



**SPECIAL ISSUE**

**THE THREAT WITHIN THE THREAT  
Global Climate Change and Emerging Disease**

**KETTŐS VESZÉLY**

**A globális klímaváltozás és a gyorsan terjedő fertőző  
betegségek kapcsolata**

**Daniel R Brooks FRSC, FLS**

*Senior Researcher, Institute of Advanced Studies, Kőszeg,*



**POLÁNYI CENTRE/  
iASK WORKING PAPER I.WP01**

**THE THREAT WITHIN THE THREAT**  
**Global Climate Change and Emerging Disease**

**Table of Contents / Tartalomjegyzék**

<b>Executive Summary/ Összefoglalás</b>	<b>3</b>
<i>Introduction</i>	<b>4</b>
<i>Taking Action</i>	<b>7</b>
<i>The DAMA Protocol</i>	<b>8</b>
<b>Document</b>	<b>8</b>
<b>Assess</b>	<b>9</b>
<b>Monitor</b>	<b>10</b>
<b>Act</b>	<b>11</b>
<i>Implementing DAMA: What Can Nations Do?</i>	<b>12</b>
<i>Each Country's Efforts</i>	<b>13</b>
<b>Addendum: Did African Swine Fever Open the Door for 2019-nCoV?</b>	<b>15</b>

**KETTŐS VESZÉLY**  
**A globális klímaváltozás és a gyorsan terjedő fertőző betegségek kapcsolata**

<i>Bevezetés</i>	<b>18</b>
<i>Cselekvési program</i>	<b>21</b>
<i>A DAMA protokoll</i>	<b>21</b>
<b>Dokumentáció</b>	<b>21</b>
<b>Értékelés</b>	<b>22</b>
<b>Megfigyelés</b>	<b>23</b>
<b>Cselekvés</b>	<b>25</b>
<i>A DAMA protokoll használata: mit tehetnek a nemzetek?</i>	<b>25</b>
<i>Egyes országok feladatai</i>	<b>26</b>
<b>Selected References / Válogatott irodalom</b>	<b>27</b>

**Executive Summary:** *Climate change is a global phenomenon that recognizes no national boundaries, political, social, religious, or economic systems, or ethnic origins. One element of climate change is the crisis of emerging disease. This represents an existential threat to humanity; technological, heavily urbanized humanity may be at particular risk. Substantial actions can be taken to mitigate the impacts of emerging diseases. These range from the local, boots on the ground activities of citizen scientists to the most sophisticated technologies of molecular biology and satellite surveillance. These actions will not be short-term interventions, but rather will require permanent societal investments in new forms of education, scientific research, and clinical practices. Implementing them will not be cheap, but not implementing them dooms us to continue current economically unsustainable practices. A protocol with the acronym DAMA (Document, Assess, Monitor, Act) serves as the umbrella framework for achieving the goal of "anticipate to mitigate," thereby buying time and extending human and material resources devoted to coping with the wave of emerging diseases that is only beginning. Further cost savings can be realized through necessary but unprecedented levels of cooperation both internally – among national institutions – and externally – among national and NGO organizations.*

**Összefoglalás:** *A klímaváltozás globális jelenség, nem ismer országhatárokat, politikai, szociális, vallási, vagy gazdasági érdekeket, illetve az emberek származásában sem válogat. A klímaváltozás egyik velejárója a gyorsan terjedő fertőző betegségek okozta válságok sorozata. Ez különösen a modernkori, technologizált és egyre nagyobb számban városokban lakó népességet fenyegeti. Érdemi intézkedésekre van szükség ahhoz, hogy korlátozzuk e betegségek terjedését. Ehhez a helyi tapasztalatokon alapuló ismeretektől kezdve a legkifinomultabb molekuláris biológiai módszereken át, egészen a műholdas megfigyelésig sokfajta eszközre van szükség. Nem rövid távú akciókra gondolunk, hanem jelentős társadalmi ráfordításokra az oktatásban, kutatásban és a klinikai gyakorlati munkában. Mindez igen költséges, de mellőzésük esetén fenntarthatatlan gazdasági gyakorlatot folytatunk. A DAMA mozaikszó foglalja össze a szerintünk követendő módszert: Document, Assess, Monitor, Act, azaz dokumentáljuk, értékeljük és folyamatosan figyeljük meg a jelenségeket, majd cselekedjünk. A DAMA egy olyan keretrendszer, amelynek révén előre jelezhetjük a gyorsan terjedő járványokkal kapcsolatos lehetséges problémákat és így enyhíthetjük következményeiket, időt nyerhetünk illetve emberi és anyagi erőforrásokat takaríthatunk meg. A költségmegtakarításhoz azonban eddig példa nélkül álló összefogásra van szükség, nemzeti intézmények illetve, a nemzeti intézmények és nemzetközi civil szervezetek között.*

## *Introduction*

The human population grows daily, it is on the move and carving a deep biological and technological footprint on this planet. We alter landscapes and perturb ecosystems, inserting ourselves and other species into novel regions of the world, leading to potentially irreversible changes in the biosphere. This is hardly news. Half a century ago, Charles Elton (1958), a founder of modern ecology, wrote, “We must make no mistake; we are seeing one of the greatest historical convulsions in the world’s fauna and flora.”

We are also in the midst of an epidemiological crisis. Climate change alters movements and geographic distributions for myriad species. Transporting people and goods brings previously isolated species into sudden contact. In these new arenas of contact, a world of pathogens encounter suitable hosts with no resistance and no time to evolve any.

This is also not news – maladies rare or unknown half a century ago, like HIV and Ebola, West Nile Virus and Avian Influenza, Zika – have become commonplace. Some old associates like malaria and Yellow Fever have resurfaced with a vengeance, while others, like plague, lurk in places becoming more accessible to humans. In such a world – this world – events like these are ongoing. Scarcely a week passes without news of some freshly-discovered strain of pathogen trading up to a human host...or European cattle and goats...or Nigerian tomatoes...or critical pollinator insects...or sea urchins. The entire range of species and interconnected ecosystems from open wild lands and seas to managed landscapes upon which humanity depends for socio-economic reasons is affected. This is the crisis of Emerging Infectious Disease (EID).

Over past centuries and in our current times, we have thought of EID as isolated events, usually affecting only humans; we have reacted, and continue to react, only after the fact. We allocate massive resources to pathogens that have already made themselves known, while ignoring the far greater threat posed by those waiting in the wings – emerging diseases are costing the world more than \$1 trillion each year in treatment costs and production losses, an amount larger than the GDP of all but 15 countries. The ones we know are just the tip of the iceberg – 80-90% percent of the world's pathogens haven't been discovered yet. They're discovering us easily enough – weekly outbreaks and endlessly mutating strains of recent years are ample evidence of that. This *succession of outbreaks* is the new *status quo*. They're far better at finding us than we have been at finding them. Why?

The current EID crisis is a new manifestation of an old and repeating phenomenon. The rules have not changed. Every episode of global climate change and ecological perturbation throughout earth history has produced new pathogens and broadened the distribution of disease across natural and managed systems.

More than a million years ago, our African ancestors moved from forest to savannah. Gradually changing from scavengers to predators, sharing prey with grassland carnivores, those ancient humans acquired pathogens previously found in hyenas, large cats and African hunting dogs. They carried those pathogens out of Africa, helping them move into native hosts in new environments, while native pathogens residing in non-humans (but sometimes in primate cousins) returned the favor, infecting the newly arrived humans. Later human inventions, agriculture and urbanization, brought people and animals

into even closer contact, expanding the menus of yet more pathogens, and making transmission easier than ever.

In the past 100,000 years of human existence, continental expansion carried agriculture, domestication and urbanization throughout the world, disseminating EID risk on a global scale. If doctors had existed in those times, they would have remarked on a worrisome surge in the number of EID, responding to the crisis as best they could, after the fact, and wondering how to "manage" those pesky outbreaks.

In the past 50 years, exploding human population, rapid transit and the globalization of economies have produced the real time crisis that is now part of our daily existence. And the onset of a global climate change event caused by human action and unprecedented in Earth history has intensified that situation.

The EID crisis is thus a "health" issue in only a superficial sense. It's more fundamentally an evolutionary and ecological issue, a predictable consequence of separated species brought into close contact as a result of new opportunities provided by a changing global climate. Human population growth and commercial activity accelerates the rate of introductions, so outbreaks occur more frequently and over a wider geographic range than ever before. We have crossed tipping points from a large and slow world to one that is increasingly smaller and faster. Science has advanced rapidly, but not as rapidly as human population, slowing the effective application of new scientific information. The emergence of a powerful and highly risk-averse management class directing lines of research and mediating the exchange of scientific information, often in denial about the outcomes recognized by science, further exacerbates the situation.

The potential for EID is a "built-in feature" of evolution. Pathogens are not only good at finding us, they are also really good at surviving; those species best at surviving climate change will be the primary sources of EID in the future. There are many, not a few, evolutionary "accidents waiting to happen" out there, requiring only the catalyst of ecological alteration resulting from climate change, species introductions, and the intrusion of humans into areas they have never inhabited before (this is summarized by the newly emerging *Stockholm Paradigm*: Brooks et al., 2014, 2019; Hoberg and Brooks, 2015; Hoberg et al., 2015).

All these things are happening *right now*.

The contemporary situation is a crisis because of our fundamental ignorance about the biosphere: we simply don't know what's out there. And what you don't know can hurt you. Undiscovered pathogens and their vectors lurk beneath our feet like evolutionary land mines as we move into novel habitats, trans-locate species and alter ecosystems. More than 50% of the species on this planet are parasites of some form. They are, paradoxically, common and essential elements of the biosphere that nonetheless threaten all human socio-economic activities.

