

A klímaváltozás várható hatása a szúnyogok és a lepkeszúnyogok, valamint az általuk terjesztett betegségek jövőbeli elterjedésére

A klímaváltozásnak az emberi egészségre gyakorolt várható hatásai közül kiemelkedik az ízeltlábúak által terjesztett fertőző betegségek témaköre. Nagyon valószínű, hogy a szúnyogok és rokonaik, a lepkeszúnyogok által terjesztett betegségek részaránya a fertőző betegségek között a jövőben nagyobb jelentőségre fog szert tenni. Az okok szerteágazóak; a klímaváltozás, a városi hősziget-effektus a turizmus és a távolsági kereskedelem együttesen teszik lehetővé és gyorsítják fel e betegségek és terjesztőik térhódítását az északi félteke ma még mérsékelt övinek mondott területein, így Magyarországon is. Mivel ezek a problémák már a gyakorlatban is érinteni fogják a most felnövekvő generációt, ezért e cikk szerzői kiemelten fontosnak tartják, hogy a tanárok ismereteket bocsássanak a diákok rendelkezésére, segítve a felnőtté váló gyermekek adaptációját és a várható következmények enyhítését.

A klíma és a szúnyogok evolúciós története

Szinte közhelyszerű megállapítás, hogy a klíma soha nem állandó, mindig változik. A földi klíma állapota vagy „üvegház” (az elmúlt 550 millió év körülbelül 80–90 százaléka), vagy „hűtőház” (az elmúlt 550 millió év 10–20 százaléka) jellegű volt a múltban. Jelenleg mi „hűtőház” periódusban élünk, amit igen gyors lefolyású légkörfizikai változások jellemeznek. A „fűtőház” vagy „üvegház” állapotra jellemző, hogy a légköri CO₂ koncentráció eléri és/vagy meghaladja a 900 ppm-et (elérheti akár 1700 ppm-et is; ppm: pars per milliomod = 1 pars per milliomod egy gáz koncentrációja a gázelegyben, ha egy darab molekula jut belőle 1 millió gázrészecskére). Az átlaghőmérséklet a mainál +3 - 4°C-kal magasabb, a tengerek a beoldódó és szénsavvá váló széndioxid miatt alacsonyabb pH-val és oxigénszinttel bírtak. A trópusi zóna körülbelül a 45. szélességi körig vagy tovább terjeszkedett és ennek eredményeképpen hatalmas kiterjedésű trópusi sivatagok (például jura időszak, 201.3–145 millió éve), nedves, trópusi őserdők (például eocén időszak, 56–33,9 millió éve) létezhetnek. A tengerszint 80–100 m-rel magasabb a jelenleginél, mivel a pólusokon hiányzik a jégsapka és az óceánok melegebb vize egyben nagyobb térfogatú is. Kisebb az egyenlítői-poláris hőmérsékleti

gradiens, ugyanakkor az üledékes rétegsorok tanúsága szerint a trópusi viharok igen erőteljesek és bőven a mai mérsékelt övi zónán belülről hatolnak. Az ilyen körülmények igen kedvezőek lehetnek a változó testhőmérsékletű hullók és rovarok számára. A karbon időszak (358,9–298,9 millió éve) trópusi őserdeiben jelentek meg az első holometabolikus (teljes átalakulással fejlődő) rovarok is 310 millió évvel ezelőtt (*Nel és mtsai, 2007*). A ma élő, betegségterjesztő ízeltlábúak (kullancsok, szúnyogok) ősei mind egy ilyen „fűtőház” állapot során jelentek meg a kréta időszak folyamán. A 90–100 millió éves burmai borostyánban már olyan szúnyog élt (*Burmaculex antiquus* Borkent és Grimaldi 2004), amiről azt gondolják, hogy a ma élő csipőszúnyogok (Culicidae) testvércsoportjába tartozhatott (*Borkent és Grimaldi, 2004*). Szintén a burmai borostyánban fosszilizálódott egy ősi lepkeszúnyog-féle is (*Palaeomyia burmitis* Poinar, 2004). A lelet különlegessége, hogy megtalálták a lárvához asszociálódott *Paleoleismania proterus* Poinar 2004 parazitát is, ami a mai *Leishmania* paraziták őse lehetett. Eszerint a leishmaniasis nevű betegség (lásd később) kórokozóinak és lepkeszúnyog (*Phlebotomus*) vektoraiknak a kapcsolata már legalább 100 millió éves múltra tekint vissza (*Quate, 1963*).

Talán többen szeretnek a „jégkorszakról”, azaz a pleisztocén (2,588–0,0117 millió éve) eljegesedésről (bár maga a lehülési folyamat kisebb megszakításokkal már a késő eocén időszak óta tart) múlt időben beszélni, valójában azonban a kainozoikum (65–0 millió éve) eljegesedés leghidegebb szakasza már két és fél-három millió éve tart és jelenleg is benne élünk. A legutolsó, Würmnek nevezett glaciális 110 ezer évvel ezelőtt kezdődött és körülbelül 11 700 éve ért véget. A földtörténeti múlt nagy klímaváltozásai intő példaként állhat(ná)nak előttünk a jelenre vonatkozóan is. Eklatáns példa a klíma meghatározó voltára a 252,2 millió évvel ezelőtt, a perm/triász (perm: 298,9–252,2 millió éve, triász: 252,2–201,3 millió éve) határon bekövetkezett tömeges kihalás, ami a tengeri fajok 96, a szárazföldi fajok 70 százalékának vesztét okozta (*Campbell és mtsai, 1992*). Az egyik valószínű kiváltó ok az úgynevezett szibériai platóbazalt ömlés lehetett, ami rendkívül sok szén-dioxidot juttatott a légkörbe (a magma karbonátos kőzeteket „megsütve” juttatták a felszínre). A hirtelen felmelegedő klíma állítólag annyira felmelegítette az óceánok vizét, hogy az egykor létezett tengeri fajok nagy része gyakorlatilag megfuladt az oxigénhiányos tengervízben. A tömeges kihalás azonban számos, modern csoport felemelkedését is jelentette. A kihalási hullám után indult meg a Dipterák (kétszárnyú rovarok) adaptív radiációja is, ami hamarosan elvezetett a legyek és szúnyogok kialakulásához (*Shcherbakov, 1995*). Egy másik, szintén tanulságos példa a paleocén/eocén hőmérsékleti maximum (PETM), amikor a globális átlaghőmérséklet 6°C-ot emelkedett mindössze 20 ezer év alatt. Az északi-sarki tenger felszíni hőmérséklete elérhette a 22°C-ot is (*Sluijs és mtsai, 2006*), krokodilok úszkáltak a sarkvidéki tavakban, a tengerekben a metánhidrát tartalékok felszabadultak, az óceánok vize savas és oxigénhiányos volt. A meleg, savas tengerekben ismét fajkihalási hullám söpört végig, még hozzá rendkívül gyorsan. Az eocén korszak balti borostyánjából már nagyszámú csipőszúnyog ismert, így jelen voltak már a recens szúnyogfaunában jelenleg is fontos szerepet betöltő *Culiseta*, *Ochlerotatus*, *Coquillettidia*, *Culex* és *Aedes* nemzetségek (*Szadziwski és Gilka, 2011*).

