

AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS ÉS AZ URBANIZÁCIÓ EGYÜTTES ÖKOLÓGIAI HATÁSAI

Liker András

egyetemi tanár, Pannon Egyetem Környezettudományi Intézet
Limnológia Intézeti Tanszék Ornitológiai Kutatócsoport, Veszprém
andras.liker@gmail.com

A klímaváltozás és az urbanizáció, azaz a természetes élőhelyek lakóhelyekkel, ipari területekkel történő beépítése a jelenleg zajló legjelentősebb globális környezeti változások közé tartoznak. A Föld átlagos felszíni hőmérséklete 0,6 °C-kal emelkedett az utóbbi száz évben, ami szerteágazó ökológiai és mikroevolúciós változásokat indukál az életközösségekben. Az átlaghőmérséklet változása mellett nő a szélsőséges időjárási események gyakorisága, amilyenek például a hőségnapok vagy heves esőzések. Ezzel párhuzamosan a természetes élőhelyek (például erdők, gyepek, vizes élőhelyek) és mezőgazdasági területek egyre növekvő részét alakítják át beépített területekké, elsősorban a városok területének növelése céljából. Habár jelenleg a szárazföldek felszínének mindössze 3%-át teszik ki az urbanizált területek, a városi lakosság gyors növekedése miatt ez az arány várhatóan jelentősen emelkedni fog. Mivel a városok alapvető ökológiai viszonyai eltérnek a természetes élőhelyekétől, ezért életközösségeik jelentős változásokon mennek keresztül, ami a mai ökológiai és evolúcióbíológiai kutatás egyik fontos területe. Annak ellenére, hogy a klímaváltozás és az élőhely-urbanizáció

folyamatai számos ponton kapcsolódnak egymáshoz, ezeket általában külön vizsgálják, együttes hatásukról keveset tudunk. Ebben a cikkben röviden áttekintem a városi klíma általános sajátosságait, majd néhány példán keresztül bemutatom, hogy a klímaváltozás ökológiai hatásait hogyan erősítheti vagy éppen mérsékelheti a városi környezet.

A városi klíma néhány sajátossága

A városi környezet egyik legismertebb vonása, hogy gyakran magasabb a levegő vagy a talajfelszín hőmérséklete, mint a környező, nem urbanizált területeké. Ez a jelenség a városi hősziget effektus (UHI – *urban heat island*). A városok szerkezetének és az itt zajló emberi tevékenységnek számos olyan sajátossága van, ami hozzájárul az UHI kialakításához. Ilyen például az épületek és utak jelentős hőelnyelő és -raktározó képessége, az épületek légmozgást csökkentő hatása, a szabad talajfelszín és növényzet megfogyatkozása miatti alacsonyabb intenzitású párolgotatás, valamint a forgalom, fűtés, légkondicionálás és más hasonló tevékenységek hőenergia-kibocsátása. Habár ezeknek a tényezőknek a hatásai földrajzilag és időben

erősen változhatnak, az UHI világszerte kimutatható, és intenzitása – amelyet általában a városi és közeli nem városi mérőhelyek hőmérséklet-különbségével adnak meg – néhány tized °C-tól akár 10 °C-ig is terjedhet. Intenzitása növekszik a városok népességével, például Európában a maximális UHI egy ötvenezres városnál 5–6 °C, míg egy ötmillió s népességű város esetében 10 °C körüli (Oke, 1973). Mérsékelt övi városokban a legintenzívebb UHI nyári éjszakákon mérhető, míg napközben gyakori, hogy a városi hőmérséklet kis mértékben alatta marad a városon kívüli értéknek. A fentiekből látható, hogy az urbanizációhoz köthető lokális hőmérséklet-növekedés gyakran meghaladja a klímaváltozás hatásához köthető felmelegedés mértékét, a két hatás összegződése révén pedig a városok a természetes területek előtt járnak a felmelegedési folyamatban. Az urbanizált területeken emellett felerősödhetnek a szélsőséges időjárási események hatásai is: például egyes klímamodellek szerint a nyári hőhullámok tartósabbak és intenzívebbek lehetnek a városokban, mint a környező területeken (Li – Bou-Zeid, 2013), amit a mérések is igazolnak.

