körülmények közötti zajszint,
- p : a „kedvező” körülmények előfordulásának időaránya az éven belül, a nap három szakaszában helyi időben: 06 – 18 óra (nappal), 19 – 22 óra (este), 23 – 05 óra (éjjel), az életritmusnak, és a közlekedés ütemében.

A zajszennyezés fontosságáról!

- A WHO szerint a zaj az egészségügyi problémák második leggyakoribb környezeti oka, közvetlenül az aeroszol részecskék után.
- Európa lakosságának 20%-a (több mint 100 millió ember) van kitéve olyan hosszú távú zajszinteknek, amelyek károsak az egészségre.
- Az éjszakai zaj 50 millió városi lakó számára magasabb a megengedettnél, közülük 20 millióan tényleges egészségkárosodást szenvednek a **zajterhelés** következtében.

Zajterhelés, zajszabályozási határértékek:

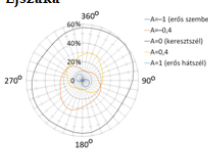
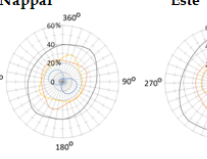
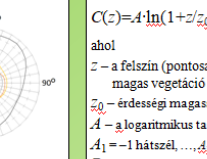
- üzemi létesítmény, napi átlag: 56 dB, éjszakai: 50 dB,
- közlekedési forrás, napi átlag: 73 dB, éjszakai: 65 dB.

Körházak, iskolák: optimális zajhatás < 35 dB

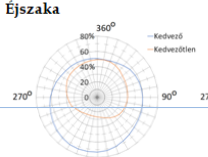
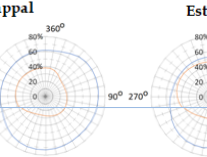
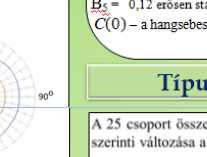
Apihentető alvás feltétele: folyamatos háttérzaj erőssége nem haladhatja meg a 30 dB-t, az eseti zajok intenzitása pedig a 45 dB-t.

Budapest lakosságának mintegy 30–35%-a egészséget veszélyeztető zajhatásban él (www.elobolgyonk.hu)

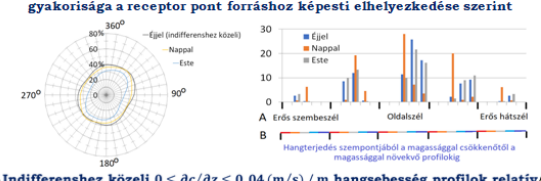
Eredmények Budapest (12843, SYNOP), 2009–2018

Szélirányok szerinti kategóriák (szembeszélről a hátszél felé) %-os gyakorisága a receptor pont forráshoz képesti elhelyezkedésének a függvényében

A kedvező és kedvezőtlen terjedési viszonyok szélirányok szerinti %-os gyakorisága a receptor pont forráshoz képesti elhelyezkedése szerint



Indifferenshez közeli $0 \leq \Delta C / \Delta z \leq 0,04$ (m/s) / m hangsebesség profilok relatív gyakorisága az egyes napszakokban (baloldal), A 25 hangsebességi profil típus relatív gyakorisága a stabilitás függvényében (jobboldal).

A 25 kategóriából, mindössze 13-ba esik érték

K + F + I feladat

Hangsebességi profilok osztályozása hangterjedés szempontjából: számunkra kedvező és kedvezőtlen esetek elkülönítése a napszak és a receptor pont hangforrástól vett helyzete alapján

A légköri stabilitástól és a szélsebesség profiljától függő zajterjedési viszonyokat a különböző országokban kialakított szabványosított eljárások alapján számoljuk 5 szélsebességi és 5 légköri stabilitási kategória alapján 3 napszakban.

Órás meteorológiai adatokat használtunk:

- SYNOP táviratok,
- ERA5 reanalízis.