We do not think there is a lurking killer bug capable of wiping out humanity all by itself. It's going to be more like the death of a thousand cuts. Each EID will exact a socio-economic cost, and even when host immune systems catch up to a particular "new" pathogen, it will not go away. It will persist as *pathogen pollution*. The West Nile Virus is no longer an acute problem in North America, but it will never disappear and thus will always be a chronic problem that requires some human and material resources to be expended in worrying about the possibility. Others have followed, like Zika, SARS, MERS, and now the Wuhan Corona virus. These pathogens emphasize the misguided

notion that borders can constrain expansion and invasion, and recent lessons from Zika and its spread in the America's demonstrate the need to provide detailed and accurate information about the potential and reality of EID on regional and global scales.

We are dependent on technology for our existence. We thus worry that technological humanity may be at great risk in the near future. The reason for our fear is humanity's general unwillingness to confront the reality of climate change, biodiversity alteration, and emerging diseases, coupled with a belief that technology will save us from ourselves in some way despite mounting evidence to the contrary. For example, the evolution of technological humanity has been accompanied by urbanization. More than 50% of humanity now resides in cities, and the proportion is growing annually. Those who live in cities enjoy many advantages of technology and feel highly insulated from the impacts of many climate-related phenomena, including emerging diseases. And yet, cities – no matter how rich and powerful they seem – may be particularly vulnerable to disease. There are four reasons for this: 1) cities are totally dependent on a constant flow of materials, including water and food, from outside sources; 2) cities support a large number of synurbic species, such as raccoons, rats, mice, foxes, pigeons, squirrels, that are themselves vectors for diseases affecting both people and their pets. Toronto, Canada recently experienced an outbreak of dog-based distemper in raccoons and skunks. And even though rabies vaccine pellets were liberally sprinkled along the Ontario border with New York, a rabid raccoon managed to ride in a truck into southern Ontario and spark an outbreak of rabies (again in raccoons and skunks) for the first time in over a decade. So cities are very attractive ecosystems for many different species, which means that the community dynamics among people, pathogens and other species is much more complicated than we thought; 3) cities represent high-density concentrations of people, meaning that in any disease outbreak the chances of exposure are elevated in proportion to the number of people living in the city; and most importantly, 4) the inhabitants of every city include at least one sub-group who are poorly-educated, poorly-nourished, and poorly-paid, working in jobs that bring physical exhaustion and exposure to stressful, often unsanitary, conditions. Such people are generally invisible to the public health and social services networks of the cities in which they live. They represent cities' Achilles Heel for disease introductions. And once a disease is established inside a city, it will not stay confined to the poor and invisible.

At times of crisis, it is the job of professional science to tell society what it needs to hear, not what it wants to hear. The utter failure of our science to solve these linked problems in a way that safeguards humanity and its socio-economic aspirations has shocked the core scientific community into inaction. Trying to get the medical-industrial complex, the agricultural-industrial complex, the loosely-connected guild of conservation biology and biodiversity organizations, and the core consensus in evolutionary biology to change course is a daunting task.

The crisis of emerging diseases forces us to confront the interface between a landscape largely engineered and maintained (at great and increasing cost) by humanity and the largely "neglected other" that we sometimes call the biosphere. As we push into that neglected other and as elements of it push into "us," fundamental (and fundamentally ignored) evolutionary dynamics emerge. We believe we are living in a time when we are being shown that evolutionary dynamics are still far more powerful than any human

technology. Even if we were to admit that an engineered biosphere would be desirable (and sustainable), we simply are not up to the task.

The annual cost of emerging diseases is already enormous and growing, and we do not believe responding after the fact is economically sustainable.<sup>1</sup> Humanity does not have the time or money to vaccinate its way out of the crisis; we must adopt proactive and anticipatory policies to mitigate future outbreaks even as we are striving to cope with existing ones.

An oft-repeated truism is that information about the diversity and distribution of known and potential pathogens is critical for limiting their socio-economic impacts. Yet, our knowledge of the identities, geographic locations and threat potential for the world's pathogens can at best be called fragmentary. At most, 10% of the world's pathogens have been documented – the rest remain utterly unknown. This massive ignorance alone is reason to be concerned about our preparedness to handle the crisis. It's impossible to prepare for a threat whose very existence is unknown. You can't monitor, much less seek cures or develop vaccines for undiscovered maladies. We act as if EID were a rare phenomenon and engage in crisis response mode. The evidence is that the potential for EID is large, and climate change will make more of the world accessible to an increasingly diverse array of pathogens. This makes the planet an evolutionary minefield into which millions of people, not to mention their crops, livestock and pets, wander daily.

This document urges those responsible for the security of their people to push through that denial and confront some painful realities. At the same time, we provide suggestions for how we might better cope with what is no longer coming at us from the future but is with us now and threatening to overwhelm us in the near future. This is not a time for despair. The Stockholm Paradigm does more than explain the crisis – it provides a plan called the *DAMA Protocol* (Brooks et al., 2014, 2019) for taking effective action by beginning to *find them before they find us*.

### ***Taking Action***

*Global Climate Change and Emerging Diseases link food security, health security, economic security and border security into a single phenomenon.*

*Emerging diseases triggered by climate change thus represent a critical threat to national security for every country on this planet.*

Make no mistake – we are in a war for the survival of technological humanity and we are losing that war. There is always hope, but each day of inaction increases the odds of catastrophic outcomes. There are two reasons to think of this as a war. The first is the reality that we are not concerned about relative discomfort, but about living and dying. The second is to remind us that the course of action we recommend is very much like the course

---

<sup>1</sup> See, for example: <http://www.bbc.com/news/science-environment-36579125>; <http://search.cdc.gov/search?query=costs+of+epidemics&utf8=%E2%9C%93&affiliate=cdc-main>; <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3327542/>

of action pursued by the military in defense of its country. Militaries plan as far in advance as they can, and they plan for battles they hope they never have to fight. We need to emulate them and take a long view – we call this "Anticipate to Mitigate."

Like the military, we need to be proactive, not reactive. To date, the human, agricultural, veterinary, and wildlife disease communities have been in reactive mode. This is due, in large part, to an ancient philosophical dictum that health providers should "Do No Harm." In times of global climate change, this dictum becomes a mandate to do nothing until a crisis manifests itself, at which point it is too late to enact cost-effective policies. To be forewarned is to be forearmed.

We cannot stop pathogens from coming to us as a result of opportunities provided by the linked phenomena of climate change, globalization, and human (over)population. We can, however, be prepared for them when they arrive. We have the capacity not to be continually surprised by emerging pathogens and their socio-economic impact.

### ***The DAMA Protocol***

*Document, Assess, Monitor, Act – DAMA – is a comprehensive proactive action plan for dealing with climate change and emerging disease.  
It complements current practices focused on responding to diseases that have emerged.*

#### **Document**

*You cannot develop proactive policies for defending society against the ravages of disease if you do not know the extent of the threat.  
If we are to be proactive, we must first find them before they find us.*

The fifth century BC Japanese Master Sun Tsu's first rule of warfare is *know the enemy*. As noted above, we have currently documented less than 10% of the potential pathogens on this planet. We therefore hardly know the enemy, and this makes us vulnerable. The biologists who are specially trained to recognize, document, and characterize the diversity of species on this planet are called *taxonomists*. Hence, the current lack of basic documentation of the biosphere is called the Taxonomic Impediment<sup>2</sup>.

That proper taxonomic sleuthing is not a trivial issue can be seen by the recent discovery that Lyme Disease in North America is actually caused by two different species of *Borrelia*, rather than one.<sup>3</sup> Each one produces different symptoms, and the lack of proper taxonomic study has led to diagnostic and treatment confusion, increasing expenses to the public health system and in some cases placing patients at risk. Taxonomists are trained to expect – and recognize – the unexpected. And this is precisely the kind of expertise we need when facing an enemy of which we know little about, and when we have limited time to gain that knowledge.

---

<sup>2</sup> See, [https://en.wikipedia.org/wiki/Taxonomic\\_impediment](https://en.wikipedia.org/wiki/Taxonomic_impediment)

<sup>3</sup> See, <http://www.cdc.gov/media/releases/2016/p0208-lyme-disease.html>



If the DAMA protocol is enacted, each country will do as much as it can afford to do, as much as its human and technical infrastructure will allow. But even a preliminary assessment will reveal a vast array of largely invisible diversity. Some will be known pathogens previously reported in that place infecting those hosts; some will be known pathogens never previously reported in that place or in that host; and some will be known pathogens thought to have been eradicated in the past. Most, however, will be new discoveries of unknown threat potential. Documenting their existence, therefore, will be essential but not sufficient.

## Assess

*In a world affected by climate change,  
we cannot stop pathogens from expanding their geographic ranges.  
We can, however, be prepared for them when they arrive.  
This is threat assessment.*

For threat assessment, we need to know as much as we can about the species that are with us already or that are coming our way. Every scientific name is an index to information. For pathogens, the information is first and foremost geographic location and host infected. For known pathogens, the species name will also be an index to additional information, depending on how well studied the pathogen species has been: mode of transmission from host to host, signs and symptoms of infection, parts of the host body affected, known total geographic and host range, mortality and morbidity, genetic variation, types of ecosystems where it typically resides; where has this pathogen been before and what – if any – problems has it caused in the places and hosts where it has been reported previously. This is why appropriate threat assessment begins with proper taxonomic documentation. If the majority of species we document will be previously unknown to science, how can we assess their threat potential?

