

HYBNÉ SILY KRÍZY A EKOLOGICKÁ ZLOŽITOSŤ V EPOCHE ANTROPOCÉNU

Peter SABO - Peter URBAN - Ingrid TURISOVÁ

DRIVING FORCES OF THE CRISIS AND ECOLOGICAL COMPLEXITY IN THE ERA OF ANTHROPOCENE



ABSTRAKT

Zrýchľujúci sa globálny socioekonomický rozvoj a rast materiálovej spotreby sa premieta aj do rastúcich narušení život udržujúcich systémov Zeme. Ľudská civilizácia sa stala geologickou silou, ktorá zásadne mení tvár našej planéty. Viacerí vedci preto vyčleňujú obdobie od začiatku industriálnej revolúcie, najneskôr však od roku 1950, ako samostatnú geologickú epochu nazývanú Antropocén. Problémom je, že v tejto epoche klesá schopnosť Zemskeho ekosystému podporovať našu civilizáciu. Rastúce existenciálne riziká sú dôvodom, prečo už nestačí riešiť iba symptómy krízy, ale treba sa zaoberať aj jej hybnými silami. Hybné sily nepriaznivého vývoja môžeme rozdeliť do niekoľkých skupín – fyzické (napr. rast ľudskej populácie, urbanizácie a spotreby), paradigmatické (napr. dedičstvo mechanickej paradigmy, podceňovanie zložitosti a dynamiky živých systémov) a kultúrno-hodnotové (napr. kultivácia chamtivosti, nástup plytkosti, odcudzenie od prírody). V príspevku sa zameriame na tie hybné sily krízy, ktoré súvisia s platnou vedeckou paradigmou. Aj súčasná iracionálna „ekonomická mantra“ neustáleho hospodárskeho rastu vychádza z mechanickeho videnia sveta, ktoré nedostatočne reflektuje jeho zložitost' a tým aj širšie súvislosti a dôsledky ľudských aktivít. Za nevyhnutný považujeme posun vedeckej paradigmy smerom k systémovému a celostnému mysleniu a vedeckého výskumu. Za tým účelom priblížime niektoré vybrané aspekty teórie ekologickej zložitosti, ktoré považujeme za veľmi dôležité pri obrate v smerovaní spoločnosti, využívaní prírodných zdrojov aj pri ochrane a manažmente ekosystémov. Každý ekologický systém má svoju prirodzenú úroveň zložitosti, pri ktorej je jeho vitalita najväčšia, a preto sa túto zložitost' musíme usilovať zachovať a chrániť.

KRÚČOVÉ SLOVÁ: existenciálne riziká, Antropocén, zložité systémy, ekologická zložitost' a integrita, Zemský systém

ABSTRACT

The accelerating socio-economic development and growth of the material consumption is projected also into growing disturbances of the Earth's life support systems. Human civilization has become the geological force, which is substantially changing the character of our planet. Several scientists therefore distinguish the era since the start of the industrial revolution, at the latest since the year 1950, as a distinctive geologic epoch called Anthropocene. The problem is that in this epoch the capacity of the Earth system to support our civilization decreases. The growing existential risks are the reason why it is not sufficient to deal just with the symptoms of the crisis, but it is necessary to cope also with its driving forces. These drivers of unfavourable development can be divided into several groups – physical ones (e.g. the growth of human population, urbanization and consumption), paradigmatic (e.g. the heritage of mechanical paradigm, underestimation of the complexity of the



living systems) and cultural-value ones (e.g. cultivation of greed and shallowness, alienation of man from nature). In the contribution presented we devote to the driving forces connected with the valid scientific paradigm. The current „economic mantra“ of the infinite economic growth is based on mechanical perception of the world, lacking to reflect its complexity and consequently also wider connections and consequences of human activities. We consider as necessity the paradigm shift towards more systemic and holistic thinking and scientific research. To achieve this we will examine several selected aspects of ecological complexity, which we consider highly important at the turning point of the society direction, the use of natural resources and ecosystem management. Each ecological system has its natural level of complexity, at which its vitality is the highest, and therefore we should strive to preserve and protect this complexity.