A fentebb már említett lepkeszúnyog fajok nem tekinthetők „valódi” szúnyogoknak, azonban fejlődéstörténeti szempontból azokhoz viszonylag közel álló és hasonló életmódot folytató állatcsoportot képviselnek. A szúnyogok és lepkeszúnyogok között fennálló rendszertani kapcsolat jobb megértése céljából az alábbiakban példaképpen megadjuk a lepkeszúnyogok közé tartozó *Phlebotomus mascittii* Grassi 1908 és a szúnyogok közé tartozó *Aedes aegypti* Meigen 1818 rendszertani besorolását:

Ország: Animalia	Ország: Animalia
Törzs: Arthropoda	Törzs: Arthropoda
Osztály: Insecta	Osztály: Insecta
Rend: Diptera	Rend: Diptera
Alrend: Nematocera	Alrend: Nematocera
Család: Psychodidae	Család: Culicidae
Alcsalád: Phlebotominae	Alcsalád: Culicinae
Nemzetség: <i>Phlebotomus</i>	Nemzetség: <i>Aedes</i>
Faj: <i>Phlebotomus mascittii</i> Grassi 1908	Faj: <i>Aedes aegypti</i> Meigen 1818

A recens klímaváltozás

A felhozott földtörténeti példák aktualitását az adja, hogy az ember által generált „antropogén klímakisérlet” kiváltó oka is a szén-dioxid növekedése, így a hatások akár hasonlóak is lehetnek a múltbeliekhez. A jelenlegi légköri CO₂ koncentráció már meghaladja az elmúlt 850 ezer évben valaha tapasztalt legnagyobb értéket, és ha így folytatódik a gáz koncentrációjának növekedése, a 21. század végére a földi átlaghőmérséklet emelkedése eléri a 3–4°C-ot (ha azonban továbbra is a fosszilis energiahordozókra alapozzák az energiatermelést, akkor akár +5°C-ot is). Jelenleg a holocén klímaoptimumhoz képest +0,6°C-kal, a 20. század elejéhez képest +0,8°C-kal melegebb a földi klíma. Amikor ükapáink születtek 280 ppm körül volt a légköri CO₂-szint, dédszüleink világra jövelekor körülbelül 290-300 ppm lehetett, nagyszüleink születésekor még 310 ppm alatt volt. Szüleink 320 ppm mellett látták meg a napvilágot, mikor mi születtünk, 340 ppm volt már a szén-dioxid légköri koncentrációja, 2013 márciusában pedig már elérte átlagosan a 397,4 ppm-et. Az elkövetkező évek során a mediterrán területeken elmaradhatnak a téli esők, tovább folytatódik a térség kiszáradása, a nyarak a Földközi-tenger európai partjai mentén is elviselhetetlen forróvá válnak (mint ma Tunéziában). Az északabbi, atlanti területek és a Balti-tenger környékén fekvő országok éghajlata csapadékosabbá, enyhébbé válik. Közép-Európa időjárása egyre inkább a mediterránhoz fog hasonlítani (száraz, forró nyár, csapadékos tél), azzal a lényeges különbséggel, hogy a kontinentális jelleg a tengertől való nagy távolság miatt domináns marad (ugyan forró és száraz nyarak, de hideg, viszonylag a jelenleginél enyhébb telekkel). A Kárpát-medence klímája szezonálisan eltérő mértékben fog változni. A nyári szezon átlaghőmérséklete várhatóan mintegy 4–4,8°C, a tél átlaghőmérséklete 3–4°C-kal fog emelkedni (*Bartholy és mtsai*, 2011).

A szúnyog vektorok által terjesztett betegségek és az emberiség

Az emberi civilizációkat gyakran gyors lefolyású klímaváltozások hívták életre (például a neolitik mezőgazdasági forradalom) vagy törölték el (például az Angkorvat és a Khmer Birodalom összeomlása a 12. század végén). Nem véletlen, hogy a magas egy főre jutó GDP-vel jellemezhető államok főként a mérsékelt övben találhatóak, az ipari forradalom és az újkori mezőgazdasági forradalom a mérsékelt övben egymást erősítve ment végbe. Ennek egyik oka a megújulásra képes, termékeny mérsékelt övi talajokban, de nem kevésbé a „trópusi betegségek” okozta többlet egészségteher meglétének hiányára is visszavezethető. Civilizációnk a jelen klímához adaptálódott, ha a klíma változik, az komoly veszélyt jelenthet a jelenleg fennálló termelési folyamatokra, de az emberi megtelepedés lehetőségeire is. Jó példa erre a negatív tendenciára Pápua Új-Guinea esete, ahol a forró, nedves éghajlatú trópusi alföldeket még az őslakosság sem szívesen választja lakhelyéül a szúnyogok terjesztette betegségek miatt, pedig őseik 50 ezer évvel

