

Abstract

Leishmaniasis is a typical vectorial disease transmitted by Psychodidae vectors (*Lutzomyans*, *Phlebotomus* species). The worldwide observed 1,5-2 million new cases and 60,000 death caused by *Leishmania* parasites per year make leishmaniasis one of the most important vectorial disease in the tropics and warm temperate areas of the World. In the human environment dogs and cats are the most important hosts of the different leishmania agents. The different leishmania species cause symptomatically cutan or visceral disease forms, but many other type of the disease has recognised. *Phlebotomus* species are sensitive to climatic patterns, they require high relative air humidity, mild winters and long and warm vegetation period, but the environmental requirements of the species naturally is not the same. Due to climate change in the near future the climate of Western and Central Europe could allow the colonisation of these highly populated areas with also the vectors and the parasites.

Our aim was to analyse the environmental patterns of the current distribution area of 8 important sand flies (*P. ariasi*, *P. perniciosus*, *P. perfiliewi*, *P. papatasi*, *P. tobbi*, *P. neglectus*, *P. similis* and *P. sergenti*) using the 1960-1990 period's climate as reference. Using climate envelope modeling we determined these climatic characters and using the REMO climate projection we created the recent and the near-future (2011-2040 and 2041-2070) potential distribution area of the sand flies. The current known area of many *Phlebotomus* species restricted either to the western or to the eastern Mediterranean Basin.

We found that their climatic requirements are could not explain their segregation, it is maybe the consequence of their evolutionary history (geographical barriers and paleoclimatic history). By the end of the 2060's most parts of Western Europe can be colonized by sand flies, mostly by *P. ariasi* and *P. perniciosus*. *P. ariasi* showed the greatest potential northward expansion. Our model resulted 1 to 2 months prolongation of the potentially active period of *P. neglectus*, *P. papatasi* and *P. perniciosus* for the 2070's in Southern Hungary. As the climate becomes drier and warmer, sand flies will occupy more and more parts of Hungary. Our findings confirm the concerns that leishmaniasis can become a real hazard for the major part of the European population to the end of the 21th century and the Carpathian Basin is a particularly vulnerable area.

1 BEVEZETÉS

A leishmaniasis egy főként lepkeszúnyogok (*Phlebotomus* fajok) által terjesztett, *Leishmania* nemzetségbe tartozó protozoonok által okozott betegség. A mintegy 1,5-2 millió/év új fertőzéssel és az évente mintegy 60,000 halálos áldozattal járó *leishmaniasis* az egyik legfontosabb vektoriálisan terjedő humán betegség bolygónk trópusi és meleg mérsékelt övi területein, prevalenciája eléri 12 millió főt (Naderer és mtsai. 2006). A *Phlebotomus*ok az elsődleges terjesztői a *Leishmania* parazitáknak az Óvilágban; az Újvilágban a *Lutzomya* fajok töltik be ugyanezt a szerepet (Killick-Kendrick 1990). A lepkeszúnyogok a Dipterák (kétszárnyúak) rendjének egy viszonylag ősi ágához (Psychodidae család) tartoznak, jellemző mediterrán-szubtrópusi faunaelemek (Aspöck és mtsai. 2008).

A *Leishmania infantum* leggyakoribb terjesztői a *P. ariasi* és a *P. perniciosus* Európában, de ezen kívül még 3 jelentősebb terjesztője ismert az öreg kontinensen (Minter 1989, Killick-Kendrick 1990, WHO 1984, Léger és mtsai. 2000). A *L. infantum* protozoonok legfontosabb rezervoárjai a kutya- és macskaféle ragadozók (Shaw és mtsai. 2003), de rágcsálók és lovak is lehetnek hordozói (Sánchez és mtsai. 2000; Pennisi 2002, Köhler és mtsai. 2002, Solano-Gallego és mtsai. 2003). A mediterrán országokban a legjelentősebb hordozók emberi szempontból a kutyák. A *Phlebotomus* fajok elterjedési területe nagyobb, mint magának a *Leishmania* parazitáknak. Ebből következően a lepkeszúnyog fajok klímaváltozás hatására bekövetkező északi irányú terjedése nem vonja maga után feltétlenül a *Leishmania* paraziták elterjedésének azonos nagyságú változását.

A leishmaniasist terjesztő ízeltlábú lepkeszúnyog vektorok rendkívül érzékenyek a környezeti feltételekre, fennmaradásuk és szaporodásuk nedves, párás, enyhe klímájú környezetben biztosított. Egyes fajaik -4 - 5°C minimum-hőmérsékletet is tolerálnak (Lindgren és Naucke 2006). Természetes

viszonyok között az avar és az odvas fák, valamint a természetes vizek által nedvesen tartott, mikrobabevonattal rendelkező sziklafelszínek jelentik az élőhelyet, emberi környezetben azonban romok, épületek repedései, nedves zugok, személtelhelyezésre szolgáló tárgyak és vizes blokkok nyújtják a legjobb életfeltételeket.