A receptor pont hangforrástól vett helyzetét 10%-os lépésszámú (36 terjedési irány) számoltunk a forrásból induló szélvektor és a receptor pont egyezményes képesti elhelyezkedése alapján.

90° – a receptor pont keletre van a forrástól, ..., 360° – a receptor pont északra van a forrástól.

Hátszél – a receptor pont felé fúj a szél
Oldalszél – a szélvektor merőleges a receptor pont irányára.
Szembeszél – a receptor pont felől a forrás felé fúj.

Megjegyzések, következtetések

- Erős szembeszél és hátszél esetek legnagyobb számban a fő szélirányokban (ÉNY, DK) fordulnak elő, míg a kis szeles és oldalszeles esetek erre merőleges irányokban gyakoribbak. Nagyszzeles esetek nappal fordulnak elő nagyobb számban.
- A szembeszél és hátszél esetek irányok szerinti eloszlása szinte egymás tükörképe.
- A legtöbb terjedés szempontjából kedvezőtlen helyzet – a várakozásnak megfelelően – este és éjszaka fordul elő, de relatív gyakoriságuk egyik szélirányban sem haladja meg az 50%-ot.
- Meglepően sok az indifferenshez közeli hangsebességi profilok száma: napszaktól és a receptor pont irányától függetlenül 20–40%.
- Ajánlasként megfogalmazható egy harmadik, kvázi-indifferens profil kategória bevezetése.
- Az egyes kategóriák (kedvező, kedvezőtlen) évek közötti maximális eltérése alig haladja meg a 15%-ot. A 10 éves időszak elegendő információt nyújt az eloszlásról.

Összefoglalás

- Módszert dolgoztunk ki a CNOSSOS-EU zajterjedési modell meteorológiai preproceszorának előállítására a kedvező és kedvezőtlen terjedési viszonyok napszak és irány szerinti szétválasztására.
- A modell alkalmazható SYNOP táviratok és az ERA5 adatbázisra.
- **Tervek, folyamatban levő feladatok**
- Hangsebességi profilok gyakorisági eloszlásainak számítása további 5 hazai SYNOP állomás óras adataiból.
- Összehasonlító vizsgálatok az ERA5 adatbázis óras meteorológiai adatai és turbulencia paraméterei alapján.
- Rácspont számítások az ERA5 adatbázis segítségével.
- **Köszönetnyilvánítás**
- A szerzők köszönetet mondanak **Prohászka Violának és Dr. Balogh Edinának a Közelkedéstudományi Intézet munkatársainak**, hogy ráirányították figyelmünket a témakörre és hasznos tanácsaikkal hozzájárultak a munka sikeréhez.

Felhasznált irodalom:

Domokos E., Horváth B. (szerkesztők), 2011: Zaj- és rezgésvédelem. Környezetmérnöki Tudástár, 13. kötet, Pannon Egyetem, Veszprém, 294 oldal. https://tudastar.mk.uni-pannon.hu/anyagok/13-Zaj_rezges_vedelem.pdf

Eurasto, R., 2006: NORD2000 for road traffic noise prediction WP4. Weather classes and statistics Research Report, VTT Technical Research Centre of Finland 25 p. No. VTT-R-02530-06 7.4.2006

Foken, T., 2017: Micrometeorology. Second Edition, Springer Nature, 379 p. ISBN 978-3-642-25440-6 (eBook) DOI 10.1007/978-3-642-25440-6

Iránylevek, 2015: A Bizottság (EU) 2015/996 irányelve a 2002/49/EK európai parlamenti és tanácsi irányelvi szerinti közös zajterhelési módszerek meghatározásáról, Az Európai Unió Hivatalos Lapja 2015.7.1. L.

Nummelin, M., Poikolainen, E., 2017: CNOSSOS-EU: Laskentamalli – Laskenta-asetukset ja mallinmuutoksia Liikenneviraston ohjeita 4/2017. Liikennevirasto Helsinki 2017, 59 p.