ezelőtt érkeztek az akkor még Ausztráliával egy kontinentet alkotó szigetre. A klímaváltozás miatt a hegyvidéki klíma és az alföldi területek klímahatára egyre feljebb tolódik, ami a helyi lakosság összezsúfolódását eredményezi a magasabb területeken. Biztosan nem tudhatjuk, csak valószínűsíthetjük, hogy a Kárpát-medencében, az Alföldön még az 1950-es évekig nagy számban előforduló maláriának szerepe lehetett abban, hogy számos kőkori kultúra szívesebben választotta lakhelyéül a középhegységi területeket, mint a folyószabályozások előtt mocsaras, fokokkal, lápokkal és holtágakkal tarkított Alföldet (Trájer, 2011). A malária tökéletes példája a közvetítők vagy „vektorok” által terjesztett megbetegedéseknek. Az elnevezés találó: a fertőzés forrása és a fogékony személy közötti kapcsolatot egy harmadik fél, ez esetben egy *Anopheles* (malária-) szúnyog faj teremti meg, így a fertőzés átvitelének iránya van, és annak nagysága is értelmezhető a fogalom keretein belül. A maláriaszúnyogok megkülönböztetése más csípőszúnyogoktól azok jellegzetes testtartása alapján nem jelent nehéz feladatot, mivel a maláriaszúnyogok jellegzetesen ferdeszögben felfelé tartják potrohukat, miközben más csípőszúnyogok potroha vagy ferdeszögben lefele néz vagy vízszintes a felülethez képest, amin a szúnyog éppen pihen. A malária önmaga mintegy évi egymillió halálesetet okoz, főleg Afrikában és leggyakrabban az öt éven aluli gyermekek körében. Valójában nem beszélhetünk egyetlen „malária” betegségről, hanem több, különböző tüneteket generáló *Plasmodium* parazita okozta betegségecsoport létezik hasonló tünetekkel. Bár Európa nagy részén manapság a malária nem endémiás (Görögországban azonban az ókor óta folyamatosan előfordul), az emberiség genetikai térképe őrzi a betegség nyomát a sarlós vérszegénységet okozó génmutáció(k) formájában, a hemoglobin S (HbS) allél előfordulása alapján (az allél a kromoszóma egy adott lókusznál elhelyezkedő gén variációja.). Az ok az egyébként homozigócia esetén kifejezetten káros HbS allélt hordozó, heterozigóta személyek szelekciós előnye az erősen maláriafertőzött területeken (főleg a szub-szaharai Afrikában), mivel a *Plasmodium* fajok szaporodásának egyik fontos lépése az egészséges emberi vörösvértestekhez kötött.

A klímaváltozás hatása a szúnyogok által terjesztett megbetegedésekre

A legtöbb vektor terjesztette megbetegedés a nedves trópusokon, a legkevesebb a boreális területeken történik. Összefüggés áll fenn a januári átlaghőmérséklet és a vektoriális betegségek földrajzi eloszlása között abban az értelemben, hogy a szúnyogok által terjesztett betegségek főként a téli fagy határain kívül eső területeken jellemzőek. Európa eddig viszonylag védett területnek számított. A felmelegedéssel kapcsolatos fertőző betegségtöbblet 2030-ig évi 20 ezerrel, 2030-ig évi 25 ezerrel, 2080-ig évi 40 ezerrel lesz több várhatóan az EU-ban. Lánc három résztvevővel: a parazita, a gazdaállat/ember és a kettő között kapcsolatot létesítő vektor a kulcselem. A vektoriális betegségek zoonózisok. A legtöbb vektor valamilyen ízeltlábú: rák, csáprágós (atka, kullancs) is lehet, de leggyakrabban rovar (tetű, bolha, szúnyog, lepkeszúnyog). A kétszárnyúak (Diptera) rendje adja a legtöbb vektor fajt (szúnyogok, lepkeszúnyogok, legyek). Ahogy korábban áttekintettük már, vektor szerepük legalább 100 millió éves múltra tekinthet vissza. A vektorok által terjesztett betegségek legalább három faj a kórokozó, a vektor és a gazda kapcsolatát feltételezik. A valóságban gyakran a parazita több fejlődési alakja mellett (például a *Plasmodium*oknál a schizonta, a sporozoita, a trophozoita stb.) a vektorok különböző fejlődési alakjai, mint például az *Ixodes* kullancsoknál lárva-nimfa-adult egyedek (lárva: a 3 láppárral rendelkező egyedfejlődési alak, nimfa: a már 4 pár lábbal rendelkező, de még nem ivarérett kullancs egyed elnevezése) és több gazdaállat, ezen belül alkalmi gazdák, rezervoárok (rezervoárok: olyan állatfajokat, melyeket az adott

kórokozó fertőz, de általában nem öli meg, így a kórokozó állandó „forrásaivá” válnak ezek a szervezetek) és a többi is részt vesznek a vektoriális betegségláncban. Nem ritka, hogy a vektorok különböző fejlődési alakjai más gazdaállatokon szívják vért, ez azonban a szúnyogokra nem jellemző, inkább a kullancsok sajátja. A fertőzés fennmaradásához minden résztvevő jelenlétére szükség van. Az ízeltlábúak kis testtömegű, hidegvérű, többnyire kiszáradásra hajlamos állatok, mindig adott biotópokban fordulnak elő, hajlamosak a földrajzi izolációra (elszigetelődésre), de a számukra kedvező klimatikus változások esetén gyors terjedésre is. Mivel a fertőzési lánc legalább három fajt, illetve valószínűleg több egyedfejlődési stádiumot foglal magába, ezek bármelyike „a leggyengébb láncszem” szerepét játszva meghatározhatja a betegség tér-és időbeli elterjedését.

A tenyésztidőszak hossza az aktivitáshoz és reprodukcióhoz szükséges heti átlaghőmérsékleti (tavaszi, őszi) határidőszakok között eltelt időszak hossza.

A szúnyogoknál – mivel egész évben szaporodnak, és gyorsan ivaréretté válnak – a tenyésztidőszak hossza megszabja a generációik számát. A klímaváltozás egyik igen jelentős hatása az éves átlaghőmérséklet emelkedése által a tavasz kezdetének korábbra és az ősz végének későbbre tolódása.

A poikilotherm (hidegvérű) organizmusok, így minden ízeltlábú számára a fagy abszolút életveszélyt jelent. Az ízeltlábúak többsége fagymentes zugokban, többnyire pete, lárva vagy kishalmazú imágók formájában vészeli át a telet.