2 CÉLKITŰZÉS

Tanulmányunk céljából tűztük ki 5 potenciálisan *Leishmania infantum*ot terjesztő *Phlebotomus* faj (*P. ariasi*, *P. neglectus*, *P. perfiliewi*, *P. perniciosus*, *P. tobbi*), 3, elsősorban *L. donovani* és *L. tropica* parazitát terjesztő lepkeszúnyog (*P. papatasi*, *P. similis* és *P. sergenti*) klimatikus igényeinek megismerését és összevetését, valamint az 1961-1990-es referencia-időszak és a REMO klímamodell alapján a 2011-2040, valamint a 2041-2070-es időszakokra előrevetített potenciális elterjedési területek kirajzolását climate envelope model (niche-alapú modellezés, korrelatív modellezés) alkalmazásával.

3 ADATOK ÉS MÓDSZEREK

A fajok jelenlegi európai elterjedési területeit a **VBORNET (2012)** adatbázis szolgáltatta. Az éghajlati adatokat a REMO regionális klímamodell szolgáltatta (**Jacob és mtsai. 1997; Jacob és mtsai. 2001**), mely az ECHAM5 globális modell (**Roeckner és mtsai. 2003, Roeckner és mtsai. 2004**) és az IPCC SRES A1B klímaszcenárió (**Strengers és mtsai. 2004**) alapján készült, és Európát 25 kilométeres felbontású rácshálóval borítja.

Fontos megjegyezni, hogy a klímamodell a szezonális átlaghőmérsékletek emelkedésén kívül a nyári csapadékösszeg csökkenését is előre vetíti. A következő fizikai jellemzőket használtuk a modellezés során: a havi középhőmérsékleteket (T_{mean} , °C), havi minimum-hőmérsékleteket (T_{min} , °C) és havi csapadékösszegeket (P , mm). A három típusú változó 12 hónapra vetítve összesen 36 független változót jelent a modellben. Ezek mindegyike havi felbontásban állt rendelkezésre és mind a referencia időszakban, mint a két jövőbeli időszakot illetően harmincéves időszakokra lett átlagoltuk.

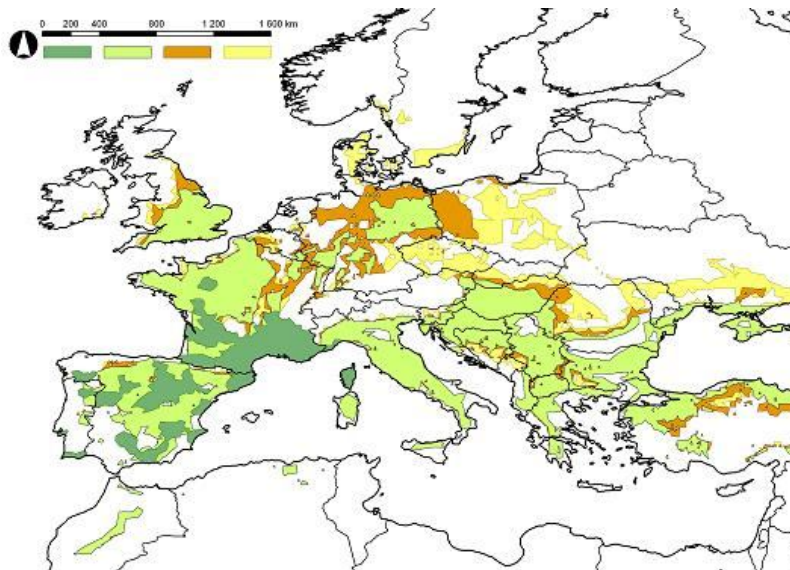
Kutatásunk során az adatok statisztikai előfeldolgozáson esek át, amivel az elterjedési térképek kis horizontális felbontásából és a tévesen bekerült klímaadatokból adódó pontatlanságokat sikerült mérsékelni az adatsorok néhány percentilisének elhagyásával. A modellezés csak az európai adatbázisokon alapult, így a modellben Észak-Afrikára jelzett potenciális elterjedési területek nem verifikálhatóak. Figyelembe kell venni azt is, hogy a csak nyugati, vagy keleti területekre korlátozódó fajok esetében bizonyos klimatikus kombinációk esetleg nem fordulnak elő az élőhelyükön.

4 EREDMÉNYEK

4.1 *P. ariasi*

A *P. ariasi* jelen északi elterjedési határa Európában az ÉSZ 49°, habár a faj elterjedése nagyrészt Spanyolországra és Dél-Franciaországra korlátozódik. Modellünk szerint az elméletileg lehetséges északi elterjedési határ (csak a vizsgált klimatikus faktorokat figyelembe véve) az ÉSZ 53° körül húzódná már a 2040-es évek végére is, elérve Németországot és Nagy-Britanniát. Emellett a faj számára a földrajzi akadályok legyőzése esetén alkalmasnak mutatkozna a klíma a teljes kelet-mediterráneumban, beleértve a Pannon síkság jelentős részét is, az Észak-Alföld nagy részének és a teljes Észak-Magyarország kivételével.