KEYWORDS: existential risks, Anthropocene, complex systems, ecological complexity and integrity, the Earth system,

ÚVOD

Rozsah a rýchlosť nárastu vplyvov človeka na prírodu a krajinu sa zvyšovali ako rástla ľudská populácia a jej schopnosti využívať prírodné zdroje a pretvárať krajinu aby uspokojila naše stúpajúce materiálové nároky. Od úsvitu priemyselnej revolúcie, predovšetkým však od roku 1950 sa však exponenciálne zrýchľujúci socio-ekonomický rozvoj premieta aj do rastúcej degradácie život udržujúcich systémov Zeme. Degradácia ekosystémov podnietila nástup moderného environmentálneho hnutia. Odštartoval ho bestseller bioložky Rachel Carson „*Tichá jar*“, ktorá ako prvá upozornila na riziká masového používania pesticídov a iných syntetických chemikálií: „*Najalarmujúcejšia vec na útoky človeka na životné prostredie je kontaminácia ovzdušia, zeme, riek a morí nebezpečnými a dokonca letálnymi chemikáliami.*“ (Carson 1962). Nasledovali výsledky počítačového modelovania vybraných globálnych trendov, ktoré v roku 1972 publikoval Meadowsov vedecký tím a ktoré prognózovali riziko globálneho kolapsu už v 21. storočí: „*Ak sa nezmení súčasný trend rastu svetovej populácie, industrializácie, znečistenia, produkcie potravín a čerpania zdrojov, limity rastu na tejto planéte budú dosiahnuté niekedy počas budúcich sto rokov. Najpravdepodobnejším dôsledkom bude náhly a nekontrolovateľný pokles nielen populácie, ale aj priemyselnej kapacity.*“ (cit. in Nováček & Huba 1995).

Ďalším míľnikom sa stala koncepcia udržateľného rozvoja (WCED 1991), v roku 1992 bola na Konferencii OSN o životnom prostredí a rozvoji konanej v Rio de Janeiro schválená Agenda 21, ktorá už obsahovala konkrétne návody a postupy ako integrovať tri piliere tohto rozvoja (environmentálny, ekonomická a sociálny) resp. ako spojiť ďalší ekonomický rozvoj s bojom proti chudobe s ochranou životného prostredia. V súčasnosti je už v platnosti Stratégia udržateľného rozvoja Agenda 2030, prijatá Valným zhromaždením OSN v roku 2015, ktorá definuje 17 globálnych cieľov udržateľného rozvoja a 169 opatrení k ich dosiahnutiu (UN 2015). Hoci koncepcia udržateľnosti je dlhodobou kritizovaná pre jej vágnosť (Davies 2013) priniesla masívny rozvoj environmentálneho práva, materiálovo aj energeticky šetrných technológií a inštitúcií na ochranu životného prostredia. Napriek tomu však degradácia život udržujúcich systémov postupuje (EEA 2019; UNEP 2019).

Johann Rockström a jeho tím sa pustili do hľadania nového modelu udržateľnosti cestou určenia planetárnych hraníc, v rámci ktorých sú ešte aktivity ľudstva v bezpečí. V prípade niekoľkých život udržujúcich systémov Zeme už ľudstvo tieto hranice prekročilo, v prípade dvoch život udržujúcich systémov: úbytok integrity biosféry a biodiverzity, biogeochemické cykly dusíku a fosforu dokonca veľmi výrazne. Mimo zóny bezpečia a v zóne neurčitosti sme v prípade ďalších dvoch procesov: klimatická zmena a globálna zmena krajiny pokrývky. U dvoch systémov je narušenie značné, ale ich hranice sú neznáme: aerosóly v atmosfére a nové entity (Rockström et al. 2009; Steffen et al. 2015). Ako uvádza správa GEO-6 Programu OSN pre životné prostredie: „*Zabezpečiť dôstojný život a prosperitu pre takmer 10 miliárd ľudí v roku 2050, bez ďalších kompromisov s ekologickými limitmi našej planéty*

a jej benefitmi, je jedna z najväznejších výziev a zodpovedností, ktorým ľudstvo čelilo.“ (UNEP 2019).

1 ANTROPOCÉN A hlavné nepriame hybné silyenvironmentálnej KRÍZY

Podľa viacerých vedcov, vrátane nositeľa Nobelovej ceny za chémiu Paula Crutzena, sa naša civilizácia stala rozhodujúcou silou, ktorá zásadne mení povrch planéty, zanechávajúc na tvári Zeme dokonca geologicky rozpoznateľné stopy. To ich viedlo k návrhu vyčleniť v histórii Zeme nové geologické obdobie a nazvať ho Antropocén, čo má vyjadriť dominantný podiel človeka pri pretváraní Zeme (Zalasiewicz et al. 2010). Podľa Steffena et al. (2007) prvá fáza Antropocénu začína priemyselnou revolúciou, druhá fáza zodpovedá veľkému zrýchleniu socioekonomického rozvoja od roku 1950 (*great acceleration*) a tretia fáza predstavuje udržateľnú spoločnosť budúcnosti, ktorú môže zabezpečiť iba zásadná zmena postoja človeka voči prírode a krajine smerom k úcte a rešpektu voči mimoludskému životu, ktorá by nás mohla viesť napr. k zodpovednému správaniu prírody (Sokolíčková 2012). To nevyhnutne povedie k obmedzeniu našich súčasných vysokých materiálových a energetických nárokov – a tým aj k zmene socioekonomického systému založeného na neustálom raste materiálovej produkcie a spotreby.