Darwin's insight that all species are related to each other in a tree of life – a genealogy of species – led to his dictum that the most likely explanation for similarity is inheritance from a common ancestor and not existence in common environments. This explains the massive evidence that most aspects of the biology of pathogens, including their ecology and behavior, are evolutionarily conservative. Evolutionary biologists who call themselves *phylogeneticists* (*phylogeny* is the technical term for genealogies of species) are trained to discover portions of the tree of life pertinent to particular groups of species. Phylogeneticists also place those discoveries into a context that allows us to make intelligent guesses about the basic biology of the species being studied. This kind of integrative research, called *Historical Ecology*, emerged more than 30 years ago (Wanntorp, 1993; Brooks, 1985; Wanntorp et al., 1990; Brooks and McLennan, 1991, 1993, 2002) and has become entrenched as an essential element of evolutionary biology. More than a decade ago, Brooks and McLennan (2002) provided an extensive discussion of the ways in which phylogenetic information could be critical for virtually every study in biodiversity, including those examining the relationship between climate change and disease. The documented success of historical ecological research laid the groundwork for

the emergence of *The Stockholm Paradigm*. In short, phylogenetic information allows us to anticipate some parts of the future by knowing the conservative elements that evolved in the past and have stood the test of time.

The first step in assessing the pathogens found in the documentation process is therefore what we call *Phylogenetic Triage*. For every pathogen encountered, we ask if it is a pathogen known to cause disease elsewhere or it is a close relative of pathogens known to cause disease, that pathogen is targeted for special monitoring. If a discovered pathogen does not fall into one of those two categories, we archive the data in case a problem arises in the future, but do not waste time and resources monitoring it.

There is a long tradition, in public and agricultural health practices, of taking advantage of this evolutionary conservatism, although it is rarely acknowledged as such. Disrupting disease transmission is often a matter of targeting specific elements of ecological diversity. For example, if we say "malaria" most people immediately think "mosquitoes." This is because all species of malaria in all humans in every part of the world are transmitted by mosquitoes. This means that we do not have to waste time and money before implementing practices designed to limit human exposure to mosquitoes that could transmit malaria. Knowing the details of particular mosquitoes and particular species of malaria may allow us to customize our responses in particular cases, but we can have a positive and cost-effective impact simply by acting on what we know about the evolutionarily conservative aspects of malaria transmission.

Using phylogenetic assessments to make informed guesses is not infallible. Not all of the important biological characteristics of each pathogen are evolutionarily conservative. As a result, we must also use our growing knowledge of documented pathogens to build a better understanding of the ecological details that characterize their immense diversity. This kind of information for threat assessment will grow more slowly, but it will nonetheless be essential.

Finally, we can make use of mathematical modeling based on our understanding of the evolutionary dynamics and ecological context of emerging diseases, to assess the growth of our basic database of documented pathogens and their natural histories. Are our basic findings consistent with theoretical expectations? And if not, how do they differ and what adjustments would be necessary in our basic activities?

## **Monitor**

*Monitoring determines how well we have prepared ourselves  
for the inevitable arrival of new pathogens.*

We document the pathogens that are with us, and more importantly, about those that are coming our way. We assess the threat that each present, as much as possible. That (growing) pool of information then allows us to monitor the progress of the pathogens and of our efforts at mitigation. But to paraphrase Alexis de Tocqueville, eternal vigilance is the price of health security. Our documentation activities must serve as an early warning system, letting us know as soon as possible when species of high threat assessment arrive.

This point is fundamental; the distribution of a pathogen is broader than the distribution of disease attributable to that pathogen. What we generally lack is an understanding of the geographic distribution of pathogens when emergent disease is quiescent – knowing that a pathogen "is there" and represents a "potential threat" is not enough. Disease organisms and their emergence describe an intricate mosaic over space and time and the space where EID occurs is often a particular convergence and ephemeral process linking abiotic drivers and biotic assemblages. We must consequently detect when the pathogens are "on the move". Without this information we cannot understand the biotic/abiotic factors that drive emergence, and the shift from quiescence to disease conditions. The geographic movement of a pathogen plays a critical role in emerging diseases – trophic changes within an existing community can bring previously unexposed hosts into contact with a pathogen; geographic spread of a pathogen along the margins of two ecosystems, where the parasite might expand geographically into a new ecosystem because there is a susceptible but previously unexposed host. Climate is now, and through Earth history, the most critical driver of changing distributions, ecological collision and potential for EID.

We should, of course, concentrate on hosts thought to carry pathogens of high threat potential, as well as highly threatening pathogens in all hosts. We cannot, however, monitor everything equally, so we must use our assessments as a kind of triage (see Brooks 1998; Brooks and Hoberg 2000 for the first use of triage in this sense). Here, the results of recent mathematical modeling (Araujo et al, 2015; Braga et al., 2018), are helpful. Among the high threat pathogens and their carriers who may be coming our way, we should focus special attention on those that seem to be expanding their geographic ranges and their ecological resource bases; in other words, ecological specialists (hosts and pathogens) that are in the process of becoming more generalized, implying increased possibility of moving into new hosts, where there is an elevated risk of severe disease.

As our technology – especially molecular technology – for documenting improves, and as our database of phylogenetic and ecological relationships grows, we anticipate being able to monitor more threat space at lower costs.

## **Act**

*In the arena of climate change and emerging disease,  
the guiding policy principle should be the Precautionary Principle,  
that incomplete knowledge is not a justification for taking no action.*

Scientific information by itself is not enough. It is essential to act on the information accumulated by activities involving documentation, assessment and monitoring. Those charged with protecting the public good, elected officials and government policy makers, must have the best, and most current, scientific information available to them. That information must be presented in an understandable manner, in order that public officials may balance the scientific assessments against the myriad of other socio-economic priorities particular to any given situation. As a consequence, it is incumbent on scientists and policy makers to establish useful lines of communication.

It is likely that no country will be able to afford to document everything, at least not in a short period of time. Nor will we be able to assemble the exhaustive information necessary for complete assessment. But the recognition that our knowledge will always be incomplete, and in many cases even fragmentary, is no reason not to act.

As scientists, the only general policy suggestion we would make is this: In the arena of climate change and emerging disease, the guiding principle for taking action is the Precautionary Principle, namely that incomplete knowledge is not a justification for taking no action.<sup>4</sup>

### ***Implementing DAMA: What Can Nations Do?***

*Crisis response is always more expensive than prevention,  
but we cannot divert support for crisis response actions to pay for prevention.  
This requires new, and long-term – essentially permanent – funding  
for jobs, education, and infrastructure.*

Sadly, there is nothing any country can do that will not cost more money. But we are beyond the point at which economizing in the short term is possible. Implementing the DAMA protocol nationally and participating in DAMA activities internationally will not be cheap. Not implementing the DAMA protocol, however, will be catastrophic.

Those elected to lead each country must be guided by a desire to protect that country. But global climate change, and the emerging disease crisis that is part of it, recognizes no national boundaries, much less national interests. All national action plans, therefore, must recognize that the existential threat comes from outside as well as inside. Any action plan must involve both national programs and international cooperation.

The challenge of adapting to a world in which global climate change is a real and long-lasting phenomenon requires long-term commitment to changes in education, human capacity and infrastructure. These actions will not be short-term interventions, but rather will require permanent societal investments in new forms of education, scientific research, and clinical practices. Implementing them will not be cheap, but not implementing them dooms us to continue current economically unsustainable practices. This cannot all be implemented immediately, but it is essential that we begin. And while it is never too late to do something hopeful, we must begin now and try to implement something global within the next generation.

We believe further cost savings can be achieved through an environment of cooperation and cost-sharing among public and private institutions with a vested interest in mitigating the impact of emerging disease. In highly developed countries like Hungary, substantial human capacity and technological infrastructure exist but need to be greatly expanded.

---

<sup>4</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Precautionary\\_principle](https://en.wikipedia.org/wiki/Precautionary_principle).

## *Each Country's Efforts*

*We will get out only what we put in*

Any successful program designed to help society cope with the various threats arising from the emerging disease crisis must rely on grassroots, bottom-up activities. Local citizens who feel the impacts of those diseases directly will form the foundation of any successful DAMA program. This includes taking advantage of the knowledge of the elders and the energy, enthusiasm and technical knowledge of the youth – what is sometimes called the grandparent-grandchild trust bridge. Linking such grassroots efforts to the activities of professional scientists provides access to essential international resources without creating the impression that a single large top-down organization will attempt to impose a “one size fits all” agenda on individual countries.

### Sweat Equity ("free")

*Citizen scientists* – public education programs designed to enlist local citizens and student groups for a large amount of "boots on the ground" monitoring activities. Done in conjunction with programs like those developed by VectorAnalytica ([vectoranalytica.com](http://vectoranalytica.com); there are others), this can provide a means of producing large amounts of essential data cheaply and rapidly and can also lead to local support and "buy-in" by citizens in support of an essential government program.

In highly developed countries like Hungary, basic human capacity and technological infrastructure exists. It is therefore more a question of amplifying rather than creating education and training opportunities, jobs, and essential infrastructure. There are not unlimited amounts of money, of course, so any given country will need to determine how much it can do. But it must always be remembered that short-term cost reductions are done at the risk of long-term national security.

### Cost Savings

*Human capacity* – para-professionals of all kinds; *parataxonomists* to help with documenting, *paraecologists* to help with assessment – these are predominantly people with baccalaureate degrees as well as some specialized training, perhaps at the MSc level.