A modell szerint a 2011-2040-es időszakban a vektor potenciális területe főként Németország középső területein növekedne és magába foglalná Lengyelország keleti területeit (a januári átlaghőmérsékleti limit: -0.5°C), valamint a teljes Észak-Alföldet Magyarországon. A 2060-as évek végére a vektor potenciális elterjedési területe tovább terjedne a kontinentális területek irányába, ugyanakkor az északi és óceáni területek nedves, csapadékos nyarai miatt sokkal kisebb lenne a változás a Balti-tenger környékén és a Brit-szigeteken (A júliusi csapadéklimit 84-93 mm, a júliusi hőmérsékleti limit pedig $14.7-15.5^{\circ}\text{C}$). Szintén a hűvös nyarak miatt nem várható a vektor behatolása az alpi területekre.

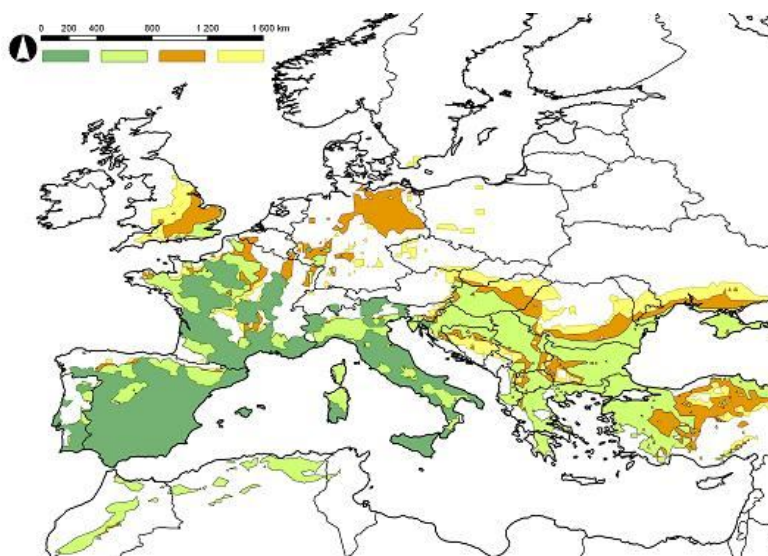


1. Kép: A *Phlebotomus ariasi* potenciális elterjedési területe (2012, 2011-2040, 2041-2070). Színekódok: jelenleg (2012) ismert elterjedési terület (sötétzöld); a referencia időszakra modellezett potenciális elterjedési terület (világoszöld); a 2011-2040-es időszakra modellezett potenciális elterjedési terület (narancssárga); a 2041-2070-es időszakra modellezett potenciális elterjedési terület (citromsárga).

4.2 *P. perniciosus*

Annak ellenére, hogy a *P. perniciosus* jelen elterjedése hasonlóan tűnik a *P. ariasi*-éhoz, jelentős különbség a két faj között, hogy a *P. ariasi* a mediterrán hegyvidéket, a *P. perniciosus* a tengerparti síkságokat részesíti előnyben (Chamailé és mtsai. 2010). Potenciális jelenlegi elterjedési területét a nyugat-mediterráneumban majdnem lefedi a valós elterjedése, a kelet-mediterrán területeken ez a faj sem honos. Potenciálisan jelenleg közép-Németországban, a teljes kelet-mediterráneumban és Magyarországon nyugati-délnyugati felén adottak az életfeltételek számára.

A limitáló klímatervezők: 78-84 mm júliusi csapadékösszeg, 0.5°C januári átlaghőmérséklet és több mint 2.1°C-os decemberi átlaghőmérséklet, az óceáni területeken a 15.9°C-nál magasabb júliusi átlaghőmérséklet. A modell alapján várható jövőbeli elterjedési területe kisebb, iránya hasonló, mint a *P. ariasi* esetében látható. A modellezett elterjedési területek jellegzetessége, hogy Közép-Európa esetében nem jósol a modell akkora különbséget a két modellezett jövőbeli periódus között, mint a *P. ariasi* esetében.

