



## Új vektoriális betegségek megjelenésének lehetősége, és a már őshonos betegségek jelentőségének növekedése a klímaváltozás következtében. A XXI. század egészségügyi és hadászati biztonságát fenyegető hazardok

Trájer Attila János<sup>1</sup>, Bede-Fazekas Ákos<sup>2</sup>, Bobvos János<sup>3</sup>, Páldy Anna<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Semmelweis Egyetem; Országos Környezetegészségügyi Intézet

<sup>2</sup> Budapesti CorvinusEgyetem, Tájépítészeti Kar

<sup>3</sup> Országos Környezetegészségügyi Intézet

### Tartalmi kivonat

*Az ízeltlábúak által terjesztett fertőző betegségek egyre emelkedő mértékben jelentenek majd veszélyt Európa mérsékelt övi lakosságának egészségi állapotára nézve. A klímaváltozás következtében meghosszabbodó vegetációs időszak, és az emelkedő átlaghőmérséklet a már jelen lévő betegség (Pl. Lyme), és számos, a lakosság számára új, meleg égövi betegség megtelepedését, vagy újra megjelenését okozhatja, mint amilyen például a leishmaniasis vagy a malária. A jövőben nem csak a civil lakosság egészségi állapotát, de a hadsereg személyi állományának egészségét és a hadműveletek biztonságát is veszélyeztethetik a vektoriális megbetegedések.*

**Kulcsszavak:** *klímaváltozás, vektoriális megbetegedések, Lyme betegség, leishmaniasis, Nyugat-Nílus-i láz*

### Abstract

*Emerging vectorial diseases threaten the population of the temperate areas of Europe. Due to climate change the increasing seasonal mean temperatures and the prolongation of the potential activity period of arthropod vectorial organisms will enhance the importance of the tick-borne diseases (eg. Lyme disease) and will facilitate the expansion of new or re-emerging vectorial diseases, such as*



*leishmaniasis or malaria. These serious vectorial diseases can cause notable hazard not only for citizens but for the personnels and may endanger the safety of the operations, too.*

**Keywords:** *climate change, vectorial diseases, Lyme disease, leishmaniasis, West-Nile fever*

Zoonózisról beszélünk, ha közvetlenül a rezervoár (a fertőző ágenszt fenntartó, magában hordozó) szervezet adja át a betegséget (Pl. Hanta-betegség, amit egy negatív szálú ssRNS-vírus okoz), vagy vektoriális betegségről, ha két élőlény között egy harmadik (többnyire ízeltlábú) viszi át a betegséget (pl. kiütéses tífusz, okozója: *Rickettsia prowazeki* nevű, Gram szerint nem festődő baktérium). A korábbi évszázadok során számos esetben több áldozatot szedtek az állatok közvetítette fertőző betegségek, mint maguk a harcászati műveletek. 1489-ben a katolikus spanyol seregek a mórok (arabok) által védett Granada városát ostromolták. Az ostrom alatt megjelent az ostromlók körében a ruhatetű (*Pediculus humanus*) által terjesztett kiütéses tífusz, ami 17 ezer emberükkel végzett, miközben a harcokban 3 ezer ember vesztette életét.<sup>1</sup>

Szintén nevezetes példa a sárgaláz (okozója egy pozitív szálú ssRNS-vírus) esete a francia gyarmatosítókkal. A könnyen halálos tüdőbetegséget okozó vírust moszkító terjesztik a meleg égövön. Eredetileg Afrikából hurcolták be a gyarmatosítók a rabszolgának bevitt fekete őslakosság révén Közép- és Dél-Amerikába. A vírus új hazára lelt a kontinensen. Az 1700-as évek vége felé a Karib-szigetek közé tartozó Hispaniola nyugati fele francia gyarmat volt, ahol fekete rabszolgákat dolgoztattak a jól jövedelmező cukornádültetvényeken. Az őslakosság a fekete kontinensen több ezer éven át élt együtt a betegséggel, emiatt kevésbé volt fogékony a betegségre, mint az európaiak.

---

<sup>1</sup> Blanco, J. R., & Oteo, J. A. (2006). Rickettsiosis in Europe. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1078(1), 26-33.



1.ábra: Francia expedíciós csapatok harca a fellázadt rabszolgák ellen Haitin, 1791-1804.

Forrás: <http://www.therightperspective.org/wp-content/uploads/2009/06/haitian-history.gif>. Letöltés: 2013-03-18.

1791-1804 között lázadás tört ki a szigeten. Mivel a kiváló hadvezér és államférfi *Bonaparte Napóleon* (Ajaccio, Korzika, 1769. augusztus 15. – Szent Ilona, 1821. május 5.) felismerte, hogy Franciaország számára nagy gazdasági potenciállal bír a távoli birtok, expedíciós hadsereget küldött 1801-ben a szigetre sógora, *Charles Leclerc* (Pontoise, 1772. március 17. – Saint-Domingue/Haiti, 1802. november 2.) tábornok vezetésével a lázadás leverésére. A jelentős haderő és a francia seregek technikai fölénye ellenére a felkelés győzött, és az egykori rabszolgák 1804. január 1-jén kikiáltották a terület függetlenségét Haiti néven (1. ábra). A szigeten addigra endémiássá vált sárgaláz a 35-45 ezer fős hadsereg mintegy 2/3-át terítette le, és maga a tábornok is sárgalázban halt meg.<sup>2</sup> 1804-ben Haiti kikiáltotta függetlenségét. Megjegyzendő, hogy szintén a franciákkal esett meg, hogy a Panama-csatorna létesítésének első (1880-1885) kísérletét is a sárgaláz akadályozta meg, 6 év alatt mintegy 20 ezer ember halt meg, főként trópusi betegségekben, különösen sárgalázban.