A legfőbb környezeti limitáló faktor az adott terület klímája. A paraziták klímaérzékenysége általában elhanyagolható szempont a vektorok klímaérzékenységéhez képest. Minden ízeltlábú vektor hidegvérű. A gazdaállatok lehetnek hidegvérűek (például a hullók), de többnyire kifejezetten melegvérűeket részesítik előnyben. A nőstények a gazdag fehérje- és ásványi nyomelem miatt „választották” a vérfogyasztást. A klímaváltozás hatása három csoportra osztható a betegségek megjelenésében: (1) a már jelenlévő vektoriális betegségek abundanciájának (populáció mennyisége élőhelyen, illetve élettársulásban) és geográfiai elterjedésének növekedése-például a nyugat-nílusi láze (2) új, „egzotikus betegségek” megjelenése-például a Chikungunya-láz (3) a már egyszer elterjedt, de azóta az ország területéről kipusztult vektoriális betegségek újra megjelenése, például a malária. A következő tényezők kedveznek általában a rovar vektoroknak, így a szúnyogoknak is: (a) Csökkenő fagyos napok száma. (b) Növekvő téli átlaghőmérséklet, enyhébb téli minimumok. (c) Növekvő éves átlaghőmérséklet, hosszabb és magasabb hő összegű vegetációs periódus. (d) Megváltozik az éves csapadéeloszlás. (e) Kiszáradó holtágak, alacsony vízszintű és jobban felmelegedő tavak (főként a szúnyog vektorokat érinti). (2) Az

emberi tényezők elsősorban a fertőző ágens terjedésére hatnak, mint amilyen például a migrációs nyomás a „harmadik világ” irányából (Afrika, Közel-kelet, India), de az emberek évszakos aktivitása, a turizmus, valamint a globális kereskedelem mind hatnak és függenek is a klímától és annak várható megváltozásától.

A tenyésztidőszak hossza az aktivitáshoz és reprodukcióhoz szükséges heti átlaghőmérsékleti (tavaszi, őszi) határidőszakok között eltelt időszak hossza. A szúnyogoknál – mivel egész évben szaporodnak, és gyorsan ivaréretté válnak – a tenyésztidőszak hossza megszabja a generációik számát. A klímaváltozás egyik igen jelentős hatása az éves átlaghőmérséklet emelkedése által a tavasz kezdetének korábbra és az ősz végének

későbbre tolódása. A poikilotherm (hidegvérű) organizmusok, így minden ízeltlábú számára a fagy abszolút életveszélyt jelent. Az ízeltlábúak többsége fagymentes zugokban, többnyire pete, lárva vagy kisszámú imágók formájában vészeli át a telet. A másik nagy ellenség a hideg nedvesség, mivel ilyenkor a hibernált állapotú ízeltlábúak gázcserenyílásain keresztül parazita gombák hatolhatnak be (kullancsokra igen jellemző).

Izotermának nevezzük az azonos hőmérsékletű pontokat összekötő görbét, a 0°C-os januári izoterma pedig azokat a pontokat jelenti a térképen, ahol az átlagos januári hőmérséklet 0°C. Ettől a vonaltól délre kezdődik a szubtrópusi éghajlati öv. A lepkeszúnyogok (*Phlebotomusok*) például lárvaként telelnek át, így a vékony bőrű, lágy testű lárváik révén -4 - +5°C-nál alacsonyabb minimum hőmérsékleteket nem tolerálnak. Magyarország délnyugati megyéit ez az izotermavonal már manapság is erősen megközelíti (főként Baranyát, valamint Zala, Somogy kiemeltebb dombvidékeit). Eddig terjedt nagyjából a lepkeszúnyogok és a magyar országhatáron túli területeken az *Aedes albopictus* Skuse 1894, azaz az ázsiai tigrisszúnyog elterjedési területe is (bár a lepkeszúnyogoknak a nagyvárosokban, mint Párizs vagy Budapest léteznek izolált elterjedési „szigeteik”). Várható, hogy új szúnyogfajok, például az ázsiai tigrisszúnyog, lepkeszúnyogok terjednek a magasabb északi szélességek felé, valamint az őshonos, de kis egyedszámú szúnyogfajok elszaporodása (a maláriaszúnyog őshonos Magyarországon). A hosszabb reprodukciós időszak több szúnyognemzedéket eredményez egy évben. A vektor szúnyogfajok szempontjából kitűnik a Kárpát-medence sebezhetősége, mivel összekötő szerepet játszik Közép-Európa és a Balkán között. A Pannon biogeográfiai régió (további részletekkel kapcsolatban lásd: *Az Európai Bizottság Végrehajtási Határozata*, 2011) jellemzője, hogy a Balkán irányába viszonylag nyitott, továbbá a Balkán-félsziget rendkívül változatos domborzati és mezoklimatikus viszonyai miatt több klímazóna viszonylag kis horizontális távolság mellett létezik egymás közelében (refugiumot jelentett a vektorok számára is). A Kárpát-medence északi és északkeleti irányokból nézve védett, így a délies flóra és faunaelemei gyakran itt érik el Európában a legészakabbi elterjedési határukat. A VAHAVA jelentés előrevetíti, hogy a 21. század közepére a téli csapadék-összeg valamelyest nő, s folytatódik az elmúlt évszázad óta tartó lassú, de folyamatos szárazodás a nyarakat illetően (*Bartholy és Pongrácz*, 2010). Az aszályok miatt az ivóvízbázisok kiterjesztése és az öntözővizek növelése miatt nagy (alföldi) víztározók létrehozása válhat szükségessé. Az víztározók sekély vize, valamint a párolgó, meleg vizek elsőrangú életlehetőségeket nyújtanak a szúnyogok számára. A felmelegedő holtágakban és víztározókban felütheti fejét a malária és gyakoribbá válhatnak az ízeltlábúak terjesztette fertőzések.