### Essential Services

*Human Capacity* – evolutionary biologists, especially taxonomists, phylogeneticists, and historical ecologists specializing in a wide range of pathogens and vectors; information and "big data" management specialists; researchers and educational specialists in all areas; biologists with a broad overview who provide essential liaison with policy makers; molecular biologists with an interest in developing technological designed

to increase the speed and decrease the costs of documentation, assessment and monitoring activities. These are predominantly people with advanced degrees, usually at the PhD/post-doctoral level.

*Infrastructure* – museum collections, molecular laboratories and archival capacity, computational and storage capacity; field inventory materials for specialists implementing the DAMA protocol and for those who train each new generation of such specialists.

#### *Multi-National Efforts: Cost-Sharing through Cooperation*

Further cost savings can be achieved through an environment of cooperation and cost-sharing among public and private institutions with a vested interest in mitigating the impact of emerging disease. International cooperation across all aspects of DAMA is essential given the nature of the threat. In addition, sharing can help spread the costs and speed up the process. It is not possible for each country to train up and support taxonomic specialists for all groups of hosts and pathogens.

#### A Note of Caution: Essential Cultural Shifts

The DAMA protocol requires an unprecedented amount of inter-agency cooperation – universities and museums, NGOs, local, regional and national governmental agencies, nationally and internationally. This will not be easy, but it is essential, again, given the existential threat all of humanity faces.

## **Addendum: Did African Swine Fever Open the Door for 2019-nCoV?**

*Daniel R. Brooks*, Daniel R Brooks FRSC, FLS, Senior Researcher, Institute of Advanced Study, Kőszeg

*Orsolya Molnár*, Institute of Evolution, Centre for Ecological Research, Karolina ut 29, Budapest, Hungary, H-1113

*Katalin Bajer*, Department of Systematic Zoology and Ecology, Eötvös Loránd University, Pázmány Péter ave. 1/C, Budapest, Hungary, H-1117

We are going to tell a story about links among wildlife, livestock, and humans in the 2019-nCoV outbreak. It is a story about the often-unconnected dots of complex interactions, and the unanticipated consequences of not being proactive. It is meant to expose our policy planning as so full of loopholes that they resemble pieces of Swiss Cheese.

African Swine Fever (ASF) was first documented in Europe in 2004, and the original coronavirus pandemic (SARS) was 2002-2003. We did nothing effective about either for more than 15 years. Any reasonable DAMA (Document-Assess-Monitor-Act) program initiated as recently as 2015 would have *documented* the extent of ASF outside Africa (its geographic range, its reservoirs, and its mode of transmission in habitat interfaces), then *assessed* it as a real threat, and closely *monitored* its behavior in wild boar and domestic pigs. Taking those measures would have allowed effective *action* to avoid, or at least mitigate the current outbreak that began in 2019 and is now projected to cause a 25% decrease in pork production worldwide in 2020.

We do not know how ASF was introduced outside Africa. ASF can be transmitted by ticks, by direct contact between pigs, or from contaminated pork products. The most widely held assumption is introduction from Africa by contaminated pork products, but no direct evidence exists. An additional disturbing possibility is that it was introduced in its normal reservoir host, African warthogs, to zoos or wildlife parks or conservation areas outside of Africa. The 2004 report of ASF in both domestic pigs and wild boar in Europe came from Georgia, where a World Biosphere Reserve exists. No matter the details, once ASF was introduced, it quickly infected wild boar and domestic pigs, with wild boar likely responsible for spreading the disease. The spread of ASF throughout Europe was an unanticipated consequence of a rare cooperation between conservationists and hunters, both of whom encouraged policies allowing wild boar to roam freely.

While this scenario for the introduction of ASF is speculative, it is far from fantastic. Crimea-Congo Hemorrhagic Fever is the result of the introduction of African Hunting ticks (*Hyalomma*) to the Crimea, possibly through importation for captive breeding or through trade in exotic pets, both perfectly legal enterprises. In 2018, one of us (DRB) visited the Askania Nova Biosphere Reserve in Ukraine, not far from Crimea, where he "collected" a lot of *Hyalomma* as he wandered around the pastures full of exotic mammals.

In 2019 we had a Eurasian pandemic of ASF, which is currently raging in European countries, most of whom do not wish to talk about it. The rapid drop in pork supplies in

China may have triggered an unusual increase in demand for bushmeat, leading to large quantities of various animal species being sold alongside bats infected with 2019-nCoV (one of many bat-inhabiting SARS-like coronaviruses we know of), setting the stage for a classic *stepping-stone host switching event* (Brooks et al., 2019) in which a virus that cannot be transmitted directly from bats to humans nonetheless ends up in humans. No magic, just basic population biology – something called *founder effect*. A genetic variant that has a marginal existence in bats is capable of infecting another animal – almost always another mammal – and thrives in that new host. As that initial variant thrives, it produces additional variants that could not have survived in the original bat host. Poorly-trained clinicians and journalists refer to these as mutations, but they are re-combinations of pre-existing genetic material. In the case of 2018-nCoV, at least one of those new variants is what we call an *explorer*, capable of infecting a wide variety of hosts, including humans, given the opportunity. And there is no better opportunity than an unregulated, open-air exotic meat market visited by a large number of people. A Hungarian colleague who is a virologist working on filoviruses and coronaviruses, has told us that the photos he has seen of the game market in Wuhan that has featured so heavily in news accounts constitute a "SARS Factory."

Parenthetically, this means that infected tourists can pass the virus not only to local humans but to new non-human reservoirs – this is how West Nile Virus was established in the US. Almost every major city in the world is experiencing a major rat population explosion and is also investing enormous amounts of money in urban green spaces, which are perfect habitats for zoonotic disease reservoirs, including bats. So, the urban risk space for the establishment of an introduced pathogen like 2019-nCoV is conceivably quite large.

Beyond the suffering and death resulting from human infections with 2019-nCoV, economic losses for China and for countries doing business with China are going to be substantial. As well, we have begun hearing conspiracy theories that 2019-nCoV is an engineered virus deliberately or accidentally released by the Chinese, feeding the mood of xenophobia that is now gripping the world. The virologists we have spoken with know the virus is not engineered, and they are fairly certain that the only government involvement was bureaucratic bungling that led to a cover-up. They are angry that China did not share the information it had earlier, because that might have made it easier to contain. We try to make people understand that one should never assume a conspiracy when simple incompetence will suffice. But the seed of suspicion needs little support to take root and grow.

In many countries and alliances of countries (such as the EU), Disaster Management groups have brilliant plans for teaching cooperating people in villages subject to flooding or volcanoes, earthquakes or tsunamis, how to recognize and cope with such natural disasters. But when we talk to the heads of those programs, we were told that they cannot talk to us about disease disasters, because that is restricted to a Ministry of Public Health or Ministry of Agriculture or their equivalents. Bureaucratic stove piping makes those cheese holes larger. We suspect this is true in virtually every country as well as most international NGOs like WHO and FAO. In our mind, this state of affairs makes it unlikely there will be effective top-down action. The situation is made worse when highly placed officials say indefensible things, such as the recent statement by the WHO head of health emergencies suggesting that the original SARS outbreak of 2002-2003 was the result of a virus that appeared from nowhere and then disappeared forever. The truth is that no one



has yet tracked the original SARS to its original geographic location or natural reservoir host(s). And that means we have simply been lucky that there has not been a recurrence of the original SARS, though we now have a new coronavirus to cope with.

We know this sounds like we are painting a picture of hopelessness. But that is not so. The DAMA protocol, implemented from the bottom-up beginning at the grassroots level and cooperating with specialists, can help us anticipate to mitigate. These initiatives may not plug all the loopholes in the Swiss cheese but they can make them smaller. In the UK, there is a ready-made DAMA workforce – it is called the *Extinction Rebellion*. Linking the energy, the knowledge of digital dissemination of information (the things they can do with cell phones makes us wonder what planet they came from), and the enthusiasm (even anger) of the young people with the wisdom of their grandparents could be potent (this is what some social psychologists call the grandparent/grandchild trust bridge). We really do need to start now. The 2019-CoV pandemic will end, but that is precisely when we need to go to work on trying to prevent a recurrence rather than celebrating the end of a threat. As far as exotic plant and animal trade, including the importation of exotic plants and animals for captive breeding, exhibition and tourism, or even research is concerned, testing for a broader range of pathogens is the best hope, but it will be costly because we will have to check for pathogens before they make themselves known through disease outbreaks. Quarantine of plants, animals and humans does not work well because quarantine does not differentiate the *uninfected* from the *infected*. This is another hole in the Swiss cheese of public policy.

Because the EID crisis is global, we would like to see people with wealth and their institutions around the world commit to funding effective action. The next report from the Global Commission on Adaptation could announce a fund to help implement DAMA initiatives, and for finding committed people, helping them formulate their plans to be truly effective, and making funding recommendations to the guardians of the Consortium purse strings. We know that effective action plans should be heavily grassroots and bottom-up. They must be general enough to fit many situations yet flexible enough to be adapted to particular circumstances. This will require an enormous effort in specialists working with local people. A grassroots search for effective action plans based on grassroots action – what a concept!