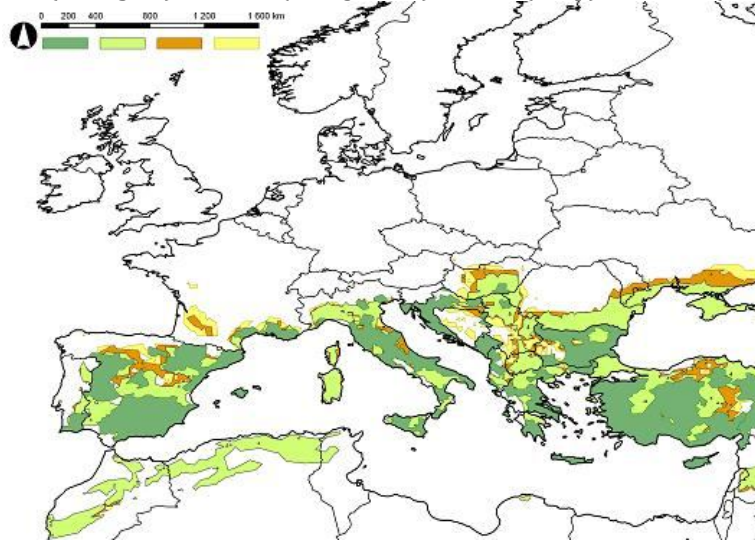


2. Kép: A *Phlebotomus perniciosus* potenciális elterjedési területe (2012, 2011-2040, 2041-2070) Színekódok: jelenleg (2012) ismert elterjedési terület (sötétzöld); a referencia időszakra modellezett potenciális elterjedési terület (világoszöld); a 2011-2040-es időszakra modellezett potenciális elterjedési terület (narancssárga); a 2041-2070-es időszakra modellezett potenciális elterjedési terület (citromsárga).

4.3 *P. neglectus*, *P. papatasi*, *P. perfiliewi* és *P. tobbi*

A *P. papatasi*, *P. neglectus* és *P. perfiliewi* valós elterjedési területe magában foglalja Magyarország délnyugati megyéit (Tánczos és mtsai. 2012), így modellezésünk szempontjából talán a legfontosabb fajok. A *P. papatasi* a legelterjedtebb, mivel a Mediterrán medence mindkét felén előfordul. Mind a 4 faj terjedése várható a jövőben, de nem azonos területeken és mértékben.

A terjedés szempontjából a *P. perfiliewi* és a *P. tobbi* tűnik a legpotensebbnek. A fő limitáló faktorok: $(P_{Jul}) < 45 \text{ mm}$ (*P. neglectus* és *P. papatasi*), és $\max(P_{Jul}) < 51 \text{ mm}$ (*P. perfiliewi* és *P. tobbi*), $\min(\text{Tátlag}_{Jul}) > 18.5^\circ\text{C}$ (*P. neglectus*), és $\max(P_{Sep}) < 72 \text{ mm}$ (*P. tobbi*).

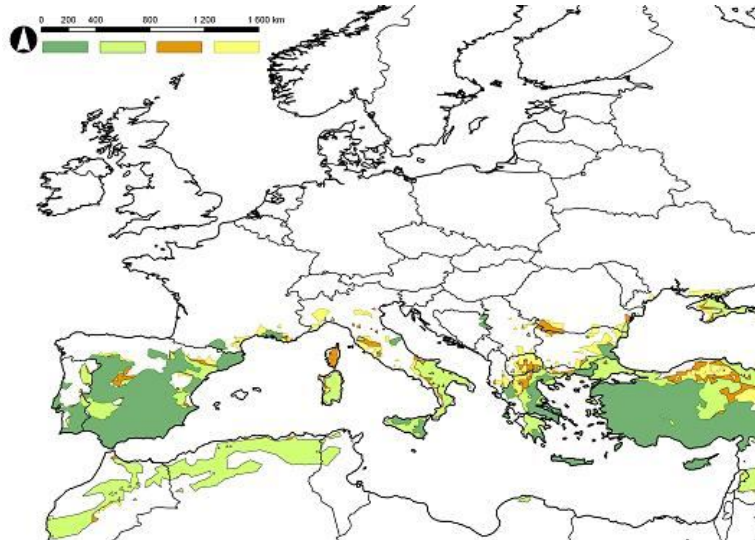


3. Kép: A *Phlebotomus papatasi* potenciális elterjedési területe (2012, 2011-2040, 2041-2070) Színek: jelenleg (2012) ismert elterjedési terület (sötétzöld); a referencia időszakra modellezett potenciális elterjedési terület (világoszöld); a 2011-2040-es időszakra modellezett potenciális elterjedési terület (narancssárga); a 2041-2070-es időszakra modellezett potenciális elterjedési terület (citromsárga).

4.4 *P. sergenti* és *P. similis*

A vizsgált 8 lepkeszúnyog faj közül a *P. similis* és a *P. sergenti* a leginkább meleg, valódi mediterrán klímához kötődő fajok. Modellünk szerint terjedésük a 2070-es évek végéig sem várható Európa északabbi területei felé.