Priame hybné sily súčasnej globálnej environmentálnej krízy sa týkajú najmä zmeny využívania krajiny a s tým spojenými procesmi likvidácie, degradácie a fragmentácie ekosystémov, znečisťovania pôdy, vody a ovzdušia, neudržateľne vysokého čerpania (a devastácie) biologických prírodných zdrojov, nástupu inváznych druhov a nových patogénov, ako aj postupujúcej klimatickej zmeny, ktorá je už realitou. Týmto priamymi hybnými silami a ich následkami, vrátane rizík náhlych zmien ekosystémov sa zaoberá rozsiahla literatúra (napr. Primack et al. 2011; Steffen et al. 2015; UNEP 2019 a ďalší).

V tejto časti stručne načrtujeme niektoré z nepriamych hybných síl (*indirect drivers*, MEA 2005) súčasnej globálnej krízy (Sabo & Cochová 2012). Pre lepšiu prehľadnosť sme ich rozčlenili na fyzické nepriame hybné sily (napr. rast ľudskej populácie a urbanizácie), sily spojené so súčasnou vedeckou paradigmou (napr. idea neustáleho ekonomického rastu, podceňovanie ekologickej zložitosti) a kultúrno-hodnotové (napr. rast konzumu, nedostatočná etika vo vzťahu k prírode a pod).

1.1 Najvýznamnejšie fyzické nepriame hybné sily

Rast ľudskej populácie: V roku 2018 žilo na Zemi už 7,6 miliardy ľudí a prognóza do roku 2050 je 9,85 miliardy, pričom tento rast sa z 98 % týka práve rozvojových štátov (PRB 2018). Globálne síce fertilita klesla až na hodnotu 2,4 v roku 2018, hoci táto je stále vysoká v Subsaharskej Afrike, kde má hodnotu až 4,9 (PRB 2018). Tento jav sa spája s extrémnou chudobou, s nižším statusom žien, s ich nízkou vzdelanosťou a nedostatočnými možnosťami uplatnenia sa v sociálnej a v ekonomickej sfére. Naopak, úbytok populácie zaznamenáva Európa (zo 746 na 730 miliónov v roku 2050), ktorá čelí starnutiu obyvateľstva.

Rast urbanizácie: V roku 2018 žilo v mestách už 55 % obyvateľstva a v roku 2050 to má byť 66 %. V súčasnosti až polovica obyvateľstva žije v obrovských urbánných aglomeráciách: v roku 2014 žilo v megamestách až 453 miliónov ľudí (UNEP 2019). Podiel mestského obyvateľstva je už dnes v Európe zhruba 70 % a v USA 80 %. Sústreďením ľudí v mestách sa síce šetrí priestor krajiny, ale veľké aglomerácie sú náročné na spotrebu energie (končí v nich až 75 % všetkej spotrebúvanej energie) a produkujú aj oveľa vyššie množstvá odpadov, napr. sú zodpovedné až za 70 % globálnych emisií CO₂ (UNEP 2011).

Rast spotreby materiálov a energie: Súčasná ekonomika roztáča špirálu rastu materiálovej spotreby, osobitne biomasy, kovových a nekovových minerálov a fosílnych palív, spolu v roku 2017 prekročili 90 miliárd ton (Wirtschaftsuniversität Wien 2020). Intenzita ťažby materiálov v prepočte na

jednotku produkcie v dôsledku efektívnejších technológií síce klesá, avšak rast ľudskej populácie a rast priemernej spotreby vedú k tomu, že spotreba materiálov stále rastie. Treba vidieť, že s rastom spotreby rastie aj environmentálna záťaž krajiny v podobe čerpania prírodných zdrojov a produkcie odpadov.

Rastúci ekologický dlh: Ekologická stopa udáva rozlohu krajiny v globálnych hektároch (gha), ktorú spoločnosť potrebuje na zabezpečenie všetkých spotrebúvaných prírodných zdrojov a na absorpciu všetkých jej odpadov. Biokapacita je využiteľná ročná biologická produkcia danej krajiny. V roku 2012 globálna ekologická stopa bola 20,1 mldgha (t.j. 2,8 gha/ osobu), kým biokapacita Zeme bola iba 12,2 mld gha (1,7 gha/ osobu). Rozdiel 7,9 mld gha (1,1 gha/ osobu) predstavuje ekologický dlh, ktorý budú musieť splatiť budúce generácie (WWF 2016). V roku 2013 mali najvyššiu priemernú ekologickú stopu na osobu Luxembursko (15,82 gha), Aruba (11,88 gha) a Katar (10,8 gha), Spojené štáty mali stopu 8,22 gha (GFN 2020).