FÜGGELÉK.

A KONFERENCIA PROGRAMJA

2021. december 9., csütörtök

Link: <https://ometsz.webex.com/ometsz/j.php?MTID=m6eb8abf98cc64dc90eb4c7007027b154>

- 13:00 – 13:15 **MEGNYITÓ** *László Tibor Zoltán (helyettes államtitkár – Agrárminisztérium)*
Horváth Ildikó (államtitkár – Emberi Erőforrások Minisztériuma)
Dunkel Zoltán (elnök – Magyar Meteorológiai Társaság)
- ÁLTALÁNOS BIOMETEOROLÓGIA** Levezető elnök: **Németh Ákos**
- 13:15 – 13:30 **Az orvosmeteorológia jelentősége és története**
Dunkel Zoltán
- 13:30 – 13:45 **Milyen a legmegfelelőbb ember a klímaosztályozási célokra alkalmazandó humán hőterhelés vizsgálatokban?**
Ács Ferenc, Zsákai Annamária, Kristóf Erzsébet
- 13:45 – 14:00 **Ölelgessünk fákat? - avagy mi véd meg a klímaszorongástól?**
Fülöp Andrea
- 14:00 – 14:15 **A szülések és a sok csapadék közötti összefüggés Vas megyében**
Puskás János, Kúti Zsuzsanna, Tóth László
- 14:15 – 14:30 **A villámok biológiai hatásai – és amit a diákok tudnak róla**
Takátsné Lucz Ildikó, Tasnádi Péter
- 14:30 – 14:45 **Pestis a kora újkori Nyugat-Dunántúlon - mikor, miért, hol?**
Vadas András

A LÉGSZENNYEZÉS EGÉSZSÉGÜGYI HATÁSAILevezető elnök: **Puskás János**

- 15:00 – 15:15 **HungAiry - A levegőminőség javítása 8 régióban a levegőminőségi tervek végrehajtásának elősegítésével című integrált LIFE projekt bemutatása**
Babcsány Ildikó, Labancz Krisztina, Ferenczi Zita, Baranka Györgyi
- 15:15 – 15:30 **A HungAiry LIFE integrált projekt keretében fejlesztett ATMO-PLAN döntéstámogató eszköz bemutatása**
Labancz Krisztina, Ferenczi Zita, Baranka Györgyi
- 15:30 – 15:45 **A levegőminőségi problémák társadalmi okai és hatásai, kezelésének lehetőségei civil szemmel**
Bendik Gábor
- 15:45 – 16:00 **A tüdőrákról és az elérhető adatok minőségének jelentőségéről**
Bíróné Kircsi Andrea
- 16:00 – 16:15 **A légszennyezés hatása az egészségre és az ökoszisztémára**
Hafenschner Viktória Priscilla
- 16:15 – 16:20 **Mit tudnak a diákok a légszennyezés káros hatásairól? (felmérés középiskolások között)**
Molnárné Pelle Beáta, Weidinger Tamás, Tasnádi Péter
- 16:20 – 16:25 **Levegőkémiai és humán biomonitoring vizsgálatokkal a fatüzelés nyomában**
Balogh Boglárka Sára, Csáková Zsófia, Nyíri Zoltán, Szigeti Tamás

16:25 – 16:30

SZÜNET

IDŐJÁRÁS ÉS REKREÁCIÓ, IDŐJÁRÁS-ÉRZÉKENYSÉGLevezető elnök: **Dunkel Zoltán**

- 16:30 – 16:45 **Az időjárási preferenciák szerepe a turisztikai klimatológiai vizsgálatokban**
Németh Ákos
- 16:45 – 17:00 **Az éghajlatváltozás rekreációra gyakorolt hatásának vizsgálata hazánk területére**
Kovács Attila, Király Andrea
- 17:00 – 17:15 **A humánmeteorológiától a meteogyógyászatig**
Pintér Ferenc, Pintér Ádám, Poór László, Ivády Anett
- 17:15 – 17:30 **Meteo Klinikai eredmények az időjárás-érzékenység kezelésében**
Pintér Ferenc, Pintér Edit