A magasabb hőmérséklet mellett a városokban általában szárazabb a levegő, mint a természetes élőhelyeken, amit főként a kevesebb természetes talajfelszín és növényzet miatti alacsony párologtatás, valamint a csapadék gyors elvezetése okoz. Ezt kompenzálhatja – legalábbis lokálisan – a városi parkokban és kertekben a gyakori öntözés, ami éves szinten jelentős extra csapadéknak megfelelő vízpótlást jelent, és jelentősen befolyásolja a talaj és a növényzet állapotát. Az urbanizált területeken emellett gyakran magasabb egyes légköri szennyezőanyagok (például: NO₂, SO₂) illetve a levegőben szálló por koncent-

rációja, mint a környező területeken. Az urbanizált és természetes élőhelyek a klímán kívül persze sok más fontos ökológiai tulajdonságban is különböznek, ilyen például a növényzet kiterjedtsége, összetétele és struktúrája, vagy a nagy emberi népsűrűség közvetlen hatásai.

Fenológiai változások

A klímaváltozás egyik elsőként felismert és jól dokumentált hatása a növények és állatok szezonális ciklusaiban bekövetkező változások. A mérsékelt övi életközösségekben ez például a tavaszi vegetációs periódus kezdetének korábbra tolódásában nyilvánul meg: a növények rügyezése, virágzása és lombfakadása évtizedenként tipikusan egy-három nappal, míg az európai és észak-amerikai madarak évtizedenként kettő-öt nappal kezdik korábban a fészkelést, elsősorban a tavaszi hőmérséklet emelkedése miatt (Walther et al., 2002). Ahogy várni lehet, a melegebb lokális klíma miatt a városi populációk tavaszi fenológiája is gyakran korábbra tolódik. Egyes városi növények virágzási és lombfakadási ideje például kettő-kilenc nappal korábban van a városi, mint a környező termőhelyeken, és számos madárfaj városi populációi kezdik korábban (egyes fajokban akár két-három héttel is) a fészkelést, mint a vidéki területen fészkelő fajtársaik. A jelenséget természetesen nemcsak a magasabb városi hőmérséklet okozhatja, hanem hozzájárulnak más urbanizációs hatások is, például a városi fényszennyezés kimutathatóan csökkenti a madarak költéskezdesi idejét.

Eddig alig vizsgálták a klímaváltozás és az urbanizáció együttes fenológiai következményeit. Az egyik, több mint négy évtizedes vizsgálatban néhány európai növény, például a hóvirág (*Galanthus nivalis*) és a vadcserez-

nye (*Prunus avium*) virágzási dátuma gyorsabban csökkent (azaz vált egyre korábbivá) a vidéki, mint a városi területeken (Roetzer et al., 2000). Európai vonuló madaraknál viszont a városi populációkban csökkent gyorsabban a tavaszi érkezés ideje (Tryjanowski et al., 2013). Egy lepkékkel végzett kutatásban meglepő módon azt találták, hogy az urbanizáció és a hőmérséklet-emelkedés együttesen későbbi tavaszi megjelenést okozott több faj esetében is (Diamond et al., 2014). Ezek az eredmények arra utalnak, hogy a klímaváltozás és az urbanizáció fenológiai hatásai nem egyszerűen additívak, hanem interakcióknak többféle kimenetele lehet. A háttérben álló mechanizmusok egyelőre nem ismertek, de a hőmérsékleten kívül feltehetőleg más urbanizációs hatások is szerepet játszhatnak bennük. Például a lepkék későbbre tolódó megjelenését egyrészt okozhatja szűk hőmérsékleti optimumuk, ami miatt a legmelegebb városi környezet már kedvezőtlen számukra, de szerepet játszhat benne a városi területek természetestől eltérő növényzete is.

Szinkronizáltság

az életközösséget alkotó fajok között

A fenológiai változások egyik következménye lehet, hogy az életközösségeket felépítő populációk közötti – esetenként igen pontos – időbeli szinkronizáció csökken. A klíma melegedésének hatására például egy ragadozó zsákmányának életciklusa korábbra tolódhat, mint a ragadozóé. Például egyes széncinege (*Parus major*) és kormos légykapó (*Ficedula hypoleuca*) állományok esetében a fészkelés kezdetének ideje kevésbé tolódott korábbra az utóbbi évtizedek során, mint a fiókák fő táplálékát jelentő hernyók megjelenésének és maximális mennyiségének ideje. Nem meglepő, hogy a lecsökkent szinkronizáció az

ilyen madárpopulációkban alacsony szaporodási sikerhez és a populációk méretének csökkenéséhez vezet.