Az 1951-53-as koreai háború alatt az ENSZ hadseregében vérzésekkel járó járvány ütötte fel a fejét. Több mint háromezer katona fertőződött meg<sup>3</sup> egy nagyon veszélyes fertőző betegséggel, melynek tüneti spektruma az influenzaszerű

<sup>2</sup> Marr, J. S., & Cathey, J. T. (2013). The 1802 Saint-Domingue Yellow Fever Epidemic and the Louisiana Purchase. *Journal of Public Health Management and Practice*, 19(1), 77-82.

<sup>3</sup> Bugert, J. J., Welzel, T. M., Zeier, M., & Darai, G. (1999). Hantavirus infection—haemorrhagic fever in the Balkans—potential nephrological hazards in the Kosovo war. *Nephrology Dialysis Transplantation*, 14(8), 1843-1844.



tünetektől kezdve a veseelégtelenségig és a fatális tüdőödémához vezethet. Ez a betegség a hanta vírus által okozott fertőzés volt, amit rágcsálók terjesztenek vizeletükkel.

A történelemből vett példákat még hosszan folytathatnánk.

A modern kori reguláris hadseregek egyik legfontosabb előnye az irreguláris haderőkkel szemben, hogy szervezettségüknek megfelelően kiépített surveillance rendszerrel (ami a betegség előfordulásainak, kockázati tényezőinek azonosítását, megfigyelését jelenti, beleértve a beavatkozást és annak hatásának megfigyelését is, lehetővé téve az esetleg szükséges korrekciókat) rendelkeznek, kivédendő a fertőző betegségekből eredő személyi veszteségeket s ezek harcászati potenciált csökkentő, valamint demoralizáló hatását. Az Egyesült Államok Hadserege például kiemelten foglalkozik vektoriális-betegségekről szóló jelentéseiben a nyugat-nílusi lázzal, a Lyme borreliosisal (LB), a kullancs encephalitissel (TBE), a sziklás hegységi foltos lázzal.<sup>4</sup> Ezek a betegségek az Óvilágban is fontosak (a sziklás hegységi lázat más rickettsiosisok helyettesítik Euráziában). A megfertőződés veszélyét különösen növeli, hogy a hadgyakorlatok és a kiképzés gyakori terepe a természeti környezet, vagyis gyakran bozotos-füves vagy vizes élőhelyeken (árterek stb.) történik a hadmozdulatok szimulációja (2. ábra). Amíg a dús növényzetű, jó rejtékhelyet kínáló fás-füves vegetáció számos rágcsálónak és kullancs fajnak, addig a nedves élőhelyek a szúnyogoknak nyújtanak kiváló élőhelyet. A legkitettebb a szárazföldi haderőnem, ezen belül fegyvernemek szerint pl. a lövészek, a tüzérek, a légi deszantosok, a műszakiak, a felderítők stb. A külföldi szerepvállalások során a katonáink olyan természeti környezetben találhatják magukat, melynek biológiai veszélyeiről és elkerülésének technikáiról esetleg nem rendelkeznek személyes tapasztalatokkal. Megelőző védőoltás képében prevencióra több esetben is van mód; a Magyar Honvédség minden alakulata és katonai szervezete számára biztosítja a térítésmentes védőoltást TBE ellen<sup>5</sup> és hasonlóképpen lehetséges a védekezés pl. a sárgaláz vírusa ellen is, ha a hadműveletek trópusi környezetben folynak.

---

<sup>4</sup> Army Vector-borne Disease Report.

[http://phc.amedd.army.mil/Periodical%20Library/ArmyWeeklyVector-borneDiseaseReport\\_9Oct12.pdf](http://phc.amedd.army.mil/Periodical%20Library/ArmyWeeklyVector-borneDiseaseReport_9Oct12.pdf). Utoljára megtekintve: 2013-03-18.

<sup>5</sup> <http://www.honvedelem.hu/nyomtat/10352>. Utoljára megtekintve: 2013-03-18.



2.ábra: Sajnos nem csak a katonának nyújt kiváló rejtékhelyet a sűrű növényzet

Forrás: [www.motherjones.com](http://www.motherjones.com). Letöltés: 2013. március 18.

### A klímaváltozás hatása a vektoriális fertőző betegségekre

A klímaváltozás legvalószínűbb következménye a földi és regionális átlaghőmérsékletek növekedése. A különböző növény- és állatfajok elterjedésének talán legfontosabb limitje a téli minimum hőmérséklet. Az állandó testhőmérsékletű élőlények tűrése a hőmérséklet ingadozásaival szemben nagyobb, mint a hidegvérű szervezetek, ugyanakkor a legtöbb, fertőző betegséget terjesztő állat, más néven vektor szervezet, hidegvérű, ízeltlábú faj. Az ízeltlábúak aktivitása - kevés kivételtől eltekintve (pl. egyes ugróvillás őszrovarok-gleccserbolha; *Desoria glacialis*) - 0°C alatt nullára csökken, alvó fázisba (diapauza) kerülnek. A fagy közvetlen életveszélyt jelent az ízeltlábú szervezetek többsége számára.