Potenciális vektor szúnyogok és lepkeszúnyogok

Aedes fajok

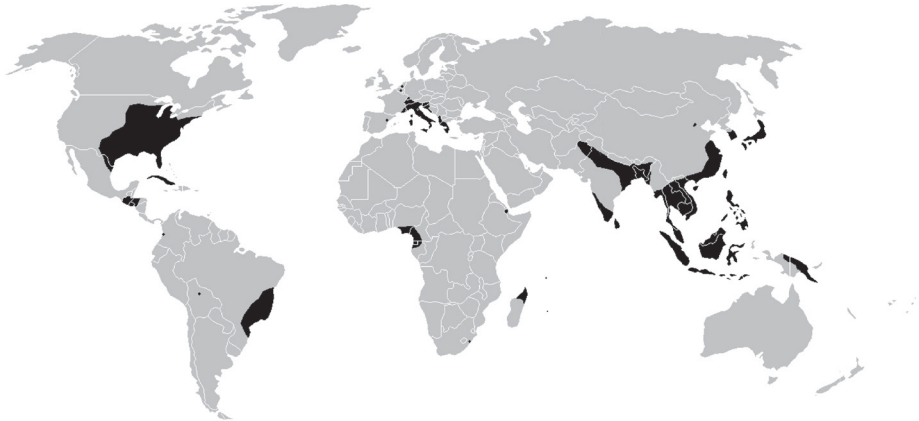
Az *Aedes* fajokból 3 őshonos Magyarországon, ezek közül az *Ae. vexans* Meigen 1830 gyötrőszúnyoggal már mindannyian találkozhattunk üdüléseink, horgászataink vagy éppen kirándulásaink alkalmával. Az *Ae. aegypti* Linnaeus és Hasselqvist 1762 és a már említett *Ae. albopictus* (1. ábra) inváziós fajok és számos, veszélyes vektoriális betegség terjesztői, mint a difilariasis, a Dengue- vagy a Chikungunya-láz. Az *Ae. albopictus* és az *Ae. aegypti* könnyen felismerhetők testük függőleges, valóban a tigrisére emlékeztető csíkossááguk révén.



1. ábra. *Aedes albopictus*. Forrás: http://en.wikipedia.org/wiki/Aedes_albopictus

Eredeti, szubtrópusi-trópusi hazájukból a 20. század második felében törtek ki, nem kis részben a távolsági kereskedelem nyújtotta gyors terjedési lehetőségeknek köszönhetően. Az *Ae. albopictus* hozzánk legközelebb Horvátországban és Szlovéniában fordul elő, így megjelenése várható Magyarországon. Az *Ae. aegypti* hidegtűrőse az *Ae. albopictus*énál kisebb, így megjelenése egyelőre nem várható az ország területén, de találkozhatunk vele

a mediterrán országokba tett látogatásaink alatt. Az *Ae. albopictus* jelenlegi elterjedése jelentősen meghaladja eredeti, délkelet-ázsiai hazáját; Európa számos országában és az Újvilágban is jelen van már (2. ábra).



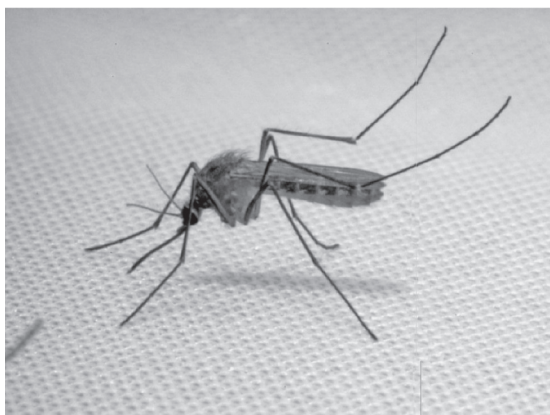
2. ábra. Az *Aedes albopictus* elterjedése a Földön. Forrás: http://en.wikipedia.org/wiki/Aedes_albopictus

Anopheles fajok

Az *Anopheles*, azaz maláriaszúnyog nemzetségből (genus) hét faj honos Magyarországon. A *Plasmodium* paraziták terjesztése szempontjából a múltban valószínűleg az *Anopheles maculipennis* Meigen 1818 (3. ábra), a foltos maláriaszúnyog rendelkezett jelentőséggel. Ennek némileg ellentmondó adat, hogy a hazai foltos maláriaszúnyog kevésbé kedveli az emberi vért, inkább állatok vérével táplálkozik. Lárvai erősen szennyezett vizekben is fejlődnek, de leggyakrabban mocsár típusú természetes állóvizekben zajlik egyedfejlődésük (Tóth, 2004).



3. ábra. *Anopheles maculipennis*. Forrás: 9107097307m.blogspot.com.jpg



4. ábra. *Culex pipiens*. Forrás: www.pasteur.fr.jpg



5. ábra. Vért szívó *Phlebotomus* nőstény. Forrás: <http://www.ppdictionary.com/parasites/major.htm>

Culex fajok

Kilenc *Culex* faj ismert Magyarország területéről. A leggyakoribb csípőszúnyog a *Culex pipiens* Linnaeus 1758 (4. ábra). A *Dirofilaria* fonálférgek, a Nyugat-nílusi láz fő terjesztői Európában, bár terjesztő szerepük megosztott az *Aedes* nembeli szúnyogfajokkal. Főként csipéseikkel okoznak kellemetlenséget a vízparton tartózkodó embereknek. Elterjedésük nagy, az Észak-Amerikát és Európát magába foglaló Holarktisz faunabirodalom legészakabbi részén is nagy számban lehet velük találkozni.

Phlebotomus fajok

A valódi szúnyogoktól eltérően nem igényelnek nyílt víztestet fejlődésükhöz, azonban az közös, hogy nedves élőhelyre van szükségük és a betegségterjesztők a vért szívó nőstények (5. ábra). Eredetileg szubtrópusi-trópusi szervezetek, érzékenyek a téli fagyokra és az alacsony páratartalomra. Hazánkban jelenleg 4 fajuk van jelen, ebből a *Phlebotomus mascittii* Grassi 1908 és a *Phlebotomus neglectus* Tonn 1921. elterjedése már elérte Budapest és agglomerációja vonalát is. A cutan, a mucocutan és a visceralis leishmaniasis terjesztői. A *Phlebotomus papatasi* Scop 1758 és a *Phlebotomus perfiliewi* Parrot 1930 elsősorban a déli megyéinkben fordulnak elő (Baranya, Csongrád).

Szúnyogcsapdázási módszerek

A szúnyogok vektor szerepének és terjedésének vizsgálata céljából szükséges a szúnyogok befogása. A szúnyogok csapdázására különböző módszereket és berendezéseket fejlesztettek ki. A csapdákat többféle szempont alapján csoportosíthatjuk, az egyik ilyen

például az, hogy mivel „hívják” a csapdák magukhoz a szúnyogot. Eszerint beszélhetünk kémiai anyagokat (a nőstény szúnyogok számára vonzó anyagot például CO_2 -ot vagy feromont, például 1-Octen-3-ol-t) és vizuális jeleket (például fényt) kibocsájtó eszközökről. Az igazán hatékony csapdák mindkét módszert használják.