Rastúca príjmová a majetková asymetria: Podľa Oxfam International (2018) v roku 2017 najbohatších 1 % ľudí vlastnilo viac majetku ako zvyšných 99 %. Majetok miliardárov vzrástol v danom roku o 762 miliárd USD, zatiaľ čo príjmy chudobných 50 % ľudstva ostali na rovnakej úrovni (napr. v roku 2012 boli zisky 400 najbohatších Američanov 6-násobne vyššie ako v roku 1982, Kroll 2012). Navyše niektoré nadnárodné korporácie resp. ich dodávatelia, zneužívajú takmer otrockú aj detskú prácu v Afrike alebo v Ázii. Problémom je aj marginalizácia miestnych domorodých spoločenstiev, veľké rozvojové projekty bývajú totiž neraz spojené s násilím, neoprávneným zatýkaním, zastrášaním a násilným presídľovaním (Goodland 2008).

1.2 Najvýznamnejšie paradigmatické nepriame hybné sily

Dedičstvo mechanického svetonázoru: Prevrátné vedecké objavy dláždili od 16. storočia cestu k modernej vede. Viaceré z nových princípov, vo svojej dobe pokrokové, však nesú dedičstvo mechanického vnímania prírody (Capra 1984, 1997). Napr. anglický právnik a kráľovský úradník Francis Bacon (1561 – 1626) oprávnene kritizoval vtedajšiu plytkú vedu a zdôrazňoval význam experimentu. Súčasne však volal aj po neľútostnej dominancii človeka nad prírodou, a táto filozofia podporila drancovanie prírodných zdrojov, a tiež viedla k brataniu sa modernej vedy s politickou mocou a k ignorovaniu hodnotových otázok (Clarke 1993). Francúzsky matematik René Descartes (1596 – 1650), zakladateľ novovekej filozofie, tiež spochybnil úroveň dovtedajšej vedy. Položil však aj základ mechanistického svetonázoru, podľa ktorého prírode možno porozumieť pomocou analógie s fungovaním hodinového stroja: „*Celú Zem a celý viditeľný vesmír som opísal na spôsob stroja.*“ (Descartes in Clarke 1993). Neprekvapuje, že v jeho dobe k zábavkám parížskej smotánky patrila aj vivisekcia, rozrezávanie živých zvierat zaživa, pretože ak živočích degradujeme na mechanický stroj, potom sa stráca základ pre ohľaduplnosť a súcit k takýmto tvorom.

Uvoľňovanie obrovských síl technológií: Moderné technológie umožnili vyššiu produkciu potravín, lepšiu zdravotnú starostlivosť aj kvalitu vzdelávania. Rastie aj ich efektívnosť vo vzťahu k spotrebe materiálov a energie na jednotku produkcie (UNEP 2011). Tieto technológie však majú aj odvrátenú tvár, umožňujú intenzívne čerpanie prírodných zdrojov a rozsiahlu a rýchlu premenu krajiny. Ukážkou je masívne odlesňovanie tropických pralesov, ich premena na poľnohospodársku pôdu, plantáže, priehrady a sídla. Varovaním je ekologická katastrofa Aralského jazera, ktoré pred rokom 1960 obsahovalo štvrtý najväčší objem sladkej vody na svete. V dôsledku čerpania obrovských objemov vody z jeho z prítokov Amudarje a Syrdarje na zavlažovanie plantáží bavlny a ryže sa plocha jazera za 40 rokov zmenšila o 74 %, objem o 90 %, hladina klesla o 23 m a slanosť vzrástla na 50-100 g.l⁻¹. Dnes sa na jeho dne šíri soľná púšť (Micklin 2007). Problémom sú aj existenciálne hrozby obrovských síl, ktoré veda uvoľňuje, napr. umelá inteligencia, zbrane hromadného ničenia, GMO.

Nedostatočná reflexia ekologickej zložitosti: K príčinám devastácie ekosystémov patrí aj dominujúca vedecká paradigma, ktorá podceňuje vysokú zložitosť ekologických systémov. Aj keď

ešte presne nevieme ako zložitost' vzniká, realitou sú zložité anorganické, biologické, ekologické, ale aj sociálne a ekonomické štruktúry, v ktorých sa uplatňuje synergia pôsobenia ich rôznorodých prvkov a procesov. Táto zložitost' spôsobuje, že správanie organizmov, populácií, spoločenstiev a ekosystémov je silne nelineárne, čo sťažuje prognózovanie ich vývoja. A zvyšuje riziko náhlych až katastrofických zmien systému. Napr. klimatická zmena neohrozuje život na Zemi, ale môže spôsobiť prechod Zemského systému do takého stavu, ktorý bude pre ľudskú populáciu nepriaznivý (Barnoski et al. 2012). Podceňovanie zložitosti vedie aj k chybným záverom, ako je napr. zamieňanie si udržateľnosti s „udržateľným ekonomickým rastom“ (UN 2019) alebo stanovenie chybných indikátorov rozvoja – napr. hodnoty indexu ľudského rozvoja HDI jednotlivých štátov korelujú s hodnotami ich ekologickej stopy (Sabo 2016; WWF 2018).