A *P. sergenti* és a *P. similis* fajok érzékenyek a bármely évszakban hulló csapadékra: $\max(P_{Jul}) < 27 \text{ mm}$ és a $\max(P_{Sep}) < 36 \text{ mm}$ (*P. similis*). Élőhelyükön a januári átlaghőmérséklet nem lehet kevesebb, mint -0.1°C .



4. Kép: A *Phlebotomus sergenti* elterjedési területe (2012, 2011-2040, 2041-2070) Színek: jelenleg (2012) ismert elterjedési terület (sötétzöld); a referencia időszakra modellezett potenciális elterjedési terület (világoszöld); a 2011-2040-es időszakra modellezett potenciális elterjedési terület (narancssárga); a 2041-2070-es időszakra modellezett potenciális elterjedési terület (citromsárga).

4.5 Az aktivitási periódus hossza

Az aktivitási periódus hossza egyike a vektoriális betegségekkel történő emberi fertőződés legfontosabb tényezőinek. Az irodalom szerint a *P. neglectus* esetében az aktivitási küszöb: 13°C -os

átlaghőmérsékletéhez kötődik (Lindgren 2006), ez a *P. papatasi* esetében 16°C (Colacicco-Mayhugh és mtsai. 2010), a *P. perniciosus*: esetében pedig 15°C (Casimiro és mtsai. 2006).

A modell szerint a *P. neglectus* esetében a potenciális jelenlegi, 2011-2040 közötti és 2041-2071 közötti aktivitási időszakossagai: 8, 8, 9 hónap Athénban és 5, 6, 6 Pécs környékén. A *P. papatasi* esetében ugyanez 4, 4, és 6 hónapban (Görögország) és 2, 3, 4 hónap Szegeden. A *P. perniciosus* esetében a hónapok száma: 7, 8, és 8 Málagában (Spanyolország), Magyarországon 6 hónap lenne, amihez mérten a havi felbontás nem mutat változást a jövőre nézve.

4.6 A vizsgált lepkeszűnyog fajok klimatikus igényeinek összevetése

A januári átlaghőmérsékletekkel szemben tanúsított tolerancia szerint a következő rangsor állítható fel: *P. tobbi*, *P. perfiliewi*, *P. neglectus* (-2.7 – -2.3 °C) > *P. sergenti*, *P. ariasi*, *P. papatasi* (-0.7 – -0.5°C) > *P. similis* (-0.1°C). A januári minimumhőmérsékletek szerinti rangsor: *P. perfiliewi* (-10°C) > *P. ariasi*, *P. neglectus*, *P. tobbi* (-8.8 – -8°C) > *P. sergenti* és *P. papatasi* (-7.2 – -6°C), *P. similis* (-4°C). A júliusi maximális csapadékhullás tekintetében: *P. ariasi* és *P. perniciosus* (87 – 78 mm) > *P. perfiliewi*, *P. neglectus* és *P. papatasi* (51 – 45 mm) > *P. sergenti*, *P. similis* és *P. tobbi* (24.3 – 23.1 mm).

5 ÉRTÉKELÉS

Eredményeink azt mutatják, hogy az 8, *leishmania* parazitát terjesztő lepkeszűnyog faj jelenlegi és jövőbeli potenciális elterjedési területében jelentős különbségek tapasztalhatók. A fő limitáló faktorok között megtalálható a téli minimum-hőmérséklet, a nyári átlaghőmérséklet és meglepően nagy szereppel bír a nyári csapadék, ami általában negatív hatással van a lepkeszűnyogok elterjedésére.

A jelenleg kifejezetten a nyugati vagy a keleti területekre korlátozódó fajok klimatikus jellemzői nem indokolják geográfiai szegregációjukat, ennek hátterében paleoklimatikus-domborzati tényezők sejthetők. Nyugat- és Közép-Európa számára 2 lepkeszűnyog faj (*P. ariasi*, *P. perniciosus*) jelent fenyegetést, addig Magyarországon a *P. papatasi*, *P. perfiliewii*, *P. neglectus*, *P. tobbi* terjedése várható a földrajzi barrierek figyelembe vételével. A legészakabbi területekre ennek megfelelően 2 faj eljutására van kilátás, de kisebb mértékben a *P. perfiliewi* északi irányú terjedése is valószínű Nyugat-Európában. Érdekes eredmény, hogy a várttal szemben az enyhe óceáni klíma ellenére modellünk a Benelux államokat nem tekinti potenciális élőhelyeknek a lepkeszűnyog fajok számára, köszönhetően ezen terület viszonylag hűvös, csapadékos nyarainak (>80-90 mm augusztusban).

Eredményeink megerősítik azt a feltevést, hogy hazánk speciális fekvésének, a Balkán-félsziget felé nyitott jellegének és a 3 domináns éghajlati hatásnak köszönhetően fokozottan érzékeny a klímaváltozás okozta hatások szempontjából. Európa északnyugati területei felé elsősorban Franciaország jelenti a kaput. Magyarország inváziós útvonal szerepe kevésbé tűnik jelentősnek, mivel a geografikus jellemzők (Kárpátok, Cseh-masszívum, Alpok) és az Európa keletebbi felére jellemző kontinentális klíma megnehezíti a vektorok északra történő terjedését.