## **Kettős veszély**

# **A globális klímaváltozás és a gyorsan terjedő fertőző betegségek kapcsolata**

Daniel R. Brooks FRSC, FLS

*Ösztöndíjas Senior Kutató, Felsőbbfokú Tanulmányok Intézete, Kőszeg*

### **Bevezetés**

Az emberi populáció napról-napra növekszik és fajunk ezáltal mély biológiai és technológiai lábnyomot hagy maga után a Földön. Jelentősen átalakítjuk környezetünket, visszafordíthatatlan változásokat okozunk a bioszférában. Sajnos ez nem újdonság. Fél évszázaddal ezelőtt, Charles Elton, a modernkori ökológia atyja ezt írta:

“Nem hibázhatunk, Földünk flórája és faunája az eddig látott legnagyobb megrázkódtatásán esik át.”

Jelenleg is egy járványtani krízis közepén vagyunk. A globális klímaváltozás számos faj térbeli elterjedését változtatja meg, az emberek gyakori helyváltoztatása, a hatalmas méretű áruforgalom, eddig egymástól izoláltan élő fajokat hoz kapcsolatba egymással. A patogének így addig nem ismert gazdaszervezetekkel kerülnek kapcsolatba, amelyeknek nincs ideje védelmet kifejleszteni ellenük. Ez szintén nem egy új keletű dolog. Az olyan betegségek, amelyek 50 évvel ezelőtt ismeretlenek voltak számunkra, mint a HIV, az ebola, a Nyugat-nílusi láz, a madárinfluenza vagy a Zika ma már mindennaposak. Néhány korábban is ismert betegség, mint a malária és a sárgaláz minden eddiginél nagyobb erővel csap le, míg mások, mint a pestis, vár a lehetőségre, hogy újra felüthesse a fejét. A mai világunkban ezek a folyamatok mindennaposak. Ezt a krízist az előretörő fertőző betegségek krízisének nevezzük.

Ahogy az elmúlt évtizedekben, ma is úgy gondoljuk, hogy az előretörő fertőzések előfordulása lokális és csak az emberi populációt érinti, ezért a reakciót is csupán a megjelenésüket követő időszakra időzítjük. Olyan kórokozók elleni védekezésbe fektetünk hatalmas erőforrásokat, amelyek létezéséről tudunk, mialatt sokkal nagyobb veszélyt magában hordozó patogének arra várnak, hogy szintérre lépjenek, mi pedig tudomást sem veszünk róluk. A világon élő kórokozók 80-90%-a még felfedezésre vár, a patogének könnyedén ránk találnak.

A jelenlegi előretörő fertőzések krízise egy korábbi, ismétlődő jelenség manifesztációi. A földtörténet során tapasztalt minden egyes klímaváltozási esemény és ökológiai zavar új patogéneket hozott a felszínre és kiterjesztette azok fertőzőképességét a természetes és a mesterséges környezetben egyaránt.

Több mint egy millió évvel ezelőtt, őseink az afrikai kontinensen az erdei élőhelyekről a szavannára vándoroltak. Fokozatosan váltottak át a dögevőről a zsákmányszerző életmódra, mialatt a prédájukat megosztották a füves puszták ragadozóival, így fertőződve meg azon kórokozókkal, amelyek eredetileg a hiénák, nagymacskák vagy éppen az afrikai vadkutyák parazitái voltak. Az emberek ősei azért, hogy elhurcolták a parazitáikat Afrikából a világ többi részére, hozzásegítették őket, hogy az új környezetben, újabb gazdaszervezeteket fertőzhessenek, mialatt az új területeken élő nem-humán (gyakran főemlősök által hordozott) élősködők pedig kolonizálhatták a frissen odaérkező embereket. Később, a humán találmányoknak, a mezőgazdaságnak és az

urbanizációnak köszönhetően az emberek egyre közelebbi kontaktusba kerültek egymással, ezzel biztosítva sokkal egyszerűbb lehetőséget a kórokozónak a terjedésre.

Az elmúlt 50 évben a rohamos humán népesség növekedés és a gazdaság globalizációja miatt alakult ki a mai krízis. Az eddigi földtörténet során soha nem tapasztalt, az emberi tevékenység okán fellépő éghajlat változási események pedig csak súlyosbították ezt a helyzetet. Az előretörő fertőzések krízise csak felszínesen szemlélve tűnik kizárólag az egészségügyet érintő nehézségnek. Ennél sokkal több, evolúcióbíológiai és ökológiai probléma, amelynek előre jelezhető következménye az, hogy az eddig egymástól elkülönülten előforduló fajok, élve a globális klímaváltozás teremtette lehetőségekkel, közeli kontaktusba kerülnek egymással. A humán populációnövekedés és a kereskedelmi aktivitás intenzifikációja felgyorsítja ezeket a folyamatokat, így a járványok sokkal gyakrabban és sokkal több helyen bukkannak fel.

Az előretörő fertőzések az evolúció beépített eszköztárát képezik. A kórokozók nem csak megtalálnak minket, de túl is élnek minket. Számos ilyen kórokozó várja, hogy "rá kerüljön a sor". Arra várnak, hogy a klímaváltozás, a fajok behurcolása, vagy akár az ember új helyen való megjelenése okozta megváltozott környezet megtegye a hatását (ennek az összefoglalása megtalálható a Stockholm Paradigmában, amelyet a következő publikációk részleteznek Brooks és mtsai. 2014; Hoberg és Brooks 2015).

Mindezek az események *most történnek*, a szemünk láttára.

Az eddig mutatott tagadó magatartásunk vezetett minket a jelenlegi krízisbe: egyszerűen nem tudjuk, hogy mi zajlik körülöttünk a világban. És amiről nem tudunk, az nem fáj, tartja a mondás. Az eddig fel nem fedezett patogének és az őket hordozó vektoraik (a vektorok a kórokozókat egyik gazdaszervezetről a másikra terjesztik) a lábunk alatt vannak, akár csak egy evolúciós taposóakna és arra várnak, hogy új élőhelyeket vegyünk birtokba, és átrendezzük az ökoszisztémát.

Nem gondoljuk azt, hogy valami szuper gyilkos parazita leselkedik kint és az egész emberiséget egymaga eltüntetheti a Föld színéről, viszont a jövőbeni veszteségek több áldozattal járnak majd, mint párezer ember halála. Minden egyes előretörő fertőzés társadalmi és gazdasági költségeket von maga után, attól függetlenül, hogy a gazdaszervezet immunrendszere felveszi-e a versenyt az új kórokozóval, vagy sem, attól az még nem fog felszívódni az életünkben örökre: továbbra is jelen lesz "patogén szennyezésként". A Nyugat-nílusi vírus már nem akut probléma többé Észak-Amerikában, de soha nem fog teljesen eltűnni és ezért továbbra is okozhat a jövőben krónikus gondokat. Az ellene való védekezésre mindig kell majd humán erőforrásokat és anyagi javakat fordítanunk. Manapság más vírusokon a sor, mint a Zika, SARS, MERS, legújabban a Wuhan Corona vírus, amely egész biztosan nem a legutolsó és nem is a legsúlyosabb következménnyel járó betegség, ami felüti a fejét az emberi populációban. Ezek a kórokozók jól szemléltetik azt a hibás elképzelést, miszerint az országhatárok korlátozni tudják a betegségek terjedését. A Zika észak-amerikai terjedése alapos leckét adott abból, hogy mennyire fontos, hogy globális szintű, részletes és pontos információ álljon rendelkezésre az előretörő fertőzések potenciális és valós veszélyeiről. A földi létünk nagyban technológia-függő és úgy gondoljuk, hogy az ilyen beállítottságú emberiségre még súlyosabb veszélyek leselkednek a közeli jövőben. Félelmünket az emberiség általános nemtörődömsége váltja ki azáltal, hogy nem néz szembe a klímaváltozással, a biodiverzitás (az élőlények sokfélesége a Földön) átalakulásával, az előretörő fertőző betegségekkel és abban bízunk, hogy a fejlett technológia majd menedéket nyújt

mindezekkel szemben. Vegyük alapul azt, hogy az emberiség technológiai fejlődése az urbanizáció növekedésével van kapcsolatban. Az emberek több mint 50%-a városokban él és ez az arány folyamatosan növekszik. Azok, akik a városi létet választották a fejlett technológia számos előnyét élvezhetik, és úgy gondolhatják, hogy nincsenek kitéve a klímaváltozás hatásainak, vagy az olyan jelenségeknek, mint az előretörő fertőzések. Az eddigi példák alapján a városok –nem számít, hogy mennyire nagynak és gazdagnak tűnnek– különösen nagy veszélynek vannak kitéve a járványok tekintetében. Ennek négy oka van: (1) a városok teljes mértékben függenek a kívülről beáramló készletektől, mint az ivóvíz, vagy az élelmezés; (2) a városokban számos urbanizálódott fajt talált élőhelyre, mint a mosómedvék, patkányok, egerek, rókák, galambok és mókusok, amelyek olyan betegségeket hordoznak, amelyek emberekre és háziállataikra jelentenek fenyegetést. A kanadai Toronto-ban a közelmúltban is egy szopornyica járvány tombolt, amely a mosómedvéket és a bűzös borzokat fertőzi. Emellett a veszettség vírus is gondot okoz, hiszen hiába szórták szét a vakcinált pelleteket Ontario és New York állam határában, elég volt a betegség továbbterjedéséhez annyi, hogy egy veszettséggel fertőzött mosómedve egy teherautó rakterében utazva eljutott Ontario állam déli részébe, és ott kirobbantotta a járványt, annak ellenére, hogy azon a területen 11 éve nem tapasztaltak veszettséggel kapcsolatos megbetegedést a mosómedvék és a bűzös borzok között. Ebből is látható, hogy a városi ökoszisztémák nagyon vonzóak egyes fajok számára, ami által az emberek, a kórokozók és más fajok közötti közösségi szintű dinamika még bonyolultabbá válik; (3) a városokban nagy a népsűrűség és egy esetleges járvány esetén a fertőzési valószínűség növekszik a lakosság számával és végül, ami a legfontosabb (4) a városok lakói között mindig akad egy kisebb hányad, amely iskolázatlan, kemény fizikai munkát végez, továbbá erős stressznek és egészségtelen életkörülményeknek van kitéve. Ezek az emberek általában a közegészségügy számára láthatatlanok, viszont a szociális szolgáltatások által összeköttetésben állnak a várossal, ahol élnek. Ők jelentik a város Achillesz-sarkát a behurcolt fertőzésekkel szemben. Amint a fertőzés megvetette a lábát a városban, onnantól viszont nem csak a szegényeket és a láthatatlanokat fenyegeti.