1.3 Najvýznamnejšie kultúrno-hodnotové nepriame hybné sily

Kultivácia egoizmu a chamtivosti: Cestu dominujúcej konzumnej rozvojovej paradigmy, bezbrehého individualizmu spochybnili napr. ekonóm Ernst Schumacher (1974) a sociológ a filozof Erich Fromm (1990). Podľa nich spravodlivosť, mier ani ľudské šťastie nemožno dosiahnuť iba orientáciou na materiálny blahobyt a vyvolávaním umelých potrieb reklamou. To totiž vedie ku kultivácii sebecka, chamtivosti, závisť a iných necností, ktoré znižujú kvalitu ľudského života a v konečnom dôsledku rozvracajú spoločnosť: „Človek, ktorého poháňa chamtivosť a závisť, stráca schopnosť vidieť veci, aké v skutočnosti sú... Kultivácia a rozširovanie potrieb je antitezou múdrosti. Je aj antitezou slobody a mieru.“ (Schumacher 1974).

Kríza identity a kríza vnímania: Kríza identity súvisí s vykorenením človeka z prirodzených vzťahov v spoločnosti aj v krajine. Tlak reklamy, kultu plytkej zábavy a ideológie konzumu nás presviedča, že zmyslom života je čo najväčšia spotreba. A záplava negatívnych informácií o stave životného prostredia vedie k ich vytesňovaniu z vedomia, čo človeka ešte viac odcudzuje krajine. Toto odcudzenie nutne vedie aj ku kríze vnímania a rozlišovania, oslabuje našu schopnosť orientovať sa v zložitom svete. Zakladateľ ekopsychológie Theodore Roszak (2005) vníma devastáciu ekosystémov ako prejav krízy nášho vnútra a vnímania: „Keď v nás pustne duch, bude pustiť aj celý svet, ktorý sme si vybudovali. A to doslova. Koniec koncov čím iným je celá ekologická kríza, ktorá dnes oneskorene púta spoločenskú pozornosť, než nevyhnutnou extroverziou spustošenej duše?“

Nízka ekologická etika: Cestu k obnove vzťahu človeka k prírode ukazuje ekologická etika. Problém je, že široké spektrum rôznych etických prúdov – napr. antropocentrizmu, biocentrizmu, ekocentrizmu, holizmu, hodnôt divočiny a pluralizmu, sa pre verejnosť stáva ťažko zrozumiteľným, navyše predstavitelia jednotlivých prúdov medzi sebou ťažko nachádzajú prieniky (Palmer et al. 2014). Niektorých ekofilozofov bezprecedentný rozsah globálnej krízy vedie k pokusu odmietnuť všetko doterajšie kultúrne dedičstvo ľudstva ako inherentne protiprírodné a vybudovať od základu úplne novú kultúru (Šmajš 2006). Ešte radikálnejšie prúdy volajú dokonca po rozbití súčasnej civilizácie, idealizujú dobu lovcov-zbierateľov, v ktorej boli vplyvy človeka na prírodu a krajiny samozrejme o niekoľko rádov nižšie ako sú dnes (Jensen 2006). Nemožno sa potom čudovať, že ak sa bežný človek stretne s takými extrémnymi názormi, tak to jeho vzťah k prírode najskôr nezlepší.

Z uvedených nepriamych hybných síl krízy sa v ďalšom texte zameriame na nedostatočnú reflexiu ekologickej zložitosti, s cieľom prispieť k posunu vedeckej paradigmy smerom k systémovejšiemu a celostnejšiemu vnímaniu života.

2 ekologická zložitost' a entropizácia zemského systému

Porozumieť štruktúre a správaniu zložitého biologického alebo ekologického systému si vyžaduje zmapovať a analyzovať vzťahy medzi jeho prvkami (Capra 1997), pretože až interakcie medzi týmito prvkami a procesy vznikajúce zretážením jednotlivých interakcií vytvárajú zo súboru



rôznych a opakujúcich sa prvkov koherentný a funkčný systém.