Modelleredményeink megerősítik, hogy a délnyugati magyar megyékben leírt autochton, canine *Leishmaniasis* esetek mögött a vektor *Phlebotomus* fajok állandó jelenléte állhat. Várhatóan a XXI. századra hazánk klímája a vizsgált nyolc lepkeszűnyog fajtól öt, valamint a legdélebbi megyékben a parazita számára is megfelelő lesz. Modellünk és néhány faj irodalomból ismert biológiai igényei alapján Magyarországon 2011-2070 között fajtól függően 1-2 hónappal fog meghosszabbodni a fajok potenciális aktivitási időszaka.

Modellezésünk eredményei jó egyezést mutatnak a fajok jelenlegi elterjedési területeivel, a modellben megjelenő többlet területek nagysága sok esetben annak a következménye, hogy földrajzi barrierek miatt egyes fajok jelenleg csak a Földközi-tenger keleti vagy nyugati medencéjében találhatóak meg.

Azt mindenképpen tekintetbe kell venni, hogy a földrajzi elterjedés határát egy adott területen egy adott faktor határozza meg, ami attól függően változhat, hogy milyen éghajlati dominancia érvényesül. A modell egy adott faj esetében területenként más-és más faktorokat tekinthet limitálóknak. Az óceáni klímájú területeken az alacsony júliusi átlaghőmérséklet és a nyár csapadékos volta a fő limitáló tényezők. Kelet felé haladva, ahogy nő a kontinentalitás mértéke, úgy kerül előtérbe a januári átlaghőmérséklet és az abszolút minimumhőmérsékletek szerepe a fajok elterjedésének szempontjából. A kárpát-medencei klíma a jelek szerint kiegyensúlyozott ebben a tekintetben, ennek ellenére az ország nyugati felén érvényesülő óceáni hatás a hűvösebb nyarak miatt elterjedési akadályt képezne a *P. neglectus* számára, ami az óceáni területekről származó *P. perniciosus*-nak nem képezne elterjedési határt az ország nyugati területein.

Eredményeink összhangban vannak az irodalommal, miszerint a klímaváltozás hatására várhatóan északi irányba fog tágulni a lepkeszűnyog fajok elterjedési területe, köszönhetően a jövőben várható

enyhébb teleknek és a hosszabb és melegebb vegetációs periódusnak (Fischer és mtsai. (2010, 2011a, 2011b). Kisebbséltérés, Fischer és mtsai. (2011a) hasonló témájú modellezése szerint a Benelux államok is a lepkeszúnyog fajok északi irányú terjedési útvonalába tartoznának, ezt saját modellünk nem támasztja alá. Kennewick és mtsai. (2010) véleményét osztva a lepkeszúnyog fajok kerülnek a rövid, csapadékos és hűvös nyarú területeket. Ugyanez az oka annak, hogy a kiegyenlített klímájú Ír főszigeten nem várható a modell szerint megjelenésük a vizsgált időszakban. A *P. ariasi* és a *P. perniciosus* megjelenése várható Nyugat-Európában, valamint a XXI. század második felére e két faj elterjedése megközelítheti, sőt akár el is érheti a Balti-tenger déli partvonalát ÉSZ 49°-ÉSZ 59°-ig. A *P. papatasi* a *P. similis*nél és *P. sergentin*nél jóval nagyobb mértékben képes alkalmazkodni a kontinentálisabb körülményekhez a modell alapján, és potenciálisan esély van arra, hogy Magyarország területén elterjedjen a XXI. században.

Nem tartottuk fontosnak terjedési útvonalak kirajzolását, mivel ma már nem képeznek elháríthatatlan akadályt a földrajzi barrierék (hegységek, tengerek stb.). Egyet kell értenünk Walther és mtsai. (2009) azon megállapításával, miszerint az közúti transzport ma már egyenlő mértékű szerepet tölthet be az ízeltlábú fajok terjedésében, mint a természetes terjedés. Jó példa erre, hogy Neghina és mtsai. (2009) igazolták, hogy maga a *Leishmania* és a vektor parazita vendégmunkások vagy a nyaralásra vitt kutyák által milyen gyorsan képes legyőzni nagy távolságokat és jelentős földrajzi akadályokat.