A krízishelyzet idején a kutatóknak a feladatuk, hogy elmondják a lakosságnak, amit tudniuk kell és nem pedig azt, amit hallani akarnak. Viszont az kimondottan a tudományos világ kudarca, hogy nem tudja ezeket az összekapcsolt problémákat megoldani oly módon, ami az emberiséget, annak társadalmi-gazdasági törekvéseit megóvná. E kudarc a teljes tudományos közösség tétlenségét tétlenségbe taszította. A teljes orvos-ipari és agrár-ipari komplexum berendezkedését, a konzerváció-biológia és a biodiverzitásért felelős szervezetek lazán kapcsolt szövetségét és az evolúcióbiológia központi konszenzusát egyszerre új irányba terelni embert próbáló feladat. Az előretörő fertőzések okozta krízis arra kényszerít minket, hogy szembeállítsuk az ember által művelt és egyre inkább költségesen fenntartott tájat, illetve az eddig nagyban “elhanyagolt” egyéb területeket, amit néha bioszférának nevezünk. Amennyiben behatolunk ezekre az egyéb területekre, akkor ennek a hozadékaként megváltoztatjuk annak evolúciós dinamikáját, amely azonban emberi beavatkozással nem módosítható.

Az előretörő fertőzések okán halmozódó költségek folyamatosan nőnek, az utólagos, követő cselekvés gazdaságilag nem fenntartható. Az emberiségnek nincs kellő anyagi fedezete és ideje arra, hogy oltásokkal oldja meg ezeket a problémákat, a megelőzésre törekedve kellene elkerülni a jövőbeni járványok megjelenését, miközben a jelenleg fennállókkal is meg kell birkóznunk.

A világon előforduló patogének 10%-át dokumentáltuk, a többi teljesen ismeretlen számunkra. Ez a jelentős tudatlanság önmagában elég okot ad arra, hogy azon aggódjunk, hogy elég felkészültek vagyunk-e egy krízishelyzet kezelésében. Olyan betegségek ellen, amelyeket még nem ismerünk, nem tudunk ellenszert gyártani. Úgy teszünk, mintha az előretörő fertőző betegségek felbukkanása ritka esemény lenne és csak a krízis utáni tűzoltásra koncentrálnánk. A valóság az, hogy ezek nagyon is gyakori jelenségek és a klímaváltozás csak még inkább hozzáférhetővé teszi a világunkat számos kórokozó számára. Ezzel egy úgynevezett evolúciós aknamezőt teremt, amelyen emberek milliói bolyonganak nap mint nap, nem beszélve a házi- és haszonállataikról, illetve haszonnövényeikről.

A figyelemfelhívás mellett megoldást is javaslunk:, miként tudunk sikerebben megbirkózni azzal, aminek a támadása nem a jövőből várható, hanem jelenleg is köztünk van, és a közeljövőben nagy veszélybe sodorhat minket.

### ***Cselekvési program***

*A klímaváltozás indukálta előretörő fertőzések kritikus veszélyforrást jelentenek minden ország nemzetbiztonságára.*

Csakúgy, mint a hadseregnek, a megelőzésre kell fókuszálnunk és nem pedig reagálni arra, ami már bekövetkezett. Jelenleg a humán, a mezőgazdasági és az állatorvosi gyakorlat is reaktív üzemmódban működik. Ez egy olyan ősi filozófiai megközelítésből fakadhat, amely szerint azok, akik az egészségünkért felelősek, nem “árthatnak” nekünk. A globális klímaváltozás világában ez abban nyilvánul meg, hogy amíg nem következik be a katasztrófa, addig nem teszünk semmit. Ezután a pont után pedig már késő a költséghatékony megoldásokra apellálnunk. Figyelmeztetünk mindenkit, hogy legyünk elővigyázatosak. Nem tudjuk megállítani a patogéneket, amelyek a klímaváltozás, a globalizáció és az emberi túlnépesedés eredményeként kerülnek velünk kapcsolatba. Ellenben felkészülhetünk az ellenük vívott harcra.

### ***A DAMA protokoll***

*Dokumentáció, Értékelés, Megfigyelés, Cselekvés – ez egy széleskörű és proaktív akcióterv a globális klímaváltozás és az előretörő fertőző betegségek ellen. Az alább részletezett tervezet kiegészíti azt a jelenleg is használatos gyakorlatot, amely a betegségek felbukkanása utáni időszakra fókuszál.*

### **Dokumentáció**

*Nem készíthetünk proaktív irányelvet annak érdekében, hogy megvédjük a társadalmat a betegségektől anélkül, hogy tudnánk milyen mértékű fenyegetés várható. Ahhoz, hogy proaktívak lehessünk, először nekünk kell a kórokozókat megtalálnunk, mielőtt ők találnak meg minket.*

Azokat a biológusokat, akik arra lettek képezve, hogy felismerjék, dokumentálják és jellemezzék a fajokat ezen a bolygón, taxonómusoknak nevezzük. A jelenlegi globálisan

jelentkező hiányt erről a szakterületről “taxonómiai gátnak” nevezzük. A taxonómiai meghatározás nem egyszerű feladat, erre az egyik legújabb példa az, hogy a Lyme-kór okozója Észak-Amerikában ténylegesen nem egy, hanem két *Borrelia* nemzetségbe tartozó fajonként eltérő tüneteket produkál. A megfelelő faji azonosítás hiánya nehezíti a gyógyítást, ezért növekedtek az egészségügy járulékos költségei és néhány esetben a betegek is egészségügyi kockázatnak voltak kitéve.

A taxonómusok arra lettek kiképezve, hogy felismerjék a váratlant. Erre a megközelítésre van szükségünk, amikor olyan veszéllyel nézünk szembe, amiről keveset tudunk, vagy éppenséggel nincs elegendő időnk arra, hogy megismerjük.

Ha a DAMA protokoll életbe lép, akkor minden ország annyit tesz, amennyit a humán és technológiai erőforrások engednek, hogy tegyen. De mindezek előtt előzetes értékelést kell végeznünk, annak érdekében, hogy az eddig nagyrészt láthatatlan kórokozó diverzitást felmérjük. Lesznek majd olyan kutatók, akik olyan patogéneket azonosítanak, amelyeket már korábban kimutattak arról a bizonyos helyről, azokból a bizonyos gazdaszervezetekből és lesznek olyanok is, akik olyanokat azonosítanak, amelyeket soha nem jelentettek azokból a bizonyos gazdaszervezetekből és helyekről. És végül pedig olyanok is lesznek, akik olyan kórokozókat határoznak meg, amelyeket már rég eltűntnek hittünk. Dokumentálni a kórokozók létezését ezek után is lényeges, de nem elegendő tevékenység lesz.

## Értékelés

*Egy olyan világban, amelyet a klímaváltozás formál, nem akadályozhatjuk meg a kórokozók egyre bővülő elterjedését. Ellenben felkészültek lehetünk arra az időszakra, amikor majd szembe kell néznünk velük. Ez a fenyegetés értékelése.*

A fenyegetés értékeléséhez minél többet kell tudnunk azokról a fajokról, amelyek eddig is körülöttünk voltak, továbbá azokról, amelyeket még nem ismerünk. Meg kell tudnunk, hogy a patogének hol, milyen gazdaszervezetben fordulnak elő. Az ismert kórokozók esetében a fajnév egy további információ –attól függően, hogy milyen széles körben tanulmányozott a kórokozó– forrás ahhoz, hogy milyen módon adódnak át egyik gazdaszervezetről a másikra, milyen tüneteket produkálnak fertőzés esetén, a gazdaszervezet melyik testrészén élőködnek, a világ mely részén fordulnak elő, milyen mortalitást és morbiditást okoznak, milyen a genetikai változékonyságuk, milyen típusú ökoszisztémákban elterjedtek, továbbá mely országokban vagy régiókban milyen betegséget okoztak, mik voltak az eddigi dokumentált gazdaszervezeteik. Ezért nagyon fontos, hogy a fenyegetés megfelelő értékeléséhez, minél több információt gyűjtsünk, aminek az alapja a megfelelő taxonómiai dokumentáció.

Viszont, ha a fajok nagy része ismeretlen számunkra, akkor hogyan tudjuk ezeket a veszélyforrásokat értékelni?