2.1 Od teórie systémov k ekologickej zložitosti

Teória systémov sformulovaná v roku 1968 rakúskym biológom Ludwigom von Bertalanffym (1901 – 1972), predpokladá, že správanie všetkých entít v prírodnom systéme je podobné a je riadené rovnakými princípmi a zákonitosťami. Každý systém charakterizujú fyzické prvky, vzťahy medzi nimi, priestorové hranice, interakcie medzi prvkami, procesy a cykly (vrátane spätnoväzobných mechanizmov), ktoré vznikajú zret'azením na seba nadväzujúcich interakcií v čase a ktoré jednotlivé prvky prepájajú do funkčného celku. Systémový prístup preto kladie dôraz na štúdium fyzickej štruktúry, procesov a na každej úrovni hierarchickej organizácie sa vynárajúcich nových, tzv. emergentných vlastností celku systému (tieto vlastnosti sa nazývajú emergentné preto, že ich nie je možné odvodiť z vlastností prvkov systému, Levin 2005).

Systémovým prístupom sa vyznačoval napr. už švédsky lekár Carl Linné (1707 – 1787), ktorý zaviedol prvé taxonomické triedenie rastlín a živočíchov a systém binomickej nomenklatury. Slávny nemecký prírodovedec, botanik, geograf a cestovateľ, Alexander von Humboldt (1769-1859) za zložitou prírodných javov hľadal spoločné jednotiacie princípy. Ako prvý hovoril o koevolúcii živých organizmov, klímy a zemskej kôry, čím predznačil aj vznik nového vedného odboru, biogeografie (Capra 1997). K systémovej ekológii mali blízko napr. americkí botanici Henry Chandler Cowles (1869 – 1939), ktorý prvý študoval sukcesiu vegetácie a Frederic Clements (1874-1945), ktorý rozvinul teóriu sukcesie a pre ktorého biocenóza predstavovala koherentný superorganizmus. K priekopníkom štúdia zložitosti patrí napr. francúzsky prírodovedec Jean Baptiste de Lamarck (1744 – 1829), ktorý tvrdil, že organizmy majú tendenciu v priebehu svojho vývoja zvyšovať svoju zložitosť. V modernom chápaní sa k teórii zložitosti blíži aj Odumova koncepcia materiálových a energetických tokov v ekosystéme (Odum 1977).

Vysoká zložitosť, komplexita prírodného systému vzniká v dôsledku prítomnosti veľkého počtu a rozmanitosti ich prvkov aj rozmanitosti ich interakcií, pričom jednotlivé fyzické štruktúry sa spontánne vnášajú, integrujú do ešte zložitejších celkov, vytvárajúc zložitú hierarchickú organizáciu (Proulx 2007). Tendencia rastu zložitosti vnútornej organizácie v priebehu vývoja aj evolúcie je pre živé systémy typická (Michener et al. 2001; Adami et al. 2001). Zložitosť vzniká interakciami jednotlivých prvkov a ich autoorganizáciou (spontánnym vznikom a vývojom usporiadania) do vyšších funkčných celkov.

Zložitosť sa neprejavuje iba štrukturálne, ale aj behaviorálne, ako zložitosť správania systému (Heylighen 1999). V ekosystéme sa prejavom jeho štrukturálnej zložitosti najmä počty a rozmanitosť druhov v spoločenstve, priestorová distribúcia populácií a ich vzájomné interakcie, ale tiež vertikálna výstavba vegetácie a hĺbka hierarchie ekosystému (Sabo et al. 2017). Základom vysokej zložitosti je tu predovšetkým prirodzená druhová diverzita a s ňou spojená určitá redundancia prvkov (druhových) a ich interakcií. Prejavom funkčnej zložitosti sú v ekosystéme napr. toky hmoty a energie v potravných sieťach, vrátane rozmanitosti a energetickej priepustnosti potravných reťazcov (Ulanowicz 1999).

Súčasná teória zložitosti sa zaoberá štruktúrou a správaním zložitých ekologických systémov a podobne ako za čias Humboldta najmä hľadaním spoločných princípov ich organizácie (Jørgensen 2012), ktoré pôsobia jednotne na rôznych hierarchických úrovniach tejto organizácie. Tento prístup aj v prípade zložitých ekologických systémov umožňuje hodnotiť a do určitej miery prognózovať vplyvy ich prírodných narušení a tým navrhovať aj ich účinnú ochranu a efektívny manažment.

2.2 Ekosystémy ako zložené a súčasne vysoko integrované živé systémy

Ekosystémy sú typické zložené adaptívne systémy (Levin 1998; Anand et al. 2010), preto