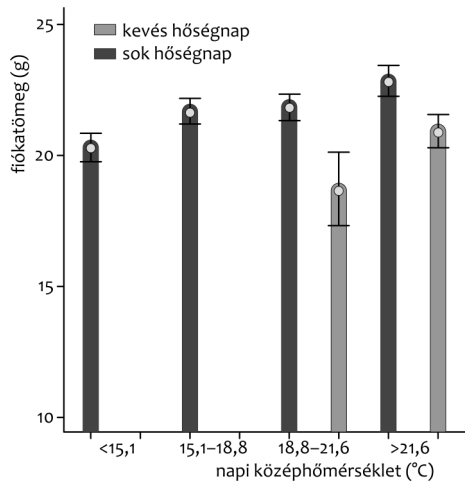
A melegebb városi klíma és más urbanizációs hatások (például a fényszennyezés) erősíthetik a szinkronizáció szétcsúszását, ha a kölcsönhatásban lévő populációk eltérő mértékben reagálnak ezekre, például ha az UHI jelentősebb hatással van a hernyók fejlődésére, mint a madarak fészkelési idejére. Egyes urbanizációs hatások azonban csökkenthetik is a fenológiai szétcsúszást: az enyhébb városi klíma és a kiszámíthatóbb vagy bőségesebb táplálék (amit a madarak etetése okoz) mérsékelheti a korai fészkelés energetikai költségeit, így a városi egyedek könnyebben alkalmazkodhatnak a fiókatáplálék-maximumok korábbra tolódásához, mint az erdei populációk egyedei. Az eddigi egyetlen empirikus vizsgálatban, amit észak-amerikai pajzstetveken (*Parthenolecanium quercifex*) végeztek, az urbanizáció erősítette a fenológiai szétcsúszást: az enyhe városi klíma miatt gyorsabban fejlődő tetvek gyakrabban kerültek el a fenológiájukban lemaradt parazitoidjait, ami a városi fák tetűfertőzöttségének drasztikus emelkedését okozza (Meineke et al., 2014). A veszprémi Pannon Egyetemen működő Ornitológiai Kutatócsoportunk jelenleg vizsgálja a széncinegék fészkelése és a fiókák táplálékát adó hernyók közötti szinkronizációt városi és erdei populációkban.

Szélsőséges időjárási események ökológiai következményei

Az extrém klimatikus események természetükönél fogva ritkák, ám különösen drasztikus hatással lehetnek az életközösségekre, beleértve az emberi népességet is. Jól illusztrálja ezt a Európát 2003 nyarán sújtó hőhullám, ami a kontinens valaha mért legmelegebb nyári

időszaka volt: a leginkább érintett Franciaországban például egyes területeken több napon át 40 °C fölé emelkedett a hőmérséklet, az augusztusi halálozások száma pedig 37%-kal (több mint tizenötezer halálessel) múlta fölül a korábbi évek azonos időszakát. A hőhullámok hasonlóan drámai tömeges pusztulásokat okozhatnak a vadon élő állatpopulációk esetében is. Például egy ausztráliai denevérféle, a fekete repülőkutya (*Pteropus alecto*) populációjának több mint 10%-a pusztult el egyetlen nap alatt a kolóniákat sújtó extrém hőség miatt (Welbergen et al., 2008). A szélsőséges események tömeges pusztulások nélkül is jelentősen befolyásolják a természetes populációk sikerét. A 2003-as franciaországi hőség hullám negatív hatása például kimutatható volt számos madárfaj populációs trendjében, és különösen nagy egyedszámcsökkenést okozott a szűk hőmérsékleti toleranciájú fajok esetében. Kutatócsoportunk házi verebekben (*Passer domesticus*) végzett vizsgálata szerint az extrém meleg időjárás a vadon élő állatok szaporodására is hatással van: a verebek esetében a fiókák fejlődési időszakában előforduló hőségnapok (napi maximum hőmérséklet >30 °C) számának növekedésével csökken a fiókák kirepülés előtti tömege (I. ábra; Pipoly et al., 2013). Egyelőre nem ismerjük, hogy pontosan milyen mechanizmuson keresztül hátráltatja a szélsőséges meleg a fiókák fejlődését: a hőstressznek lehetnek közvetlen fiziológiai hatásai a fiókákra, de hathat a madár szülők utódgondozó viselkedésére vagy a környezet táplálékélelérhetőségére is. Egy korábbi vizsgálatunkban kimutattuk, hogy a hím szülők fiókáetési aktivitását befolyásolja a kedvezőtlen időjárás: szeles és párás időben ritkábban visznek táplálékot fiókáiknak. Elképzelhető, hogy a hőség is hasonló hatással van a hímek gondozó viselkedésére