2021. december 10., péntek

Link: <https://ometsz.webex.com/ometsz/j.php?MTID=m920e513d1ef16981e8c36d3819993748>

A LÉGSZENNYEZÉS EGÉSZSÉGÜGYI HATÁSAI

Levezető elnök: **Folyovich András**

- 09:00 – 09:15 **A szennyezőanyagok nagytávolságú transzportjának egészségügyi vonatkozásai**
Ferenczi Zita
- 09:15 – 09:30 **Miként befolyásolják a légszennyezők a Sürgősségi Betegellátó Osztályra neurológiai tünetekkel érkezők számát?**
Kreinicker Kata, Sipos Bence, Sótónyi Péter, Lovas Gábor, Szilágyi Brigitta
- 09:30 – 09:45 **A kisméretű aeroszol részecskék egészségkárosító hatásának becslése hazai városainkban 2017-2019**
Páldy Anna
- 09:45 – 10:00 **Beltérink levegőminősége: aktuális kihívások**
Szigeti Tamás
- 10:00 – 10:15 **A lakosság bevonása a légszennyezés elleni küzdelemben - önkéntes mérőhálózat**
Szegő Judit

AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS EGÉSZSÉGÜGYI HATÁSAI

Levezető elnök: **Nagy Katalin**

- 10:30 – 10:45 **A hőstressz várható alakulása a hazai városokban az évszázad végéig**
Gál Tamás, Skarbit Nóra, Unger János
- 10:45 – 11:00 **A klímaváltozás okozta járványhelyzetek**
Hágen András
- 11:00 – 11:15 **Az éghajlatváltozás (egészségügyi) hatásai a katonai tevékenységre**
Péliné Németh Csilla
- 11:15 – 11:30 **Hőhullám kategóriák és trendek Magyarországon**
Simon Csilla, Lakatos Mónika, Kis Anna
- 11:30 – 11:45 **Az erythemális UV dózis meghatározásának relevanciája és a várható jövőbeli tendenciák**
Tóth Zoltán, Fekete Dénes
- 11:45 – 12:00 **A klímaváltozás várható hatása az Aedes aegypti szúnyognak, a sárgaláz, Zika-, Mayaro-, dengue- és chikungunya-láz vírusai közös terjesztőjének a jövőbeli elterjedésére Európában**
Trájer Attila János

ÁLTALÁNOS BIOMETEOROLÓGIA

Levezető elnök: **Páldy Anna**

- 12:15 – 12:30 **Fagyos szentek és akut ischaemiás stroke**
Folyovich András, Fábián Dóra, Varró Mihály, Béres-Molnár Katalin Anna
- 12:30 – 12:45 **Holdfázisok és akut ischaemiás stroke**
Folyovich András, Fábián Dóra, Varró Mihály, Béres-Molnár Katalin Anna
- 12:45 – 13:00 **Időjárásérzékenység a hagyományos kínai orvoslás alapján**
Walkovszky Attila
- 13:00 – 13:15 **Az időjárás néhány paraméterének hatása a COPD morbiditásra**
Márovics Gergely, Girán János
- 13:15 – 13:30 **A barlangkezelések helye a gyógyításban**
Nagy Katalin
- 13:30 – 13:45 **Létezik-e kritikus hőmérséklet a Sürgősségi Betegellátó Osztályra kardiovaszkuláris problémákkal érkezők számára nézve?**
Sipos Bence, Kreinicker Kata, Sótónyi Péter, Lovas Gábor, Szilágyi Brigitta
- 13:45 – 14:00 **Bőrrák incidencia Budapesten és Pest megyében 2001 és 2015 között**
Stier Ágnes
- 14:00 – 14:05 **Meteorológiai információk szerepe a zajszennyezés modellezésében (kedvező és kedvezőtlen terjedési feltételek elkülönítése)**
Fritz Petra, Gyöngyösi András Zénó, Mendyl Abderrahmanine, Weidinger Tamás