z teórie zložitosti vyplývajú aj určité odporúčania pre ich manažment. Každý ekosystém má určitú prirodzenú úroveň zložitosti, pri ktorej je jeho vitalita vysoká. S rastom zložitosti sa totiž zvyšuje obsah vysoko kvalitnej energie v systéme a tým aj jeho reziliencia voči prírodným disturbanciám (Allen & Holling 2010; Oliver et al. 2015). Napr. prírodný rôznoveký a druhovo pestrý lesný porast je nielen zložitejší, ale aj vitálnejší ako smreková monokultúra. Jeho vyššia biodiverzita znamená aj určitú funkčnú redundanciu druhov, ktorá slúži ako poistka pre prípad narušenia, napr. redundancia druhov v potravnjej gilde zabezpečuje energiu v trofickej sieti aj pri narušení niektorých reťazcov. Prirodzená zložitosť reflektuje optimálnu úroveň organizácie ekosystému, preto v chránených územiach aj za ich hranicami pri manažmente využívania prírodných zdrojov je potrebné podporovať aj udržanie resp. tam, kde je to potrebné, aj obnovu prirodzenej zložitosti ekosystémov. To znamená realizovať opatrenia a podporiť prirodzené autoorganizačné procesy, ktoré vedú k vyššej biotopovej a druhovej diverzite a k širšiemu spektru ekosystémových služieb.

Vysokú zložitosť ekologických systémov sa snaží postihnúť ešte mladšia konceptia ekologickej integrity (EI). Už americký lesník a ekológ Aldo Leopold (1887 – 1948) v polovici minulého storočia napísal: *"Správna je taká vec, ktorá pomáha zachovať integritu, stabilitu a krásu biotického spoločenstva. Zlé je všetko, čo vedie k opaku."* (Leopold 1999). Ekologická integrita vyjadruje mieru zložitosti, ale aj autenticity, neporušenosti a funkčnosti ekologického systému, jeho schopnosti udržiavať si pôvodné druhové zloženie a fungovať na báze pôvodných autoorganizačných a autoregulačných mechanizmov. V prípade ekosystému EI vyjadruje inverziu jeho poškodenia z pohľadu fyzickej štruktúry (druhového zloženia, vnútrodruhových a medzidruhových interakcií a dynamiky populácií) a prirodzenej dynamiky jeho správania (vrátane disipácie slnečnej energie). Čím je hodnotený ekosystém z hľadiska jeho fyzickej štruktúry aj z hľadiska jeho správania bližšie k jeho prírodnému vzoru z divočiny, tým má spravidla aj vyššiu integritu. (Podrobnejšie o koncepcii EI a jej hodnotení pojednávajú napr. Kay 2000; Pimentel et al. 2000; Westra & Lemon 2007; Woodley 2010; Plesník 2010, Sabo et al. 2017a mnohí ďalší).

Ekologicky integrovaný systém má tiež vyššiu rezistenciu aj rezilienciu voči prírodným disturbanciám. Podľa kanadského zákona o národných parkoch ekologická integrita znamená udržanie resp. obnovu podmienok charakteristických pre daný prírodný región: ide najmä o charakteristické abiotické podmienky, kompozíciu biologických spoločenstiev a pôvodné prírodné procesy. Udržanie a obnova ekologickej integrity sa stáva novým cieľom manažmentu chránených území, ktorých sieť vedie k EI vtedy, ak *„podporuje kompozíciu prírodných ekosystémov, ich štruktúru a funkcie, aj ich kapacitu pre sebaobnovu“* (BC Parks 2012). Ekosystémy týchto národných parkov sa označujú ako vysoko integrované, ak si udržiavajú pôvodné druhové zloženie, pričom populácie pôvodných druhov prosperujú, pôvodná trofická štruktúra ekosystémov je zachovaná, biologické spoločenstvá sú druhovo pestré a rôznoveké a vyznačujú sa prirodzenou diverzitou a dynamikou (Woodley 2010).

2.3 Zemský systém a jeho antropogénna entropizácia

Potreba zachovať zložitosť a integritu ekosystémov neplatí len pre miestne ekosystémy (lúky, lesy, polia, rieky, sídla a pod.), ale aj pre hierarchicky najvyšší – Zemský ekologický systém (skrátene Zemský systém – *Earth System*, Steffen et al. 2004). Medzi prvými ho opísal James Lovelock (1991) v hypotéze Gaia, podľa ktorej je život na Zemi súčasťou obrovského autoregulujúceho sa kybernetického systému, ktorý sa prostredníctvom spätných väzieb sám aktívne podieľa na optimalizácii podmienok pre život. Hlavný prúd svetovej vedy síce hypotézu Gaia dlhodobo odmietal, ale v súčasnosti sme svedkami rozvoja interdisciplinárnych štúdií o Zemskom systéme ako o najvyššej známej úrovni organizácie živého adaptívneho systému (Steffen et al. 2007, 2015). Autopoietické siete rôznych hierarchických úrovní tohto systému sa vytvárajú a udržiavajú vďaka neustálemu prísunu slnečnej energie, obehu hmoty v biogeochemických cykloch, akumulovaniu, uchovávaniu a spracúvaniu informácie a pôsobeniu ďalších život udržiavajúcich systémov, napríklad udržiavaniu biodiverzity a klimatického systému.