Charles Darwin meglátása az volt, hogy minden faj kapcsolatban áll egymással az élet fáján (ami a leszármazásbeli kapcsolatokat tartalmazza) keresztül és ez vezetett ahhoz, a kijelentéséhez, hogy a hasonlóságok oka a közös ősből ered, nem pedig abban, hogy azonos környezetben élnek az élőlények. Ez számos evidenciával magyarázza azt, hogy a kórokozók ökológiai és viselkedésbeli jegyei evolúciós szinten nagyon konzerváltak. Azok az evolúcióbiológusok, akik magukat a filogenetikusoknak (a

filogenetika a leszármazástani kapcsolatokat vizsgálja a fajok között) hívják arra lettek képezve, hogy felfedezzék az élet fájának azon ágait, amelyek bizonyos fajok csoportjához köthetőek. Szintén a filogenetikusoknak köszönhetjük azt, hogy ezeket az új felfedezéseket olyan kontextusba helyezik, amely számunkra lehetővé teszi, hogy alapvető biológiai következtetéseket vonjunk le az általunk tanulmányozott organizmusról. Ez a fajta tudomány, amit történeti ökológiának hívunk, közel 30 éve kezdett el fejlődni (Brooks, 1985; Wanntorp és mtsai., 1990; vagy lásd könyves formában Brooks és McLennan, 1991, 1993, 2002) és vált az evolúcióbiológia esszenciális részévé. Több mint egy évtizeddel ezelőtt Brooks és McLannan (2002) könyve mutatott rá arra, hogy a filogenetikai információ hogyan és milyen módon lehet kritikus eleme a biodiverzitást kutató vizsgálatoknak, beleértve azokat, amelyek a klímaváltozással és a betegségekkel foglalkoznak. Ezen dokumentum sikeressége alapozta meg a Stockholm Paradigma létrejöttét (Brooks és mtsai., 2014; Hoberg és Brooks, 2015; Hoberg és mtsai, 2015). Röviden összefoglalva, a filogenetikai információ felhasználása lehetővé teszi számunkra, hogy felkészüljünk a jövőre, azáltal hogy tudjuk, hogy a kórokozók a múltban evolválódott konzervatív jellemzői a jövőben is jelen lesznek bennük.

Nagy hagyománya van annak, hogy ezeket az evolúció által erősen konzervált jellegeket hasznosítsuk a mezőgazdaságban, habár ezt így ritkán ismerik el. Annak érdekében, hogy megszakítsuk a betegségek terjedését gyakran az ökológiai diverzitás bizonyos elemeire kell, hogy koncentráljunk. Például, amikor azt mondjuk malária, akkor a legtöbb ember a szúnyogokra gondol. Ez azért van, mert a malária minden típusát, a világ összes táján a szúnyogok terjesztik. Ez azt jelenti, hogy felesleges időt és a pénzt pazarolnunk azelőtt, mielőtt olyan gyakorlatot tudnánk kifejleszteni, ami csökkenti az emberek és a maláriát terjesztő szúnyogok találkozási valószínűségét. Annak fényében, hogy ismerjük egyes maláriát terjesztő szúnyogok és maláriát okozó *Plasmodium* fajok rendszerét, megtervezhetjük a reakciónkat bizonyos esetekre, de azzal is pozitív és költséghatékony eredményt érhetünk el, ha az eddig ismert, evolúció által konzervált malária fertőzés jellegeket vesszük figyelembe.

Természetesen a filogenetika ilyen felhasználása nem tesz minket tévedhetetlenné. A kórokozók nem minden –a fertőzés szempontjából fontos– karaktere evolúciósan konzervált. Ennek eredményeként az egyre növekvő tudástárunkat kell felhasználnunk arra, hogy jobban megérthessük az ökológiai hátterét annak, ami ezt a hatalmas diverzitást formálja. Ez a fajta információ a fenyegetések értékelése esetében lassan növekszik, de annál inkább létfontosságú. Végül, a kórokozókról összegyűjtött tudásunk alapul véve matematikai modellek segítségével érthetjük meg jobban az evolúció dinamikáját és az előretörő fertőzések ökológiai megközelítését. Vajon a tapasztalataink összecsengenek azzal, amit a teoretikus modellektől várunk? És ha nem, akkor miben különböznek tőlük, és milyen finomításokat kell végeznünk rajtuk?

## **Megfigyelés**

*A megfigyelés kimutaja, hogy mennyire vagyunk felkészültek egy elkerülhetetlen patogén támadás ellen.*

Dokumentáljuk azokat a kórokozókat, amelyekkel együtt élünk, és ami a legfontosabb, azokat, amelyek még az utunkba kerülhetnek. Ez a folyamatosan növekvő

információhalmaz lehetővé teszi számunka, hogy nyomon követhessük a kórokozókat és csillapítsuk a hatásukat. Alexis de Tocqueville után szabadon mondván: az egészségügyi biztonság ára az örök éberség. A dokumentációs törekvéseink egyféle korai jelzőrendszerként szolgálnak, amely figyelmeztet minket arra, ha egy potenciálisan veszélyes faj kerül velünk kapcsolatba.

Alapvetően egy patogén elterjedése széleskörűbb annál, mint annak a betegségnek az elterjedése, amit okoz. Ami miatt hiányérzetünk van az, hogy amikor épp nem okoznak komoly problémákat a kórokozók, akkor nem foglalkozunk a terjedésükkel, az pedig nem elégséges, hogy tudjuk, hogy „vannak” és veszélyesek „lehetnek”. A betegségeket okozó organizmusok és a megjelenésük bonyolult tér- és időbeli mintázattal jellemezhető. Gyakran olyan helyen jelennek meg, ahol az abiotikus tényező, azaz a környezeti adottságok és az élőlény együttesek rövid idejű kedvező együttállása valósul meg. Következésképpen detektálnunk kell a kórokozókat, amikor azok „épp úton vannak”. Ezek nélkül az információk nélkül nem érthetjük meg azokat a biológiai és nem biológiai tényezőket, amelyek a patogének megjelenését irányítják, illetve abban játszanak szerepet, hogy egy lappangó kórokozó járványt váltson ki. A patogének térbeni mozgása egy rendkívül fontos tényező az előretörő fertőző betegségek terjedésében. Egy élőlényközösség táplálkozási kapcsolataiban bekövetkező változás addig egymás számára ismeretlen kórokozókat és gazdaszervezeteket hozhat kapcsolatba egymással. Két ökoszisztéma határán is terjedhetnek a patogének azáltal, hogy az új ökoszisztémába érkezve a kórokozó egy új, és fertőzésre fogékony gazdaszervezettel találkozik, amelyet eddig a korábbi ökoszisztémában létezve nem tudott fertőzni, hiszen nem találkozott vele. A földtörténet során a klímaváltozás játszotta a legnagyobb szerepet a faji elterjedési határok átrendeződésében, ezáltal az ökoszisztémák keveredésében, illetve lehetőséget teremtett a lappangó betegségek megjelenésében.

Természetesen, azokra a gazdaszervezetekre is figyelmet kell fordítanunk, amelyekről tudjuk, hogy kockázatos kórokozókat terjesztenek, illetve fordítva is, a magas kockázatot jelentő kórokozók minden egyes gazdaszervezeten való előfordulását nyomon kell követnünk. Persze, nem figyelhetünk mindenre ugyanakkora erőbefektetéssel, ezért kell az értékelési szakaszban összegyűjtött adatokat egyfajta egészségügyi osztályozási normaként hasznosítanunk (lásd Brooks 1998; Brooks és Hoberg 2000 ahol, az egészségügyi osztályozás fogalmát először ebben a formában használták). Ebben a nemrégiben született matematikai modellek nagy segítséget nyújthatnak (Araujo és mtsai 2015; Braga és mtsai publikálásra benyújtva). Azok közül a kockázatot jelentő kórokozók közül –beleértve a vektoraikat– amelyekkel még nem kerültünk kontaktusba, azokra kell összpontosítani az erőnket, amelyek látszólag növelik a földrajzi elterjedésüket és az ökológiai forrásbázisukat. Más szóval, az ökológiai értelemben vett specialisták (patogének és gazdák egyaránt) amelyek épp azon folyamatban vannak, hogy generalistává válnak, azok nagyobb eséllyel fognak újabb gazdáknak megjelenni, ezáltal emelve a komoly betegségek kockázati tényezőjét.

Ahogy a technológiánk –főleg a molekulárisak– egyre inkább fejlődnek és lehetővé teszik, hogy sikeresebbek legyünk a detektálásban, illetve a növekvő filogenetikai és ökológiai kapcsolatokat tartalmazó adatbázisunk is növekszik, annál költségkímélőbb módon tudjuk majd megfigyelni a veszélyforrásokat.



## Cselekvés

*A hiányos felkészültségünk még nem mentesít minket az alól, hogy cselekedjünk.*

A tudományos információ önmagában nem elég. Fel kell használnunk azt az információt, amit a dokumentációs, értékelő és megfigyelési szakaszokból nyertünk és cselekednünk kell! A választott tisztségviselők és kormányzati döntéshozóknak, akik a közjó védelmével vannak megbízva, minden tőlük telhetőt meg kell tenniük, hogy a legjobb és legfrissebb tudományos információt rendelkezésünkre bocsájtsák. Ezt az információt közérthető módon kell bemutatni, annak érdekében, hogy a köztisztviselők megtalálják az egyensúlyt a tudományos értékelés és a számos más társadalmi és gazdasági prioritás között.

Előfordulhat, hogy lesznek olyan országok, amelyek nem engedhetik meg maguknak, hogy mindent dokumentáljanak, legalábbis nem rövid időintervallumon belül. Olyanok is lesznek, amelyek nem tudják összeilleszteni a szerzett információkból a teljes értékeléshez szükséges képet. Fel kell ismernünk, hogy az információ halmazunk sosem lesz teljes, és sok esetben csak töredékekkel rendelkezünk, viszont ez nem ok arra, hogy ne tegyünk semmit.