A TUDOMÁNYOS SZERVEZŐ BIZOTTSÁG

Antal Z. László (TK Szociológiai Intézet – tudományos főmunkatárs)
Dr. Bartholy Judit (ELTE Meteorológiai Tanszék – egyetemi tanár)
Dr. Dunkel Zoltán (Magyar Meteorológiai Társaság – elnök)
Dr. Ferenczi Zita (Országos Meteorológiai Szolgálat – hivatali főtanácsos)
Dr. Folyovich András (Szt János Kórház és Észak-budai Egyesített Kórházak, Neurológiai Osztály – Stroke Centrum – főorvos)
Dr. Mészáros Róbert (ELTE Meteorológiai Tanszék – tanszékvezető, egyetemi docens)
Dr. Mika János (Eszterházy Károly Egyetem – egyetemi tabár)
Dr. Nagy Katalin (Magyar Balneológiai Egyesület – elnök)
Dr. Páldy Anna (Magyar Higiénikusok Társasága – elnök)
Dr. Pintér Ferenc (Meteo Klinika – igazgató)
Dr. Puskás János (ELTE Savaria Egyetemi Központ – főiskolai tanár)
Dr. Radics Kornélia (Országos Meteorológiai Szolgálat – elnök)
Dr. Unger János (SZTE Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék – tanszékvezető, egyetemi tanár)

A KONFERENCIA REGISZTRÁLT RÉSZTVEVŐI

Ács Ferenc ELTE, Földrajz és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék
Babcsány Ildikó Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft.
Baka György Zöldtárs Alapítvány
Balogh Boglárka Sára ¹Nemzeti Népegészségügyi Központ, ELTE Környezettudományi Doktori Iskola
Baranka Györgyi Országos Meteorológiai Szolgálat
Bendik Gábor Levegő Munkacsoport
Béres-Molnár Katalin Anna Észak-Közép-budai Centrum Új Szent János Kórház, Neurológiai Osztály – Stroke Centrum
Bezegh Barbara Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft.
Bíróné Kircsi Andrea EPAM Systems Hungary Kft.
Bobvos János Nemzeti Népegészségügyi Központ
Csákó Zsófia Nemzeti Népegészségügyi Központ
Dunkel Zoltán Magyar Meteorológiai Társaság
Fábián Dóra Észak-Közép-budai Centrum Új Szent János Kórház és Szakrendelő, Neurológiai Osztály – Stroke Centrum
Fekete Dénes Országos Meteorológiai Szolgálat, Marczell György Főobszervatórium
Ferenczi Zita Országos Meteorológiai Szolgálat
Folyovich András Észak-Közép-budai Centrum Új Szent János Kórház, Neurológiai Osztály – Stroke Centrum
Fritz Petra ELTE TTK, Földrajz és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék
Fülöp Andrea Országos Meteorológiai Szolgálat, Éghajlati Osztály
Gál Tamás SZTE Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék
Girán János Pécsi Tudományegyetem Általános Orvostudományi Kar, Orvosi Népegészségtani Intézet
Gyöngyösi András Zénó ELTE TTK, Kémia Intézet
Hafenschner Viktória Priscilla ELTE Társadalom- és Gazdaságföldrajzi Tanszék
Hágen András Arany János Általános Iskola, Felsőszentiván
Hernádi Balázs MH Geoinformációs Szolgálat
Horváth Ildikó Emberi Erőforrások Minisztériuma
Ivány Anett Meteo Klinika
Józsa Orsolya Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft.
Király Andrea Országos Meteorológiai Szolgálat, Modellezési Osztály
Kis Anna ELTE Meteorológiai Tanszék
Kis-Kovács Gábor Országos Meteorológiai Szolgálat
Kiss Annamária Budapest Főváros Kormányhivatala Népegészségügyi Főosztály