A szúnyogcsípések időbeli számlálására egy vállalkozó szellemű önkéntesre van szükség, aki az adott területen adott időt eltöltve elviseli a csípéseket. Ha az önkéntes nem várja meg a szúnyog csípését, hanem annak előtte egy szippantócső segítségével egy kis üvegcsebe helyezi az állatot, akkor képet alkothatunk arról, hogy milyen fajok keresik az emberi vért a vizsgálati helyen (a befogott moszkítókat étterrel vagy etil-acetát gőzzel kábítják el a számláláshoz). Következő lépés a fajmeghatározás, majd a gyűjtés pontos adatainak a feljegyzése és térképi megjelenítése, igény szerint.

A fénycsapdák a nevüket onnan kapták, hogy valamilyen fényforrást tartalmaznak, ami csapdához vonzza a szúnyogokat, ugyanis a fény az éjszaka/sötétedéskor aktív ízeltlábúak számára vonzó. Eredetileg petróleum- és acetilénlámpákat használtak. Később volfrámszálas izzólámpákat, manapság pedig már UV-lámpát alkalmaznak. A fénycsapda nem szelektív módszer, hiszen nem csak csípőszúnyogok elfogására alkalmas, hanem más repülő ízeltlábúakat is elfog, például számos molylepkét is. A csapda működése közben egy áramforráshoz csatlakozik, ez biztosítja az izzó és a kis ventilátor működését. Az ízeltlábúak a fényhez repülnek és a kis ventilátor által létrehozott alacsony légnyomás „beszippantja” őket a csapda alján található gyűjtő részbe. A csapda működtethető egész éjjel vagy csak pár órán keresztül, az alkonyati órákban, amikor a vizsgálat tárgyát képező fajok a legaktívabbak. Az asznapi csapdázást követően a szúnyogokat elkábítják vegyszergőzzel vagy hűtés révén.

Félig automatizált módszer a szén-dioxid csapdával történő gyűjtés. Ennek lényege a nagyméretű melegvérű élőlények (ember) szén-dioxid kibocsátásának szimulálása. Ez önmagában elegendő a csípőszúnyogok vonzásához és gyűjtéséhez. A csapdák elhelyezése változatos lehet, vannak olyan esetek, amikor a földtől közel két méter magasra helyezik a csapdát, egyes esetekben pedig a földhöz közel rögzítik. A csapdázás után a gyűjtött szúnyogokat általában alkoholban tárolják, hiszen a későbbi vizsgálatokhoz így felhasználhatóak maradnak (színüket megőrzik, szemben a formalinban tárolt példányokkal).

Néhány fontosabb, potenciálisan Európa lakosságát is fenyegető szúnyogok és lepkeszúnyogok által terjesztett fertőző megbetegedés

Szúnyogok által terjesztett megbetegedések

Dirofilariasis

A *Dirofilaria immitis*, a szívférgesség okozója (kutyákban) Magyarországon is jelen van (Jacsó és mtsai, 2009). Emberben tüdőelváltozásokat okoz, olykor hereeltávolítást követelő infekciókat is. Csípőszúnyogok terjesztik. A *Dirofilaria repens* okozta férgességet szintén szúnyogok (például *Aedes*, *Culex*) terjesztik. Az oculáris (szem-) manifesztáció Magyarországon is előfordul (Fok, 2007).

Dengue-láz

Az *Aedes* nemzetségbeli mediterrán elterjedésű szúnyogfajok a fő terjesztői a vírusnak. Az Ibériai-félszigeten már olykor előfordul és a Föld 110 országában endémiás. Az *Aedes aegypti* szúnyog által terjesztett, *Flavivirus* okozta betegség. Gyorsan emelke-

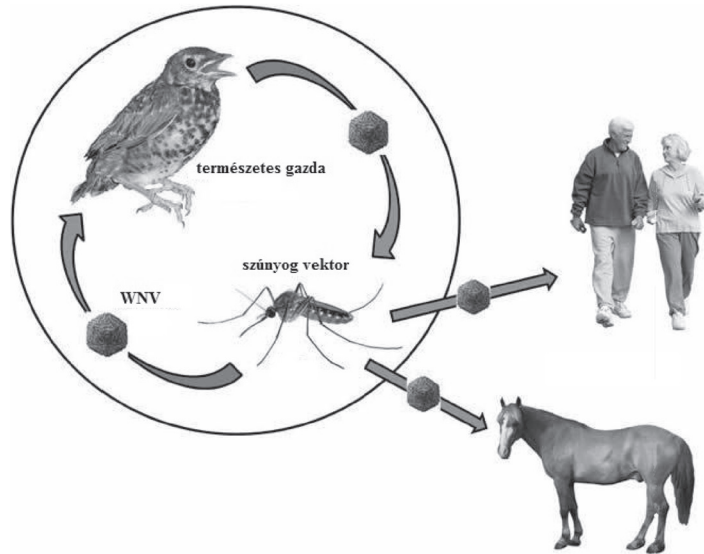
dő incidenciája (incidencia: új betegségesetek száma egy populációban egységnyi idő alatt) az egyik leggyorsabban terjedő vektoriális betegséggé teszi a Földön. Magas lázzal, ízületi-, izomfájdalommal, fejfájással, halvány bőrkiütésekkel, fehérvérsejt-csökkenéssel jár. Többszöri fertőzéssel kialakulhat az életveszélyes vérzésekkel járó szövődmenyes formája is. A Dengue-láz olyan erős fájdalmat okozhat, hogy a beteg úgy érzi, mintha eltörnének a csontjai. A Dengue-láz tünetei többek között a láz, a fejfájás, a kanyaróhoz hasonló bőrkiütés, valamint izom- és ízületi fájdalmak. Ritka esetekben a Dengue-láz életveszélyessé is válhat (vérzéses és toxikus forma). Hozzánk legközelebb Indiában és Közép-Afrikában fordul elő nagyobb számban. Ugyanakkor 2010-ben Horvátországban 15 Dengue-fertőzést jelentettek (*Gjenero-Margan és mtsai*, 2011).