Hogyan befolyásolhatja az urbanizáció az extrém időjárás hatásait? Egyrészt a városi UHI – elsősorban az éjszakai lehűlés hiánya miatt – fokozhatja a hőhullámok hatását, növelve a városi populációkat érő hőstressz intenzitását. Ez jól tetten érhető több humán vizsgálatban, amelyek európai és ázsiai városok esetében is kimutatták, hogy a hőségidőszakok alatti (pl. kardiovaszkuláris problémákra visszavezethető) halálozások száma nagyobb arányban nő a városi, mint a vidéki területeken (Urban et al., 2013). Hasonló összehasonlítást vadon élő élőlényekkel egyelőre nem végeztek. Az UHI egy másik következménye az extrém hideg időszakok hatásának mérséklése lehet. Ezek az időszakok hátráltatják a növényzet tavaszi fejlődését, vagy közvetlenül növelik az élőlények mortalitását, és csökkentik szaporodási sikerüket. Ezt az



I. ábra • Házi veréb-fiókák tömegének alakulása különböző fészkelés alatti átlaghőmérsékleteknél, kevés, illetve sok hőségnap mellett (forrás: Pipoly et al., 2013). Az oszlopok az egyes átlaghőmérsékleti tartományba eső fiókák kirepülés előtti tömegét mutatják, a vízszintes vonalak a standard hiba értékeit jelzik.

elképzelést támasztja alá egy angliai vizsgálat, amelyben több éven keresztül követték városi és erdei cinegepopulációk szaporodását. 2012-ben, amikor szélsőségesen hűvös és csapadékos időjárású volt a tavasz, minden vizsgálati helyen jelentősen csökkent a cinegék szaporodási sikere, azonban a városi területeken ez a hatás kisebb volt, mint az erdőkben (Whitehouse et al., 2013). A kutatók azt feltételezik, hogy a fiókák azért fejlődtek jobban a városi területen, mert ott kisebb csökkenést okozott az extrém időjárás a táplálék mennyiségében, mint az erdőkben.

Az extrém időjárás és az urbanizáció interaktív hatásának egy további érdekes példáját szolgáltatja a humán kéz-láb-száj betegség, amit egy enterovírus fertőzése okoz, és elsősorban gyermekeknél vált ki tüneteket. Egy Kínában végzett kutatásban azt találták, hogy a szélsőségesen csapadékos időjárás jelentősen növeli a betegek számát, mivel a légúti megbetegedések gyakoribbá válásán keresztül elősegíti a vírus terjedését. Az extrém időjárás hatása különösen erős volt a városi gyerekek körében, amit a kutatók a fertőzés terjedését ugyancsak segítő nagyobb városi népsűrűséggel magyaráznak (Cheng et al., 2014).

Az elterjedési terület változásai

Az élőlények földrajzi elterjedésének egyik fontos meghatározója a klíma, mivel a különböző fajok a hőmérsékleti és a csapadékviszonyoknak csak meghatározott tartományán belül tudnak tartósan életben maradni és szaporodni. Várható tehát, hogy a klímaváltozás a fajok elterjedési területében is változásokat idéz elő: az emelkedő hőmérséklet miatt például a Föld északi felén élő melegkedvelő fajok kiterjeszthetik elterjedésüket északabbi vagy magasabban fekvő területekre, míg a hidegkedvelő fajok esetében az elterje-

dési terület beszűkülése következhet be. Ilyen irányú változásokat számos élőlénycsoportból mutattak ki, nem ritka, hogy egyes jól terjedő fajok (például: lepkék, tengeri állatok) areája több tíz vagy száz kilométerrel terjedt ki vagy tolodott északabbra az utóbbi évszázadban (Walther et al., 2002).