Az ízeltlábúak aktivitása erősen függ a külső hőmérséklettől, ami összetett életrőlük minden elemére nagy hatással van, mint amilyen a vedlés, a peterakás, a táplálékkeresés. Számos meleg égövi rovar által terjesztett fertőző betegség (pl. leishmaniasis) ezért a 0°C-os januári izotermához kötött. A Kárpát-medence délnyugati területeit (Baranya, Tolna, Zala) érinti ez a határ, és ennek következtében ma már ismert, hogy pl. a tipikus mediterrán faunaelemeknek tartott *Phlebotomus perfiliewi* és *P. neglectus* lepkeszúnyogok megtalálhatók ezekben a megyékben.

Azonban a vektorfaj megtelepedése még nem jelenti egy vektoriális betegség következményes megjelenését is. A vektoriális lánc kialakulása a társadalom szocioökonómiai (társadalmi-gazdasági) státuszától, az egészségügyi ellátórendszer fejlettségétől, a befogadó ökológiai rendszer egyéb jellegzetességeitől (vegetáció, talaj stb.), a potenciális gazdaállatok és rezervoárok jelenlététől és magától a



paraziták jelenlététől és környezeti igényeitől is függenek. Ebben a rendszerben bármely elem jelentheti a sor „gyenge láncszemét”, amit jól illusztrálhatunk a malária (okozói *Plasmodium* nemzetségbe tartozó eukarióta egysejtűek) hazai esetén: habár jelenleg megtalálható a maláriaszúnyog (nálunk főként az *Anopheles maculipennis*) Magyarországon, nincsenek autochton (helyi, nem behurcolt) emberi megbetegedések. A jelen klíma mellett a kisszámú, más szúnyogokhoz mérten rövid életidejű maláriaszúnyog, nem ismert okból kevésbé kedveli az emberi vért hazánkban, mint máshol, továbbá nincs jelen a parazita sem, így nem alakul ki a jellegzetes betegségláncolat.



3.ábra: Nőstény kullancs táplálkozás után, háti és hasi nézetből.

Forrás: Dr. Trájer Attila János felvétele

Az egzotikusnak tűnő, meleg égövi területekről kiáramló vektoriális betegségek mellett vannak olyanok, melyek már évezredek óta megkeserítik az emberek és háziállataink életét a mérsékelt övön. Ide kell sorolnunk a kullancsok (3. ábra) által erjesztett megbetegedéseket, mint amilyen a LB, a TBE, a humán erlichiosis, a babesiosis, a Q-láz, a tularaemia, és a foltos lázzal járó betegségek.

A klimatikus változások migrációs folyamatokat indíthatnak el. Az ezen változásokat kísérő migrációs folyamatok elvben arra hivatottak, hogy újraoptimalizálják egy életközösség fajösszetételét. Sajnos a több évezredek emberi hatás felszabdalta, mozaikossá tette az élőhelyeket, ami akadályozhatja a természetes megújulást, újrakonfigurálódást, ami az invazív (agresszíven terjedő, sokszor idegen) fajoknak kedvezhet, vagyis ún. inváziós ablak jöhet létre. A fragmentáció növeli a szegélyek méretét, arányát.<sup>6</sup> A fragmentáció nem kis részben

<sup>6</sup> Davies, K. F., & Margules, C. R. (2002). Effects of habitat fragmentation on carabid beetles: experimental evidence. *Journal of Animal Ecology*, 67(3), 460-471.



a klímaváltozás hatására gyorsul fel, mivel a magasabb átlaghőmérséklet, kevesebb nyári csapadék a többé-kevésbé összefüggő erdőterületek sztyeppesedését és a gyertyános-bükkös vagy tiszta bükkös montán társulások degradációját okozhatja (és okozza is, már megfigyelhető módon az elmúlt 2-3 évtizedben). Ismert, hogy a kullancsok szempontjából a legideálisabb feltételeket a határterületek, ökológiai szempontból átmeneti zónák nyújtják. Mindez azzal magyarázható, hogy különböző fejlődési állapotban lévő formáik más és más fajokon parazitálnak. A gazdaállatok közül kiemelkednek az őz és az egerek. Ezen fajok egyszerre igénylik a refúgiumokat, ahol védelemben részesítve felnevelhetik kicsinyeiket, és keresik az agrárterületeket, ahol szezonálisan jól kiaknázzható táplálékbázisra találnak. Éppen ezért, főként az *Ixodes*, *Dermacentor* és *Hyalomma* fajok számára az agrártáj-természetközeli társulások mozaikja nyújtja a legjobb élőhelyet. A fragmentáció pozitív hatást gyakorol a kullancsfajok populációjának méretére.