Chikungunya-láz

Többszöri az influenza bevezető (prodróma) tüneteivel járó (fejfájás, fénykerülés, kötőhártyagyulladás, ízlelő képesség átmeneti elvesztése), kiütések is megjelenhetnek. Olaszországban 2007-ben az import ázsiai tigrisszúnyog, és a szintén behurcolt fertőzés egymásra talált (*Beltrame és mtsai*, 2007). A 2004 óta feljegyzett nagyobb Chikungunya-járványok a következők voltak: 2005 (Mauritius, Réunion, Seychelles), 2006 (India), 2007 (Olaszország), 2009 (Thaiföld), 2011 (Kongó), 2012 (Kambodzsa).

Nyugat-nílusi láz

A nyugat-nílusi láz Magyarországon 10 éve rendszeresen előfordul (2004 kivételével), csípőszúnyogok, főként *Culex* fajok terjesztik. Eredetileg szubtrópusi betegség, de ma már világszerte előfordul. Az elnevezés onnan származik, hogy a Nílus felső szakaszának egy része átfolyik Ugandán, ahol a betegséget először felismerték. Megjegyzendő, hogy ez a terület számos vándormadarunk téli szállásterülete is (például gólyák). Érdekesség, hogy a vírus kettesszámú leszármazási vonala, amely 2008 előtt csak a szub-szaharai Afrikából volt ismert, első európai megjelenésekor éppen Magyarországon fertőzött meg 18 lovat. 2010-ben jelentős járvány volt Románia, Bulgária, Görögország területén. A fertőzés 90 százalékban tünetmentes, 10 százalékban lépnek fel tünetei, melyek között agyvelőgyulladás lehetősége is szerepel. 1999-ben a népesség körében átvészeltési vizsgálatot végeztek, a mintában szereplő 5300 egészséges személy 0,56 százalékánál igazolták korábbi fertőzés tényét. A jövőben szükséges víztározók, a meghosszabbodó tenyészidőszak és a szúnyogoknak is kedvező enyhébb telek feltehetően kedvezni fog a nyugat-nílusi láz elterjedésének. WNF esetek száma Magyarországon növekvő tendenciát mutat 2003 óta, például 2008. október végéig 14 esetet regisztráltak (*Krisztalovics és mtsai*, 2008). Az esetek legnagyobb része augusztusban és szeptemberben történik. 15°C alatt a szúnyogok nem szaporodnak, így a megbetegedések nagy része is az ennél melegebb hetekre esik, főleg augusztus, szeptember, október hónapokban. A természetes gazdái madarak, feltehetően a vándormadarak évről évre behurcolják Magyarországot területére (6. ábra).



6. ábra. A Nyugat-nilusi láz terjedése. WNV: a Nyugat-nilusi láz vírusa.
 Forrás: www.vetmed.wisc.edu nyomán

Malária

A határozott járványügyi intézkedéseknek, a mocsarak lecsapolásának és az egyébként más szempontból jogosan sokat kárhozott DDT-nek köszönhetően tűnt el Magyarországról az 1950-es években. 1933 és 1943 közötti években Magyarországon körülbelül 10–100.000 megbetegedés történnhetett évente (Szénási és mtsai, 2003). A felmelegedés kedvezhet az érzékeny maláriaszúnyogoknak. A betegség tünetek kialakulása elsősorban a széteső vörösvértestek következménye, ami egyes Plasmodiumok okozta fertőzéseként történhet pár naponként (például a *P. malariae* Feletti és Grassi 1889 esetében 72 óránként), mintegy „menetrendszerűen”, de a *P. falciparum* Welch, 1897 esetében rendszerlenül/állandóan esnek szét a fertőzött vörösvértestek.

Lepkeszúnyogok által terjesztett megbetegedések

Leishmaniasis

Az Óvilágban a leishmaniasis egy lepkeszúnyogok (*Phlebotomus* fajok) által terjesztett, *Leishmania* nemzetségbe tartozó protozoonok (eukarióta egysejtűek) által okozott betegség. A mintegy másfél-két millió/év új fertőzéssel és az évente mintegy 60.000 halálos áldozattal járó leishmaniasis az egyik legfontosabb közvetítők által terjedő humán betegség bolygónk trópusi és meleg mérsékelt övi területein, prevalenciája eléri 12 millió főt. A kutyák a legfontosabb gazdaállatok, de szerepet játszanak még a macskák (lovak, rókák és a többi) is a terjesztésében. A gazdaállatokban a kórokozó hosszabb-rövidebb ideig szaporodik, fennmarad, lehetőséget kínálva ezzel a nem fertőzött lepkeszúnyogoknak a parazitával való találkozásra – rezervoár szerep (fontos például tavasszal, mivel csak a lárvák telelnek át). Tolna megyében sintértelepi vizsgálat során már találtak autochton (nem behurcolt) canine leishmaniasis eseteket. A *P. papatasi*, *P. neglectus*, *P. mascittii* és *P. perfiliewi* valós elterjedési területe magában foglalja Magyar-

ország délnyugati megyéit (*Tánczos és mtsai, 2012*), így vizsgálataink szempontjából talán a legfontosabb fajok. Mind a négy faj terjedése várható a jövőben, de nem azonos területeken és mértékben. A különböző paraziták eltérő szervi dominanciával járó károsodásokat okoznak. A főként zsigereket megtámadó forma a viscerális, a kültakaró és az acrák súlyos elváltozásaiban külsőleg is látványosan jelentkező megnyilvánulás a cután leishmaniasis. Európa mediterrán területein mindkettő előfordul.