### ***A DAMA protokoll használata: mit tehetnek a nemzetek?***

*Reagálni a válságra mindig költségesebb, mint a megelőzés, általában nem tudjuk átirányítani a támogatást a kríziskezelésből a megelőzés irányába. Ehhez egy teljesen új, hosszú távú, és ami a legfontosabb, állandó támogatási rendszer kialakítására van szükség a fertőzések terjedésével kapcsolatos munkahelyek, oktatás és az ezekhez kapcsolódó infrastruktúra számára.*

Sajnálatos módon nincs olyan teendő, ami ne kerülne több pénzbe a nemzetek számára. Viszont túl vagyunk már azon a ponton, ahol a rövidtávú takarékoskodás megoldható lenne. A DAMA protokoll nemzeti szinten történő alkalmazása és a részvétel a nemzetközi DAMA tevékenységekben nem olcsó, de a DAMA protokoll mellőzése végzetes hiba.

A globális klímaváltozás és az előretörő fertőzések viszont nem ismernek sem országhatárokat, sem pedig nemzeti érdekeket. Ezek után mindegy egyes nemzeti akcióterveknek fel kell ismernie, hogy a fenyegetés épp úgy érkezik a határon kívülről, mint belülről. E terveknek magukban kell foglalni a nemzeti és nemzetek közötti együttműködéseket is!

Kihívást jelent egy olyan világhoz alkalmazkodni, ahol a klímaváltozás valós és hosszútávú jelenség, amely szintén hosszútávú elkötelezettséget igényel az oktatás, a humán kapacitás és az infrastruktúra megreformálása szempontjából. Ezek a tevékenységek nem rövid távú beavatkozások, hanem inkább állandó szociális befektetést igényelnek az oktatásba, a tudományba és a klinikai praktikumba. a következő mintegy generációnyi időn belül.

Úgy hisszük, hogy a jövőbeni költségmegtakarítás egy olyan környezetben lesz elérhető, ahol az anyagi terheket a köz- és magánintézmények megosztják, hiszen közös érdekük az előretörő fertőzések hatásának csillapítása. A fejlett országoknak, mint amilyen

Magyarország, nagymértékben ki kell terjesztenie a rendelkezésére álló humán és technológiai erőforrásait.

### ***Egyes országok feladatai***

*Csak annyit vehetünk ki, amennyit beleteszünk.*

A fejlett országoknak, mint amilyen Magyarország, rendelkezésére áll az alapvető humán erőforrás és a technológiai infrastruktúra. Az ilyen országokban nem ezeknek a megteremtése a kérdéses, hanem a meglévő források alkalmazása és beolvasztása az oktatásba, a munkaerő piacba és az esszenciális infrastruktúrába. Természetesen nem áll rendelkezésre korlátlan mennyiségű anyagi forrás, tehát minden egyes államnak meg kell határoznia azt a keretösszeget, amit erre tud fordítani. Arra viszont nem árt emlékeztetni magunkat, hogy ha a rövid távú takarékoskodást választjuk, akkor hosszú távon sokkal nagyobb veszélynek tesszük ki magunkat.

#### ***Alapvető szolgáltatások***

**Emberi erőforrások** – az evolúciobiológusok, főként a taxonómusok, filogenetikusok, történeti ökológiával foglalkozók, akik a kórokozók és vektoraik széles skálájára specializálódtak. Olyan kutatók, akik a “nagy adathalmazok” kezelésének a specialistái, biológusok, akik összeköttetést biztosítanak a döntéshozó szervekkel. Olyan molekuláris biológusok, akik módszertani újítások bevezetésével felgyorsítják és mellette csökkentik a dokumentációs, értékelő és monitoring fázisok költségeit. Döntő többségükben egyetemi diplomával rendelkező, magasan képzett PhD hallgatók, vagy posztdoktori kutatók.

**Infrastruktúra** – a szükséges infrastruktúra magában foglalja a múzeumi gyűjteményeket, a molekuláris laborokat, a számítógépes és egyéb tároló kapacitásokat, a DAMA protokoll alapján dolgozó specialisták terepi felszerelését, illetve a következő specialista generációt kinevelő oktatók munkájához szükséges infrastruktúrát.

#### ***Költségmegtakarítás***

**Emberi erőforrások** – Olyan emberek alkalmazása, akiknek nincs emelt szintű végzettségük -esetleg, valamilyen szintű szakképzést kaptak- de sok esetben az érettségi a legmagasabb képesítésük, viszont professzionális kutatók mellett dolgoznak, akár laboránsként, vagy preparátorként. Az ilyen úgynevezett para-taxonómusok nagy segítséget nyújthatnak a dokumentációs fázisban, vagy akár a para-ökológusok az értékelési fázisban.

#### ***Saját tőke (ingyenes)***

**Közösségi tapasztalat** – a szervezett közoktatás magában foglalja a helyi lakosok és a diákok bevonását a tudományos kutatásba. Ilyen program például a VectorAnalytica (<http://www.vectoranalytica.com/>; és sok más hasonló kezdeményezés) amely rengeteg ingyenes és gyorsan hozzáférhető anyagot produkál. A civilek megnyerése és bevonása az ilyen kormányzati programokba hatalmas támogatást jelenthet.

#### ***Nemzetek közötti erőfeszítések: kooperáción alapuló költségmegosztás***

Ahogy azt korábban említettük, a jövőbeni költségmegtakarítás egy olyan környezetben lesz elérhető, ahol az anyagi terheket a köz és magánintézetek kooperáció útján megosztják, hiszen közös érdekük az előretörő fertőzések hatásának a csillapítása. A veszély jellegéből adódóan a DAMA bármely aspektusát érintő nemzetközi kooperáció elengedhetetlen. Továbbá, a teher megosztása segítheti a költségek csökkentését és a

folyamat felgyorsítását, hiszen nem lehetséges az összes ország számára, hogy specialistákat képezzen ki mindegy egyes kórokozó és gazdaszervezete felderítésére, és még anyagi támogatásban is részesítse őket.

#### ***Óvatosságra intés: alapvető kulturális váltás***

A DAMA protokoll eddig példa nélküli kooperációt igényel az egyetemek, kutatási intézmények, civil szervezetek, továbbá lokális, regionális kormányzati szervek között nemzeti és nemzetközi szinteken egyaránt. Nem lesz egyszerű folyamat, viszont ha az emberiséget fenyegető veszély mértékére gondolunk, akkor a megvalósítása elengedhetetlen!

#### **Selected References / Válogatott irodalom**

Araujo, S.B.L., M.P. Braga, D.R. Brooks, S. Agosta, E.P. Hoberg, F. von Hathental and W.A. Boeger. 2015. Modeling the Stockholm Paradigm: ecological fitting facilitates host switching in sloppy fitness space. *PLOS One* 10(10): e0139225. doi:10.1371/journal.pone.0139225

Braga, M.P., S.B.L. Araujo, S. Agosta, D.R. Brooks, E.P. Hoberg, S. Nylin, N. Janz and W.A. Boeger. 2018. Host use dynamics in a heterogeneous fitness landscape generates oscillations and diversification. *Evolution* 72-79: 1773–1783.

Brooks, D.R. 1985. Historical ecology: A new approach to studying the evolution of ecological associations. *Ann. Missouri Bot. Garden* 72: 660-680.

Brooks, D.R. 1998. Triage for the Biosphere. pp 71-80, in *The Brundtland Commission's Report – 10 Years*, ed. G. B Softing, G. Benneh, K. Hindar, and A. Wijkman. Oslo: Scandinavian Univ. Press.

Brooks, D.R. and E.P. Hoberg. 2000. Triage for the biosphere: The need and rationale for taxonomic inventories and phylogenetic studies of parasites. *Comp. Parasitol.* 68: 1-25.

Brooks, D.R. E.P. Hoberg, W.A. Boeger, S.L. Gardner, K.E. Galbraith, D. Herczeg, H.H. Mejía-Madrid, S.E. Rácz and A. Tsogtsaikhan. 2014. Finding them before they find us: informatics, parasites and environments in accelerating climate change. *Comp. Parasitol.* 81: 155-164.

Brooks, D.R. E.P. Hoberg and W.A. Boeger. 2019. *The Stockholm Paradigm: Climate Change and Emerging Disease*. Univ. Chicago Press, Chicago.

Brooks, D.R. and D.A. McLennan. 1991. *Phylogeny, Ecology and Behavior: A Research Program in Comparative Biology*. Univ. Chicago Press, Chicago.

Brooks, D.R. and D.A. McLennan. 1993. *Parascript: Parasites and the Language of Evolution*. Smithsonian Inst. Univ. Press.

Brooks, D.R. and D.A. McLennan. 2002. *The Nature of Diversity: An Evolutionary Voyage of Discovery*. Chicago: Univ. Chicago Press.

Hoberg, E.P., D. R. Brooks. 2015. Evolution in action: climate change, biodiversity dynamics and emerging infectious disease. *Phil. Trans. R. Soc. B* 370: 20130553. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2013.0553>

Hoberg, E.P., S.J. Agosta, W.A. Boeger and D.R. Brooks. 2015. An Integrated Parasitology: Revealing the Elephant Through Tradition and Invention. *Trends in Parasitol.* 31: 128-133.

Wanntorp, H.-E. 1983. Historical constraints in adaptation theory: Traits and non-traits. *Oikos*. 41: 157-160.

Wanntorp, H.-E., D.R. Brooks, T. Nilsson, S. Nylin, F. Ronqvist, S.C. Stearns, and N. Weddell. 1990. Phylogenetic approaches in ecology. *Oikos*. 57: 119-132.