### **Lyme borreliosis, mint modell egy már autochton vektoriális megbetegedésre**

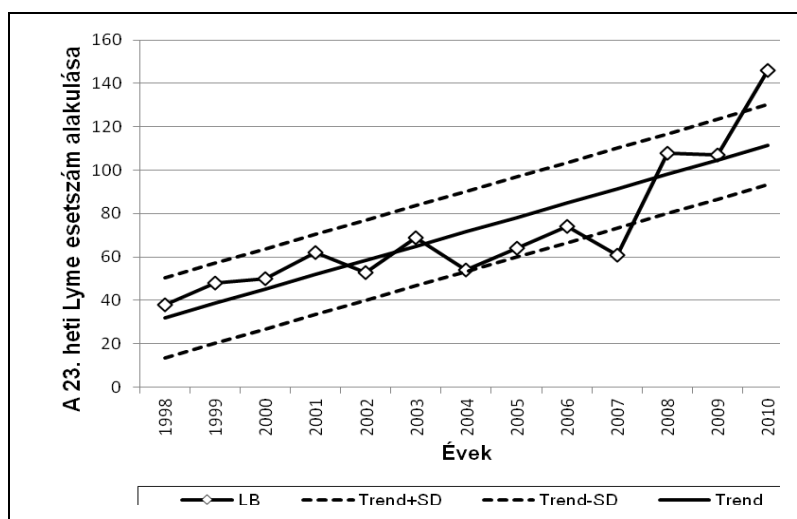
A LB az egyik legfontosabb vektoriális fertőző betegség Európában. Az ember megfertőződése súlyos, akár maradandó ízületi, idegrendszeri és szívproblémákkal járhat Közép-Európában. A betegségnek, a klímaváltozásnak köszönhető északi irányú terjedését tapasztalják az 1990-es évek óta Skandináviában, emellett a fő terjesztő *Ixodes* kullancsok egyre magasabb tengerszint feletti zónákban jelennek meg (Csehország, Szlovákia). Ezzel egyidejűleg Észtországtól Szlovéniáig nőtt az LB incidencia (incidencia=éves esetszám/érintett népesség) és számos országban a TBE esetszám is. Sajnálatos módon a hazai bejelentési rendszer nem teszi lehetővé, hogy a megbetegedés trendjét valósan megítéljük, ezért a LB vizsgálatára kellett szorítkoznunk. Tanulmányunk célja az volt, hogy egyrészt azonosítsuk a klímaváltozás esetleges, már eddig is megnyilvánuló hatásait, a különböző területeken élő kullancspopulációk okozta LB fertőzések szezonálisbeli különbségeit, és a kutatási sor legvégén ezeket az eredményeket összegezve majd egy olyan modellt készítsünk, amely a hőmérséklet éves menetének a klímaváltozás hatására történő megváltozása mellett képes megjósolni az LB szezonális változását a XXI. század végéig.



A Magyarországon megfigyelt kullancsfajok száma több mint 30-ra tehető, ezek közül a legfontosabb, legelterjedtebb és legellenállóbb fajokat tömörítő nemzetség az *Ixodes* fajoké. Az *Ixodes ricinus* Európa-szerte elterjedt faj, többek között a LB legfontosabb terjesztője. A LB szezonálisának, abszolút esetszámának klímfüggése jó modellt szolgáltatathat, a klímaváltozásnak a vektoriális betegségekre gyakorolt hatásának megismerése céljából.

A klímaváltozás hatása a LB incidenciájának emelkedésére feltételezhető, ugyanakkor ilyen irányú részletes vizsgálatot még nem végeztek hazánkban. A klímaprojekciók és -jelentések nagy száma ellenére aránylag kevés kísérlet történt kvantifikálható eredmények nyerésére, vektoriális betegségek várható alakulásával kapcsolatban. Mindennek oka a vektoriális betegségek komplexitásában és nehéz modellezhetőségében keresendő. Három megközelítés áll rendelkezésünkre Magyarországon: 1) Az elmúlt évek klímájának változása és az LB incidencia éves mintázatának és trendjeinek összevetése. 2) Magyarország területén belül létező klimatikus különbségek hatása a LB szezonálisra.

1. Az LB esetek éves eloszlása a kullancsok éves aktivitásának és a hőmérséklet alakulásának a függvénye. A heti LB esetszámok, és a megbetegedések regionális szintű bejelentési helyeivel kapcsolatos adatok az Epidemiológiai Felügyeleti Rendszerből származtak, a heti hőmérsékleti adatokat az Országos Meteorológiai Szolgálat bocsátotta rendelkezésünkre. Leíró statisztikát és lineáris regressziót alkalmaztunk.



4. ábra: A 23. heti LB esetszám alakulása 1998-2010 között



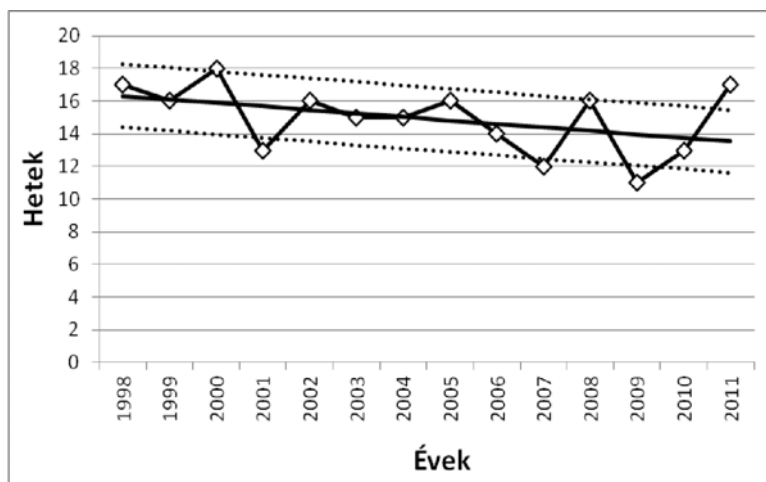


100.000 főre vetítve az incidencia 11.597 volt 1998-2003 közötti időszakban, és 15.268 a 2004-2010-es periódusban. A tavaszi átlaghőmérsékletek változása  $0,052^{\circ}\text{C}/\text{év}$  emelkedést mutatott az 1998-2010-es időszakban. Az LB incidencia egyenletesebb emelkedést mutatott tavasszal, mint nyáron. A tavasz kezdetének azt az első  $10^{\circ}\text{C}$ -os átlaghőmérsékletű napot tekintettük, melyet  $8^{\circ}\text{C}$ -nál alacsonyabb hőmérsékletű nap már nem követett a hátralévő tavaszi hetek során. Ezen meghatározás alapján a tavasz 1,5-2 héttel korábban kezdődik, mint 12 évvel ezelőtt (5. ábra). Hasonló, 2-3 hetes változás volt megfigyelhető a 10 LB eset/hét vizsgálatokor is, mely szerint a kezdeti 16. hétről korábbra, a 13-14. hétre helyeződött ez az időpont. Az incidencia, esetszám-növekedés 80%-a a 18-28. hetek alatt következett be, és a 23-24. hetekben mutatkozott a növekedés maximuma (4. ábra). Az LB szezon melegebb átlaghőmérsékletű években 1-2 héttel hosszabbnak mutatkozott.