6. ÖSSZEGZÉS

Magyarország kiemelten veszélyeztetett területnek tűnik, mivel a vizsgálatba vett 8, *Leishmaniát* terjesztő faj közül 6 esetben Magyarország nagy részét potenciális elterjedési területnek jósolja a modell. Németországot és Angliát a *P. ariasi* és a *P. perniciosus* kolonizálhatja a vizsgált öt fajtól a 2070-es évekig. A Balkán-félszigettől kiindulva térségünkben Magyarország képezi a vizsgált lepkeszúnyogok északi elterjedési határát Kelet-Közép-Európában. Délnyugati határmegyékünk klímája már jelenleg is több lepkeszúnyog faj számára megfelelő életteret biztosítana, ennek fényében érthető, hogy már észlelték a lepkeszúnyog fajok jelenlétét, sőt, maga a *Leishmania* parazita hazai előfordulását is kutyákban (Farkas és mtsai. 2011, Tánczos és mtsai. 2012). Meglepő módon a vizsgált lepkeszúnyog fajok jelenlegi elterjedésében észlelt különbségek magyarázatában hidegtűrésük másodlagos szerepet tölt be, a nyári csapadék a legmeghatározóbb faktor. A fentebbiekből következik, hogy sajnálatos módon a klímaváltozás hatására szárazabbá és melegebbé váló nyaraink egyre inkább kedvezni fognak a lepkeszúnyogoknak hazánkban.

Köszönetnyilvánítás

A kutatáshoz nyújtott önzetlen segítségéért köszönet illeti Horváth Leventét és Hufangel Leventét (Budapesti Corvinus Egyetem, Matematikai és Informatikai Tanszék), valamint Bobvos Jánost és Páldy Annát (Országos Környezetegészségügyi Intézet). A kutatást a TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0005 és a TÁMOP 4.2.2/B-10/1-2010-0023 projekt támogatta. Az ENSEMBLES-adatokat az Európai Unió FP6-ENSEMBLES integrált projektje finanszírozta, melyet hálással köszönünk.

IRODALOMJEGYZÉK

1. Aspöck, H., T. Gerersdorfer, H. Formayer, J. Walochnik. 2008. Sandflies and sandfly-borne infections of humans in Central Europe in the light of climate change. *Wiener klinische Wochenschrift*. 120(4): 24-29
2. Casimiro E, J. Calheiros, F.D. Santos, S. Kovats. 2006. National assessment of human health effects of climate change in Portugal: approach and key findings. *Environ Health Perspect*. 114(12): 1950-1956.
3. Chamaillé, L., A. Tran, A. Meunier, G. Bourdoiseau, P. Ready, J.P. Dedet. 2010. Environmental risk mapping of canine leishmaniasis in France. *Parasites & Vectors*. 3: 31.
4. Colacicco-Mayhugh, M.G., P.M. Masuoka, J.P. Grieco. 2010. Ecological niche model of *Phlebotomus alexandri* and *P. papatasi* (Diptera: Psychodidae) in the Middle East. *International Journal of Health Geographics*. 9: 2
5. 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.
6. Fischer, D., P. Moeller, S.M. Thomas T.J. Naucke, C. Beierkuhnlein 2011a. Combining climatic projections and dispersal ability: a method for estimating the responses of sandfly vector species to climate change. *PLoS Negl Trop Dis*. 11: e1407.