A városok megváltozott környezeti viszonyai szintén hatással lehetnek az élőlények földrajzi elterjedésére. Az UHI révén a városok például olyan földrajzi régiókban is alkalmas élőhelyet biztosíthatnak egyes fajoknak, ahol természetes körülmények között nem fordulnak elő. Az ausztráliai szürkefejű repülőrókák (*Pteropus poliocephalus*) eredeti elterjedési területe a meleg kontinentális – trópusi keleti partvidéken található, 1981 óta azonban a fajnak állandó kolóniája alakult ki Melbourne-ben. Ez jóval délebbre esik a repülőrókák elterjedésének természetes klimatikus határától, és a város melegebb és – a kolóniák környezetében rendszeres öntözés miatti – párásabb klímája teszi lehetővé itteni fennmaradásukat (Parris – Hazell, 2005). Az UHI mellett az urbanizáció más következményei is segíthetik egyes fajok terjedését. Az utóbbi években Magyarországon is nagy számban megjelenő harlekinkaticák (*Harmonia axyridis*) terjedését például jól prediktálja a környezet urbanizáltsága, mivel ezek a katicák jól ki tudják használni az épületek kínálta kedvező telelőhelyeket. A Dél-Afrikában élő hadada-íbiszek (*Bostrychia hagedash*) elterjedése eredetileg a csapadékos területekre korlátozódott, mivel a puha, nedves talajban élő gerinctelen állatokat fogyasztják. A faj az utóbbi ötven évben urbanizálódott, az öntözött városi területeken szerzi táplálékát, és elterjedési területét sikeresen kiterjesztette a természetes körülmények között számára alkalmatlan száraz vidékekre is.

Az urbanizált területek többféle módon befolyásolhatják a klímaváltozás földrajzi elterjedésre kifejtett hatásait. Egyrészt a természetes elterjedés határain kívül kialakuló városi populációk kiindulópontjai lehetnek a környező területek kolonizálásának, például ha a felmelegedés hatására ezek később a faj számára alkalmassá válnak. Másrészt a városi populációk alkalmazkodhatnak a melegebb klímához, így segíthetik a faj fennmaradását a felmelegedés által érintett területeken. Habár ennek kutatása még gyerekcipőben jár, ismerünk példákat az urbanizált populációk termális tűrőképességének megváltozására. Néhány gomba (pl. a *Chrysosporium pannorum*) városi populációi jobban nőnek melegebb környezetben, mint a faj erdei populációi, ami azt jelzi, hogy a városi populációk már alkalmazkodtak a magasabb hőmérsékletre (McLean et al., 2005). A már említett *P. quercifex* pajzstetveknél is kimutatták, hogy a meleg városi környezetből származó egyedek jobban szaporodnak meleg környezetben, mint a hűvösebb helyről származók. A fenti mechanizmusok hozzájárulhatnak ahhoz, hogy az urbanizálódott fajok jobban ellenáll-

hatnak a felmelegedés hatásainak. Ezzel összhangban az eddigi egyetlen, madarakon végzett vizsgálat azt mutatja, hogy a klíma-előrejelzések alapján készített jövőbeli elterjedési területek mérete és elhelyezkedése az urbanizált fajoknál csak kevéssé változik, míg a vizsgált fajoknál átlagosan 20%-os areacsökkenés várható (Goodenough – Hart, 2013).

Habár az éghajlatváltozás és az urbanizáció együttes hatásainak kutatása még csak a kezdeteknél tart, a terület – ahogy a fenti néhány példa is mutatja – számos izgalmas kérdést tartogat. Mivel e folyamatok a jövőben még inkább befolyásolni fogják környezetünket, kutatásuk fontos ismereteket szolgáltat például a városi egészségügy és a természetvédelem számára.

A szerző munkáját a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0064 és az OTKA K112838 sz. pályázatok támogatták.

Kulcsszavak: globális felmelegedés, élőhely-urbanizáció, fenológiai változások, fenológiai szétcsúszás, elterjedésterület-változás, ragadozó-zsákmány kapcsolat

IRODALOM

Cheng, Jian – Wub, J. – Xu, Z. – Zhu, R. – Wang, X. – Li, K. – Wen, L. – Yang, H. – Sua, H. (2014): Associations between Extreme Precipitation and Childhood Hand, Foot and Mouth Disease in Urban and Rural Areas in Hefei, China. *Science of the Total Environment*. 497–498, 484–490. • https://www.researchgate.net/publication/264988288_Associations_between_extreme_precipitation_and_childhood_hand_foot_and_mouth_disease_in_urban_and_rural_areas_in_Hefei_China

Diamond, Sarah E. – Cayton, H. – Wepprich, T. – Jenkins, C. N. – Dunn, R. R. – Haddad, N. M. – Ries, L. (2014): Unexpected Phenological Responses of Butterflies to the Interaction of Urbanization and Geographic Temperature. *Ecology*. 95, 2613–2621. DOI:10.1890/13-1848.1

Goodenough, Anne E. – Hart, Adam G. (2013): Correlates of Vulnerability to Climate-induced Distribution Changes in European Avifauna: Habitat, Migration and Endemism. *Climatic Change*. 118, 659–669. DOI: 10.1007/s10584-012-0688-x • <http://link.springer.com/article/10.1007%2F10584-012-0688-x>