Kiss Zoltán MSD Pharma Hungary Kft.
Koplányi Nóra Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft.
Kovács Attila Szegedi Tudományegyetem, Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék
Kovács László Zsolt MH Geoinformációs Szolgálat
Kreinicker Kata Szegedi Tudományegyetem
Kristóf Erzsébet ELTE, Földrajz és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék
Kúti Zsuzsanna Vas Megyei SZC Oladi Technikum Szombathely
Labancz Krisztina Országos Meteorológiai Szolgálat
Lakatos Mónika Országos Meteorológiai Szolgálat, Éghajlati Osztály
László Tibor Zoltán Agrárminisztérium
Laukó-Doró Viktória Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft.
Lovas Gábor Jahn Ferenc Dél-pesti Kórház és Rendelőintézet
Márovics Gergely Pécsi Tudományegyetem Általános Orvostudományi Kar, Orvosi Népegészségtani Intézet
Mendyl Abderrahmane ELTE TTK, Földrajz és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék
Mészáros Fanni Nemzeti Népegészségügyi Központ
Mika János Eszterházy Károly Katolikus Egyetem
Molnár Zsófia SE Egészségtudományi Kar
Molnárné Pelle Beáta Tompa Mihály Református Gimnázium, Rimaszombat, ELTE Fizika Doktori Iskola
Müller Rita SE Egészségtudományi Kar
Nagy Katalin Markhot Ferenc Oktatókórház Reumatológia
Németh Ákos Országos Meteorológiai Szolgálat
Nyíri Zoltán Nemzeti Népegészségügyi Központ
Páldy Anna Nemzeti Népegészségügyi Központ
Péliné Németh Csilla MH Geoinformációs Szolgálat
Pintér Ádám Meteo Klinika
Pintér Ferenc Meteo Klinika
Poór László Meteo Klinika
Purger Gina Komárom-Esztergom Megyei Kormányhivatal Tatabányai Járási Hivatal Népegészségügyi Osztály
Puskás János ELTE SEK Földrajzi Tanszék Szombathely
Simon Csilla ELTE Meteorológiai Tanszék
Simon Dóra Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft.
Sipos Bence Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Skarbit Nóra SZTE Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék
Sótonyi Péter Semmelweis Egyetem
Stier Ágnes Semmelweis Egyetem Egészségtudományi Doktori Iskola
Szalkai Zsófia Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kar (PhD hallgató)
Szalkai Zsolt ELTE, Földrajz és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék
Szegő Judit Levegő Munkacsoport
Szigeti Tamás Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft.
Szilágyi Brigitta Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Takátsné Lucz Ildikó ELTE Fizika Doktori Iskola Fizika Tanítása Program Érdi Vörösmarty Mihály Gimnázium
Tasnádi Péter ELTE Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék
Tóth Zoltán H-ION Kutató, Fejlesztő és Innovációs Kft.
Trájer Attila János Pannon Egyetem, Fenntarthatósági Megoldások Kutatólaboratórium
Unger János SZTE Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék
Vadas András ELTE Bölcsészettudományi Kar, Középkori Történeti Tanszék
Varga Attila ELTE PPK Ember-Környezet Transzakció Intézet
Varró Mihály János Semmelweis Egyetem Elméleti és Transzlációs Orvostudományok Doktori Iskola
Vezér Tünde SZTE SZAOK Népegészségtani Intézet
Viaene Peter Flemish Institute for Technological Research, Brussels
Walkovszky Attila Kelet-Ázsiai Gyógyászat Kft.
Weidinger Tamás ELTE TTK, Földrajz és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék
Zsáka Annamária ELTE, Biológiai Intézet, Embertani Tanszék