2. A klíma regionális különbségeinek az LB incidenciájára és szezonálisára gyakorolt hatását mostanáig nem vizsgálták Magyarországon. Baranya, Somogy és Zala megyék klimatikus jellemzőit és az LB adatait hasonlítottuk össze Nógrád és Borsod-Abaúj-Zemplén megyék hasonló észleléseivel. Célunk a két, hazai viszonyokhoz mérten lehető legnagyobb mértékben eltérő klímájú terület kiválasztásakor a kontrasztképzés volt, a kontinentális klímájú északkeleti és a szubmediterrán délnyugati régió között meglévő eltérések tükröződését vártuk a LB adatokban. A három délnyugati megye esetében a téli heti átlaghőmérsékletek  $0^{\circ}\text{C}$  közelében vagy felette maradnak, ezzel ellentétben a két északkeleti megyében a heti átlaghőmérsékletek a téli szezonban fagypon alattiak voltak. A legnagyobb heti átlaghőmérsékleti különbségek télen és kora tavasszal mutatkoztak, és elérték az  $1-1,5^{\circ}\text{C}$ -ot esetenként. A fagypon feletti átlaghőmérsékletű hetek a délnyugati megyékben átlagosan 2 héttel korábban kezdődtek. A tavaszkezdetnek azt a hetet tekintettük, melynek átlaghőmérséklete elérte a  $10^{\circ}\text{C}$ -ot, és ezt nem követte már  $7^{\circ}\text{C}$ -nál hidegebb átlaghőmérsékletű hét. Az északkeleti megyékben ez az indikátorhét szignifikáns trend szerint mintegy 2,5 héttel korábbra helyeződött a tavasz során, amit követett az LB szezon korábbra helyeződése is. Az átlagos heti LB incidenciák összevetése során kiderült, hogy az LB szezon csúcsa a délnyugati megyékben egy héttel korábban mutatkozott. A fentebbiek alapján lehetséges, hogy a klímaváltozás nagyobb mértékben érintette a hűvösebb klímájú megyéket, ami főképpen a tavaszkezdet és az LB szezon korábbi hetekre tolódásában jelentkezett,



továbbá a meglévő klimatikus különbségek megmutatkoztak a két terület 13 évi átlagolt heti incidenciáiban meglévő különbségekben is.



5.ábra: Az LB szezonkezdés alakulása 1998-2011 között

3. Az első két pont alapján kijelenthető, hogy a regionális klímák közt észlelt különbségek, az évek között tapasztalt tavaszi átlaghőmérséklet-különbségek, és a tavasz kezdetének alakulása hatást gyakorolnak a LB szezon kezdetére, a csúcsidezőre és a csökkenő szakasz kezdetének idejére, valamint lefolyására. A tavaszi 7-8°C-os átlaghőmérséklet Magyarországon jó egyezést mutat az LB szezon kezdetével. Mivel az irodalom alapján ismert, hogy a felnőtt és nimfa *Ixodes ricinus* kullancsok aktivitása 5°C alatt nem lehetséges, feltehető, hogy a 7-8°C-os és az 5°C-os átlaghőmérsékletű időszak között fennálló 1-2 hetes különbség a kullancscsípés és az LB esetek bejelentése közötti idő különbségnek tudható be. Mindezt megerősíti megfigyelésünk, miszerint az olyan években, amikor a kora tavaszi időszak egy hét alatt 5-6°C átlaghőmérséklet-különbséget produkál, a homológ lefutású hőmérsékleti és incidencia görbe identikus pontjait vizsgálva, megállapítható mintegy két hetes különbség a hőmérséklet menete, és az incidencia változása között. Mindez összhangban áll az irodalomban leírt, a csípéstől az erythema migrans (lat., vándorló bőrpír, EM), vagyis az első, látható tünetek megjelenéséig eltelő, átlagosan 7 napnyi latenciával (3-30 nap késéssel a csípéstől számítva), ha figyelembe vesszük az orvoshoz fordulásból eredő késedelmet, a kullancsok biológiai válaszájának időigényét az aktuális hőmérsékletre, valamint a bejelentési rendszer által szolgáltatott heti felbontásból következő sajátosságokat. Szintén látszólagos latenciát (késést) okozhat az általában egy hétnél rövidebb időt



igénybe vevő szerológiai diagnosztika is. A kullancsaktivitás és az átlaghőmérséklet, a nyári meleg és szárazság, továbbá az emberi aktivitás járulékos hatása képezik modellünk alapját.