Li, Dan – Bou-Zeid, Elie (2013): Synergistic Interactions between Urban Heat Islands and Heat Waves: The Impact in Cities Is Larger than the Sum of Its Parts. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*. 52, 2051–2064. DOI: 10.1175/JAMC-D-13-02.1 • https://www.researchgate.net/publication/235663083_Synergistic_Interactions_between_Urban_Heat_Islands_and_Heat_Waves_the_Impact_in_Cities_is_Larger_than_the_Sum_of_its_Parts

- McLean, Mary Ann – Angilletta, Jr., M. J. – Williams, K. S. (2005): If You Can't Stand the Heat, Stay Out of the City: Thermal Reaction Norms of Chitinolytic Fungi in an Urban Heat Island. *Journal of Thermal Biology*. 30, 384–391. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2005.03.002
- Meineke, Emily K. – Dunn, R. R. – Frank, S. D. (2014): Early Pest Development and Loss of Biological Control Are Associated with Urban Warming. *Biology Letters*. 10, 20140586. DOI: 10.1098/rsbl.2014.0586 • <http://rsbl.royalsocietypublishing.org/content/10/11/20140586>
- Oke, Timothy Richard (1973): City Size and the Urban Heat Island. *Atmospheric Environment*. 7, 769–779. DOI: 10.1016/0004-6981(73)90140-6
- Parris, Kirsten M. – Hazell, Donna L. (2005): Biotic Effects of Climate Change in Urban Environments: The Case of the Grey-headed Flying-fox (*Pteropus Poliocephalus*) in Melbourne, Australia. *Biological Conservation*. 124, 267–276. DOI: 10.1016/j.biocon.2005.01.035
- Pipoly Ivett – Bókony V. – Seress G. – Szabó K. – Liker A. (2013): Effects of Extreme Weather on Reproductive Success in a Temperate-breeding Songbird. *PLOS ONE*. 8, E80033. DOI: 10.1371/journal.pone.0080033 • <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0080033>
- Roetzer, Thomas – Wittenzeller, M. – Haeckel, H. – Nekovar, J. (2000): Phenology in Central Europe: Difference and Trends of Spring Phenophases in Urban and Rural Areas. *International Journal of Biometeorology*. 44, 60–66. DOI: 10.1007/s004840000062 • https://www.researchgate.net/profile/Thomas_Roetzer/publication/237201703_Phenology_in_central_Europe_-_differences_and_trends_of_spring_phenophases_in_urban_and_rural_areas/links/0c96051bacbaf2524e000000.pdf
- Tryjanowski, Piotr – Sparks, T. H. – Kuźniak, S. – Czechowski, P. – Jerzak, L. (2013): Bird Migration Advances More Strongly in Urban Environments. *PLOS ONE*. 8, E63482. DOI: 10.1371/journal.pone.0063482 • <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0063482>
- Urban, Aleš – Davidková, H. – Kysely, J. (2013): Heat- and Cold-Stress Effects on Cardiovascular Mortality and Morbidity among Urban and Rural Populations in the Czech Republic. *International Journal of Biometeorology*. 58, 1057–1068. DOI: 10.1007/s00484-013-0693-4 • <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00484-013-0693-4>
- Walther, Gian-Reto – Post, E. – Convey, P. – Menzel, A. – Parmesan, C. – Beebee, T. J. C. – Fromentin, J.-M. – Hoegh-Guldberg, O. – Bairlein, F. (2002): Ecological Responses To Recent Climate Change. *Nature*. 416, 389–395. DOI: 10.1038/416389a • <http://eebweb.arizona.edu/courses/ecol2006/walther%20et%20al%20nature%202002.pdf>
- Welbergen, Justin A. – Klose, S. M. – Markus, N. – Eby, P. (2008): Climate Change and the Effects of Temperature Extremes on Australian Flying-foxes. *Proceedings of the Royal Society B*. 275, 419–425. DOI: 10.1098/rspb.2007.1385 • <http://rspb.royalsocietypublishing.org/content/275/1633/419>
- Whitehouse, Michael J. – Harrison, N. M. – Mackenzie, J. – Hinsley, S. A. (2013): Preferred Habitat of Breeding Birds May Be Compromised by Climate Change: Unexpected Effects of an Exceptionally Cold, Wet Spring. *PLOS ONE*. 8, e75536. DOI: 10.1371/journal.pone.0075536 • <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0075536>