Legészakibb elterjedési szigetek a nagyvárosokban

Az irodalomból ismert, hogy a lepkeszúnyog fajok vonzódnak az emberi környezet nyújtotta enyhébb körülményekhez. Két fontos európai faj, a *P. neglectus* és a *P. ariasi* esetén is megfigyelhető, hogy egy-egy nagyvárosban érik el legészakabbi elterjedésüket. (1) az ismert, leishmaniasist terjesztő lepkeszúnyogok lárváinak hidegtűrése -5°C -nál soha nem jobb. (2) Ennek ellenére földrajzi elterjedésük kiterjed olyan területekre is, ahol a makroklimatikusan meghatározott éves minimum hőmérsékletek elérik a $-17,7^{\circ}\text{C}$ -ot is. (3) Ennek egyetlen magyarázata lehet, hogy a lepkeszúnyogok lárvái védett, feltehetően hőszennyezett környezetben telelnek át. (4) A városi hősziget-hatás és a hőhidak létezése, illetve a fűtetlen, de hőszennyezett épületrészekben való áttelelés adhat elegendő magyarázatot a valós elterjedésre, mivel a tényleges éves minimumok és a leginkább hidegtűrő fajok igényei között szakadék másként nem magyarázható meg kielégítően (*Trájer és mtsai, 2013*).

Köszönetnyilvánítás

A közlemény megjelenését a TÁMOP (4.2.2. A-11/1/KONV-2012-0064, 1.1 *Szélsőséges időjárás események hatása felszíni vizekre* almodul) támogatta.

Irodalomjegyzék

- Az Európai Bizottság Végrehajtási Határozata (2011. november 18.) a Pannon biogeográfiai régió közösségi jelentőségű természeti területeit tartalmazó, harmadik alkalommal frissített jegyzék elfogadásáról (az értesítés a C(2011) 8187. számú dokumentummal történt) (2012/10/EU)
- <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:010:0103:0129:HU:PDF>
- Bartholy, J és Pongrácz, R. (2010): GCC scenarios for the Carpathian Basin. In: "VAHAVA" report - GCC and Hungary: mitigating the hazard and preparing for the impacts 2010. Edited by Faragó T, Láng I, Csete L. Budapest, **124**. sz. 12-21.
- Beltrame, A., Angheben, A., Bisoffi, Z., Monteiro, G., Marocco, S., Calleri, G., Viale, P. (2007): Imported chikungunya infection, Italy. *Emerging infectious diseases*, **13**. sz. 1264-66.
- Borkent, A., Grimaldi, D. A. (2004): The earliest fossil mosquito (Diptera: Culicidae), in mid-Cretaceous Burmese amber. *Annals of the Entomological Society of America*, **97**. sz. 882-888.
- Campbell, I. H., Czamanske, G. K., Fedorenko, V. A., Hill, R. I., Stepanov, V. (1992): Synchronism of the Siberian Traps and the Permian-Triassic boundary. *Science*, **258**. sz. 1760-1763.
- Fok, É. (2007): The importance of dirofilariosis in carnivores and humans in Hungary, past and present. *Mappe parassitologiche*, **8**. sz. 181-188.
- Gjenero-Margan I., Aleraj B., Krajcar D., Lesnikar V., Klobucar A., Pem-Novosel I., Kurečić-Filipović S., Komparak S., Martić R., Đuričić S., Betica-Radić L., Okmadžić J., Vilibić-Čavlek T., Babić-Erceg A., Turković B., Avšić-Županc T., Radić I., Ljubić M., Šarac K., Benić N. and Mlinarić-Galinović, G. (2011): Autochthonous dengue fever in Croatia, August–September 2010. *Euro Surveillance*, **16**. sz. 19805.
- Jacsó, O., Mándoki, M., Majoros, G., Pétsch, M., Mortarino, M., Genchi, C., Fok, É. (2009): First autochthonous *Dirofilaria immitis* (Leidy, 1856) infection in a dog in Hungary. *Helminthologia*, **46**. sz. 159-161.

- Krisztalovics, K., Ferenczi, E., Molnar, Z. S., Csohan, A., Ban, E., Zoldi, V., Kaszas, K. (2008): West Nile virus infections in Hungary, August-September 2008. *Euro surveillance: bulletin européen sur les maladies transmissibles= European communicable disease bulletin*, **13**. sz. pii-19030.
- Nel, A., Roques, P., Nel, P., Prokop, J., & Steyer, J. S. (2007): The earliest holometabolous insect from the Carboniferous: a “crucial” innovation with delayed success (Insecta Protomeropina Protomeropidae). In *Annales de la Société entomologique de France*. **3**. sz. 349-355
- Quate, L. W. (1963): Fossil Psychodidae in Mexican Amber, Part 2. Diptera: Insecta. *Journal of Paleontology*, **37** sz. 110-118.
- Shcherbakov, D. E., Lukashevich, E. D., Blagoderov, V. A. (1995): Triassic Diptera and initial radiation of the order. *International Journal of Dipterological Research*, **6**. sz. 75-115.
- Sluijs, A., Schouten, S., Pagani, M., Woltering, M., Brinkhuis, H., Damsté, J.S.S., Dickens, G.R., Huber, M., Reichart, G.J. és Stein, R. (2006): „Subtropical Arctic Ocean temperatures during the Palaeocene/Eocene thermal maximum”. *Nature*, **441**. sz.: 610–613.
- Szadziewski, R. és Gilka, W. (2011): A new fossil mosquito, with notes on the morphology and taxonomy of other species reported from Eocene Baltic amber (Diptera: Culicidae). *Polish Journal of Entomology*, **4**. sz.765–777.
- Szénási, Z., Vass, A., Melles, M., Kucsera, I., Danka, J., Csohán, A., Krisztalovics, K. (2003): Malaria in Hungary: origin, current state and principles of prevention. *Orvosi hetilap*, **144**. sz. 1011-8.
- Tánczos B., Balogh N., Király L., Biksi I., Szeredi L., Gyurkovsky M., Scalone A., Fiorentino E., Gramiccia M. és Farkas R., (2012): First record of autochthonous canine leishmaniasis in Hungary. *Vector Borne Zoonotic Diseases*, **12**. sz.:588-94.
- Tóth S. (2004): Magyarország csipőszúnyog-faunája. *Natura Somogyiensis*. Kaposvár.
- Trájer A., Bede-Fazekas Á., Juhász P., Mlinárik L. (2013): A városi hősziget hatás jelentősége a lepkeszúnyog vektorok elterjedésére a Közép-Magyarországi Régióban. UHI-Városi hősziget konferencia. Konferenciaszervező: Országos Meteorológiai Szolgálat.
- http://www.eu-uhi.eu/components/content/upload/uhimbp/6_Lepkeszunnyog_TrajerA.pdf
- Trájer A. (2011): Szúnyogok és a klímaváltozás. *Természet Világa*, **142**. sz. 219-221.