### **Leishmaniasis, mint modell egy jelenleg terjeszkedő vektorális betegségre, meleg égövi vektorral**

A leishmaniasis a trópusi és meleg mérsékelt öv mintegy 98 országát érintő parazitás betegség, mely jelenleg terjedőben van. Súlyos belső szervi és leprára emlékeztető, roncsoló elváltozásokkal járó betegség. Terjesztői a Phlebotominae alcsaládba tartozó lepkeszúnyogok (*Phlebotomus*) az Ófajok, illetve *Lutzomya* fajok az Újvilágban. A leishmaniasis és vektorainak északi elterjedési határát térségünkben Magyarország jelenti, délnyugati megyéinkben kutyákban már igazolták a fertőzés jelenlétét<sup>7,8</sup>. A leishmaniasist terjesztő ízeltlábú lepkeszúnyog-vektorok rendkívül érzékenyek a környezeti feltételekre, fennmaradásuk és szaporodásuk nedves, enyhe klímájú környezetben biztosított. Természetes viszonyok között az avar és az odvas fák jelentik az élőhelyet, emberi környezetben azonban az épülethibák (repedések, nedves zugok), személtelhelyezésre szolgáló tárgyak és vizes blokkok nyújtják a legjobb életfeltételeket. A klímaváltozás hatására várhatóan északi irányba fog tágulni a lepkeszúnyog fajok elterjedési területe, köszönhetően a jövőben várható enyhébb teleknek és a hosszabb és melegebb vegetációs periódusnak. A klímaváltozás hatására a leishmaniasis endémiássá válhat a Kárpát-medencében, ami komoly kihívást jelenthet mind a humán, mind az állategészségügy számára. Hasonló kedvezőtlen tendenciák várhatók Európa más, mérsékelt övi területein is.

Kutatásunk célja az volt, hogy jelen geográfiai elterjedésük alapján megismerjük a *Leishmania infantum* parazitát terjesztő 5 legfontosabb *Phlebotomus* faj (*Phlebotomus ariasi*, *P. neglectus*, *P. perfiliewi*, *P. perniciosus* és *P. tobbi*) és maga, a *Leishmania infantum* klímaigényeit, és ennek használatával megbecsüljük a fajok jövőben várható potenciális elterjedési területét a REMO klímamodell szerint.

<sup>7</sup> Tánczos, B., N. Balogh, L. Király, I. Biksi, L. Szeredi, M. Gyurkovsky, A. Scalone, E. Fiorentino, M. Gramiccia, R. Farkas (2012) First record of autochthonous canine leishmaniasis in Hungary. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 12: 588-594

<sup>8</sup> Farkas, R., B. Tánczos, G. Bongiorno, M. Maroli, J. Dereure, P.D. Ready (2011) First surveys to investigate the presence of canine leishmaniasis and its phlebotomine vectors in Hungary. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 11: 823-34.

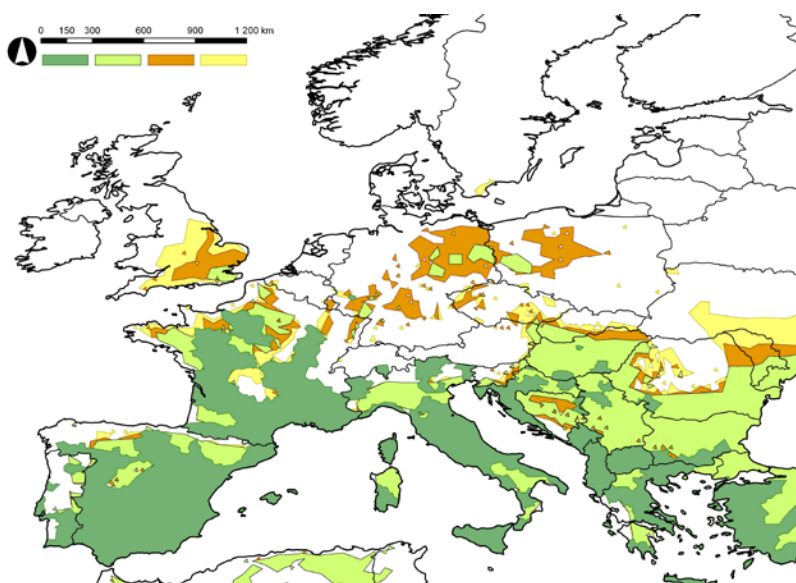


1961-1990 képezte klimatikus szempontból a referencia időszakot, projekcióinkat a 2011-2040-ig, valamint a 2041-2070-ig tartó időszakokra végeztük el. A potenciális elterjedési területeknek a kirajzolása céljából climate envelope modelt (niche-alapú modellezés, korrelatív modellezést) használtunk. Az éghajlati adatokat a REMO regionális klímamodell szolgáltatta, mely az ECHAM5 globális modell és az IPCC SRES A1B klímaszcenárió alapján készült, és Európát 25 kilométeres felbontású rácshálóval fedi. A következő 36 klímparamétert használtuk a modellezés során: a 12 hónapnak megfelelően a havi középhőmérsékleteket ( $T_{\text{mean}}$ , °C), havi minimumhőmérsékleteket ( $T_{\text{min}}$ , °C) és havi csapadékösszegeket ( $P$ , mm). A vizsgált klímparaméterek mindegyikét a harmincéves időszakokra átlagoltuk, azaz a referencia időszak (1961-1990) és a jövőben modellált 2 időszak is harminc éves periódust tett ki (2011-2040 és 2041-2070). Közvetett módon az évszakos periodicitás, a hőösszeg és a vegetáció is a modell részét képezik. Eredményeink azt mutatják, hogy az 5 vizsgált lepkeszúnyog faj jelenlegi és jövőbeli potenciális elterjedési területeiben jelentős különbségek várhatók, mivel egyes fajok majdnem az egész mérsékelt övi Európában otthonra lelhetnek (*P. ariasi* és *P. perniciosus*), míg mások esetében nem várható a jelen elterjedési terület szignifikáns változása (*P. similis* és *P. sergenti*), a referencia időszakra (1960-1990) modellezett potenciális területet egyik faj sem tölti ki teljes mértékben.