7. Fischer D., S.M. Thomas and C. Beierkuhnlein (2011b): Modelling climatic suitability and dispersal for disease vectors: the example of a phlebotomine sandfly in Europe. *Procedia Environmental Sciences*. 7: 164–169.
8. Fischer, D., S.M. Thomas, C. Beierkuhnlein. 2010. Temperature-derived potential for the establishment of phlebotomine sandflies and visceral leishmaniasis in Germany. *Geospatial Health*. 5(1): 59-69.
9. GISCO - Eurostat (European Commission) 2012. epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/gisco_Geographical_information_maps/popups/references/administrative_units_statistical_units_1. Last accessed: 2012.11.21
10. Jacob, D. 2011. A note to the simulation of the annual and inter-annual variability of the water budget over the Baltic Sea drainage basin. *Meteorology and Atmospheric Physics*. 77(1-4): 61-73.
11. Jacob, D., R. Podzun. 1997. Sensitivity studies with the regional climate model REMO. *Meteorology and Atmospheric Physics*. 63(1-2): 119-129.
12. Killick-Kendrick, R. 1990. Phlebotomine vectors of the leishmaniasis: a review. *Medical and Veterinary Entomology*. 4: 1-24.
13. Köhler, K., M. Stechele, U. Hetzel, M. Domingo, G. Schönian, H. Zahner, E. Burkhardt. 2002. Cutaneous leishmaniasis in a horse in southern Germany caused by *Leishmania infantum*. *Vet Parasitol*. 16(109): 9-17.
14. Léger, N., J. Depaquit, H. Ferté, J.A. Rioux, J.C. Gantier, M. Gramiccia, A. Ludovisi, A. Michaelides, N. Christophi, P. Economides 2000. Phlebotomine sandflies (Diptera: Psychodidae) of the isle of Cyprus. II - isolation and typing of *Leishmania* (*Leishmania infantum* Nicolle, 1908 (zymbodeme MOM 1) from *Phlebotomus* (*Larrousius*) *tobbi* Adler and Theodor, 1930. *Parasite*. 7: 143-146.
15. Lindgren, E., T. Naucke. 2006. Leishmaniasis: Influences of Climate and Climate Change Epidemiology, Ecology and Adaptation Measures. In: B. Menne and K. L. Ebi (eds.), *Climate change and adaptation strategies for human health*. Steinkopff Verlag, Darmstadt. pp 131-156.
16. Minter, D. M. 1989. The leishmaniasis. In: *Geographical distribution of arthropod-borne diseases and their principal vectors*. WHO, Geneva (document WHO/VBC/89.967)
17. Solano-Gallego, L., H. Fernández-Bellón, R. Serra, M. Gállego, A. Ramis, D. Fondevila, L. Ferrer. 2003. Cutaneous leishmaniasis in three horses in Spain. *Equine Vet J*. 35: 320-323.
18. Naderer, T., M.A. Ellis, M.F. Sernee, D.P. De Souza, J. Curtis, E. Handman, M.J. McConville. 2006. Virulence of *Leishmania major* in macrophages and mice requires the gluconeogenic enzyme fructose-1,6-bisphosphatase. *PNAS*. 103(14): 5502-5507.
19. Neghina, R., A.M. Neghina, C. Merkle, I. Marincu, R. Moldovan, I. Iacobiciu. 2009. Importation of visceral leishmaniasis in returning Romanian workers from Spain. *Travel Med Infect Dis*. 7: 35-39.
20. Pennisi, M. G. 2002. A high prevalence of feline leishmaniasis in southern Italy. In R. Killick-Kendrick (ed.), *Canine leishmaniasis: moving towards a solution. Proceedings of the Second International Canine Leishmaniasis Forum Seville, Spain*. Intervet International, Boxmeer, The Netherlands. pp. 9-48.
21. Roeckner E., G. Bäuml, L. Bonaventura, R. Brokopf, M. Esch, M. Giorgetta, S. Hagemann, I. Kirchner, L. Kornbluh, E. Manzini, A. Rhodin, U. Schlese, U. Schulzweida, A. Tompkins 2003. *The atmospheric general circulation model ECHAM 5. Part I: Model description*. Max-Planck-Institut für Meteorologie, Hamburg, Germany.
22. Roeckner E., R. Brokopf, M. Esch, M. Giorgetta, S. Hagemann, L. Kornbluh, E. Manzini, U. Schlese, U. Schulzweida. 2004. *The atmospheric general circulation model ECHAM 5. PART II: Sensitivity of Simulated Climate to Horizontal and Vertical Resolution*. Max-Planck-Institut für Meteorologie, Hamburg, Germany.
23. Sánchez, M., J. Hervás, F. Chacón, J. Gómez, J. Luicentes, J. Castrillo, R. Pérez, F. Pascual, F. Pascual. 2000. Evaluación del gato común (*Felis catus domesticus*) como reservorio de la leishmaniasis en la cuenca mediterránea [Evaluation of cats (*Felis catus domesticus*) as reservoir of *Leishmania* in the Mediterranean]. *Revista Técnica Veterinaria, Pequeños Animales*. 24: 46-54
24. Strengers B., Leemans R., Eickhout B., de Vries B., Bouwman L. 2004. The land-use projections and resulting emissions in the IPCC SRES scenarios as simulated by the IMAGE 2.2 model. *GeoJournal*. 61:381-393
25. Shaw, S.E., A. Lerga, S. Williams. 2003. Review of exotic infectious diseases in small animals entering the United Kingdom from abroad diagnosed by PCR. *Vet. Rec*. 152: 176-77.

26. Tánčzos, 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.
27. VBORNET maps – Sandflies. 2012. ecdc.europa.eu/en/activities/diseaseprogrammes/emerging_and_vector_borne_diseases/pages/vb_ornet_maps_sandflies.aspx?MasterPage=1. Last accessed: 2012.11.23.
28. Walther G.R., A. Roques, P. E. Hulme, M.T. Sykes, P. Pyšek, I. Kühn, M. Zobel, S. Bacher, Z. Botta-Dukát, H. Bugmann, B. Czúcz, J. Dauber, T. Hickler, V. Jarošík, M. Kenis, S. Klotz, D. Minchin, M. Moora, W. Nentwig, J. Ott, V. E. Panov, B. Reineking, C. Robinet, V. Semenchenko, W. Solarz, W. Thuiller, M. Vilà, K. Vohland, J. Settele 2009. Alien species in a warmer world: risks and opportunities. *Trends in Ecology and Evolution.* 24(12): 686–693.
29. WHO. 1984. The leishmaniasis: report of an expert committee. *WHO Tech Rep Ser* 701: 1-140.