A jelenleg kifejezetten a nyugati vagy a keleti mediterrán medencére korlátozódó fajok klimatikus igényei nem indokolják geográfiai szegregációjukat, ennek hátterében paleoklimatikus-domborzati tényezők állhatnak. Miközben Nyugat-Európa számára 2 lepkeszúnyog faj (*P. ariasi* és *P. perniciosus*) jelent fenyegetést, addig Magyarország szempontjából mind az 5 faj kolonizációja valószínű. Összességében a 8, vizsgált Phlebotomus faj várható elterjedése Európa mediterrán és mérsékelt övi területeinek nagy részét érinti (6. ábra). A *Leishmania infantum* parazita prediktált elterjedési területe mindenhol elmarad a potenciális vektorok északi elterjedésének méretétől, így hazánkban is, ugyanakkor ezt az eredményt kritikusan kell szemlélni. A *P. ariasi* potenciálisan az észak-magyarországi megyék kivételével az egész országban megjelenhet a 2041-2070-ig tartó időszakra, addig a *P. perfiliewi* és *P. tobbi* esetében az óceáni hatást kapó, kissé hűvösebb nyarú északnyugati területet nem jelzi alkalmasnak a modell. Amíg a *P. perniciosus* potenciális elterjedési területe a délnyugat-északkeleti irányba mutató vektor szerint



bővíülhet, addig a *P. neglectus* esetében a déli megyék tűnnek elsősorban alkalmasnak a megtelepedésre.



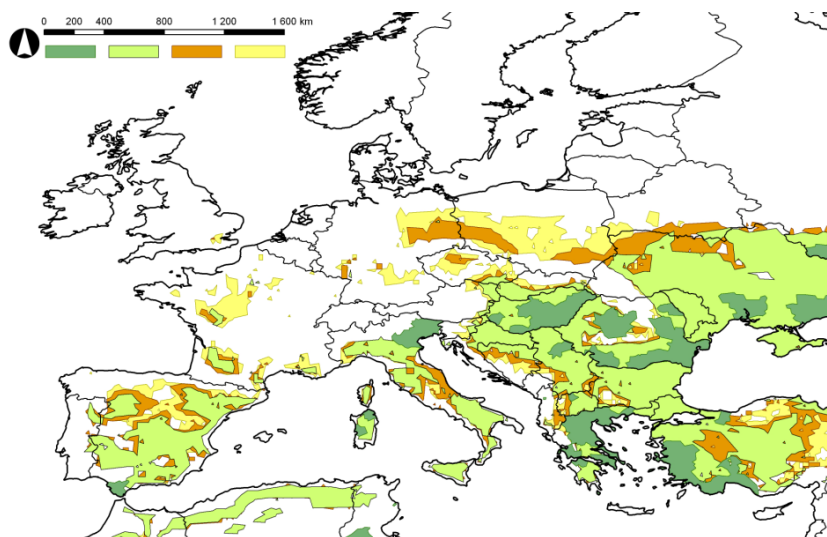
6.ábra: 8, potenciálisan leishmaniasist terjesztő, Európában honos Phlebotomus faj jelenlegi (2012-es adatok alapján; sötétzöld), a referencia időszakra számított (1961-1990; világoszöld), a 2011-2040 (narancssárga) és a 2041-2070-es (citromsárga) jövőbeli 30 éves periódusokra készített potenciális előfordulási térképeinek uniója

Az aktivitási periódus hosszának megváltozása is várható, vagyis a *P. neglectus* és a *P. perniciosus* esetében a 2041-2070-ig tartó periódusig 1 hónap prolongáció (meghosszabbodás) várható a potenciális aktivitási időszakot illetően Pécs térségében. Eredményeink megerősítik azt a feltevést, hogy hazánk speciális fekvésének, a Balkán-félsziget felé nyitott jellegének és a három domináns éghajlati alakító hatásnak (óceáni, mediterrán és kontinentális alacsony légnyomású légtömegek) köszönhetően fokozottan érzékeny a klímaváltozás okozta hatások szempontjából. Európa északnyugati területei felé elsősorban Franciaország jelenti a kaput. Magyarország szerepe ebből a szempontból kevésbé tűnik jelentősnek, mivel a domborzat (Kárpátok, Cseh-masszívum) és az Európa keletebbi felére jellemző kontinentális klíma megnehezítik a vektorok északra történő terjedését. Modelleredményeink megerősítik, hogy a délnyugati magyar megyékben leírt autochton, canine (kutya-) leishmaniasis esetek mögött a vektor lepkeszúnyog fajok jelenléte áll. Várhatóan a XXI. századra hazánk klímája a vizsgált öt lepkeszúnyog faj mindegyike, valamint a legdélebbi megyékben a parazita számára is megfelelővé válhat.



## Nyugat-nílusi láz, mint modell, egy jelenleg terjeszkedő vektoriális betegségre, mérsékelt égövi vektorral

A nyugat-nílusi láz (West Nile fever) (flavi)vírusának terjesztői a mérsékelt övön *Culex*(csípő)-szúnyogok (Pl. *Culex pipiens*). Influenzaszerű, olykor súlyos idegrendszeri szövődményekkel (agyhártya-agyvelő gyulladás), akár halálos kimenetellel járó betegség. A betegséget először Ugandában észlelték, de 1937 óta az északi mérsékelt öv számos országban megfigyelték jelenlétét, így 1996-ban már a szomszédos Romániában is. Európában ismertté váltak esetei ezen kívül Görögországból, Olaszországból, Macedóniából, Szerbiából, Spanyolországból és hazánkból is.



7.ábra: A nyugat-nílusi láz vírusának jelenlegi (2012-es adatok alapján; sötétzöld), a referencia időszakra számított (1961-1990; világoszöld), a 2011-2040 (narancssárga) és a 2041-2070-es (citromsárga) jövőbeli 30 éves periódusokra készített potenciális előfordulási térképe a referencia időszak alapján

A nyugat-nílusi láz eredetileg afrikai eredetű, jelenleg terjedési fázisban van. Minden jel szerint a madarak, különösen a verébalkatúak a betegség fő gazdái, rezervoárjai, de a varjúfélék szerepe sem elhanyagolható. A *Phlebotomus* fajok és a *Leishmania infantum* parazita kapcsán említett módszerek szerint megvizsgáltuk a betegség potenciális elterjedését a referencia időszakban, valamint a 2011-2040-ig és 2040-2071-ig tartó periódusra nézve. A jelen elterjedési terület alapján modellezett kép szerint az óceáni klímájú területek kevésbé tűnnek alkalmasnak a



betegség számára (7. ábra). Tekintve, hogy a betegség még nem érte el elterjedésének végleges nagyságát, és nem tölti ki a történetileg számára elvben alkalmas areát (szemben az LB vagy a leishmaniasissal), óvatosan kell eljárunk az így kapott eredményekkel. Annyi állítható, hogy a vírus elterjedési potenciálja nagy, és elvben akár akkora is lehet, mint maguk a *Culex* fajoké. A nyugat-nílusi láz jó példa arra, milyen körültekintően kell eljárunk a modelleredmények értékelése kapcsán.

### Konklúzió

A vektoriális betegségek és zoonózisok jelentősége emelkedni fog a klímaváltozás hatására. Könnyen terjedő, és nehezen kontrollálható, esetenként szokatlan, súlyos megbetegedéseket okozni képes fertőző betegségek megjelenése várható. A hosszabb vegetációs időszak, a magasabb téli átlaghőmérséklet, és a klímaváltozás következtében az ízeltlábúak természetes ellenségeinek csökkenő száma, a degradáció, és a természeti környezet fragmentációja mind a vektoriális betegségek terjedésének kedvez. Mind civil részről, mind a hadsereg szempontjából növekvő kockázatot jelentenek a zoonózisok, és a jelenlegi klíma előrejelzések szerint nem látni a folyamat végét. A külföldre vezényelt katonák olyan fertőző betegségekkel térhetnek haza melyek megtelepedésre találhatnak az új hazában, ezzel veszélyeztetve a polgári lakosság egészségét is, azonban a civilek külföldre irányuló turizmusa hasonló és vélhetően nagyságrendjét tekintve nagyobb kockázatot rejt magában. A jövőben még nagyobb figyelmet kell fordítani a harcoló alakulatok ilyen irányú kiképzésére (elkerülési technikák, felvilágosítás, prevenció), és az egészségmonitorozásra (surveillance). A kullancsok által terjesztett betegségek növekvő, a lepkeszúnyogok által terjesztett leishmaniasis formák és a nyugat-Nílusi láz pedig új kockázati tényezőket jelentenek.

### Irodalomjegyzék

- Blanco, J. R., & Oteo, J. A. (2006). Rickettsiosis in Europe. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1078(1), 26-33.
- Marr, J. S., & Cathey, J. T. (2013). The 1802 Saint-Domingue Yellow Fever Epidemic and the Louisiana Purchase. *Journal of Public Health Management and Practice*, 19(1), 77-82.
- Bugert, J. J., Welzel, T. M., Zeier, M., & Darai, G. (1999). Hantavirus infection—haemorrhagic fever in the Balkans—potential nephrological hazards in the Kosovo war.



Nephrology Dialysis Transplantation, 14(8), 1843-1844.

Army Vector-borne Disease Report.

[http://phc.amedd.army.mil/Periodical%20Library/ArmyWeeklyVector-borneDiseaseReport\\_9Oct12.pdf](http://phc.amedd.army.mil/Periodical%20Library/ArmyWeeklyVector-borneDiseaseReport_9Oct12.pdf). Utoljára megtekintve: 2013-03-18.

<http://www.honvedelem.hu/nyomtat/10352>. Utoljára megtekintve: 2013-03-18.

Davies, K. F., & Margules, C. R. (2002). Effects of habitat fragmentation on carabid beetles: experimental evidence. *Journal of Animal Ecology*, 67(3), 460-471.

Tánczos, B., N. Balogh, L. Király, I. Biksi, L. Szeredi, M. Gyurkovsky, A. Scalone, E. Fiorentino, M. Gramiccia, R. Farkas (2012) First record of autochthonous canine leishmaniasis in Hungary. *Vector Borne Zoonotic Dis.*12: 588-594

Farkas, R., B. Tánczos, G. Bongiorno, M. Maroli, J. Dereure, P.D. Ready (2011) First surveys to investigate the presence of canine leishmaniasis and its phlebotomine vectors in Hungary. *Vector Borne Zoonotic Dis.*11: 823-34.