S nástupom priemyselnej revolúcie ľudia získali energetické a technologické kapacity, ktoré im umožnili meniť zemský povrch v miere prevyšujúcej prírodné sily, ako aj pufracnú kapacitu ekosystémov. Človek dnes zásadne mení toky hmoty (napr. biogeochemické cykly), energetickú bilanciu a silne nepriaznivo zasahuje do celého pradiava života, čím narúša aj hierarchicky najvyšší ekologický systém. Vysoká spotreba materiálových a energetických zdrojov v Antropocéne nevyhnutne vedie k neudržateľne vysokej entropizácii rôznych ekosystémov, ekoregiónov, aj Zemského systému ako celku (Muys 2013, Sabo 2016). Prejavuje sa vo vyčerpávaní prírodných zdrojov, v rastúcom znečisťovaní prostredia, v degradácii až dezintegrácii jednotlivých ekosystémov a v narušení život udržujúcich systémov Zeme (Rockström et al. 2009; Steffen et al. 2015). Táto entropizácia je nevyhnutným dôsledkom druhého termodynamického zákona, podľa ktorého pri každej transformácii energie z jednej formy na druhú dochádza k degradácii určitej časti tejto energie na menej kvalitnú, s nižšou schopnosťou konať prácu, ktorá je viac rozptýlená (disipovaná). V uzavretých systémoch preto ich entropia v čase rastie, čo znamená, že ich vnútorná usporiadanosť klesá (entropiu si môžeme predstaviť aj ako mieru vnútornej neusporiadanosti systému).

Z pohľadu teórie systémov rastúca entropizácia Zemského systému nutne vedie k jeho destabilizácii (zvyšovaniu oscilácií a bifurkácií), ktoré predstavujú riziko jeho náhlych zmien a prechodu do pre nás nepriaznivého stavu: „*Antropogénne tlaky na Systém Zeme dosiahli rozmery, kedy už nemožno vylúčiť náhle globálne environmentálne zmeny*“ (Rockström et al. 2009). To znamená, že rastie riziko náhleho ekologického a tým aj civilizačného kolapsu (Diamond 2008). Historici, ktorí opisujú rozpad dávnych civilizácií často poukazujú na zásadný obrat spôsobený devastáciou ich životného prostredia a zmien klímy (Tainter 2009). Známy je rozpad stredovekej ostrovnej civilizácie Veľkonočného ostrova, ktorý nasledoval po rozsiahlej antropogénnej devastácii krehkého ostrovného ekosystému a vyvrcholil dokonca až návratom ku kanibalizmu (Diamond 2008).

Pravdepodobnosť náhlych a nevratných zmien Zemského systému ako celku rastie v dôsledku rastúceho rozsahu a intenzity antropogénnych narušení miestnych ekosystémov (Barnosky et al. 2012; Turner et al. 2020). Tým sa znižuje ich schopnosť podporovať ľudskú civilizáciu v podobe ekosystémových služieb, ktoré nám poskytovali počas celej histórie ľudstva (de Groot et al. 2010). Preto je potrebná nielen úcta a rešpekt pred zložitou a tajomstvom prírody, ale aj našazodpovednosť za pokorné spravovanie prírodných zdrojov a krajiny, ktorú obývame, navštevujeme ako turisti, alebo ju využívame ako podnikatelia. V kontexte vysokej zložitosti živých systémov, ktorá znižuje možnosti predvídateľnosti ich správania, je to mimoriadne náročná úloha.

3 niektoré významné implikácie ekologickej zložitosti

Biologické a ekologické systémy fungujú v zdanlivom rozpore s druhým termodynamickým zákonom, nakoľko v priebehu ich rastu, dospievania, reprodukcie aj evolúcie ich vnútorná entropia klesá a ich usporiadanie, a tým aj zložitosť, rastie. Ide tu o to, že tieto systémy nie sú uzavreté, ale termodynamicky otvorené, charakterizuje ich viac-menej neustály prísun vysoko kvalitnej energie, ktorú živé systémy využívajú na vytváranie svojich zložitých štruktúr a správania. Toto zvyšovanie zložitosti je podmienené nielen takmer neustálym prísunom energie, ale je možné aj vďaka tomu, že organizmy aj ekosystémy entropiu produkovanú pri transformáciách energie exportujú do svojho okolia. Najvýraznejším prejavom tohto exportu entropie je emitovanie dlhodobého, infračerveného žiarenia týmito systémami (v konečnom dôsledku do vesmírneho priestoru).

3.1 Niektoré implikácie koncepcie zložitosti pre manažment ekosystémov

V dôsledku svojej zložitosti ekosystémy majú nelineárne správanie, preto ich manažment môže viesť k neočakávaným výsledkom. Riešením sa stáva otvorený, adaptívny manažment, v rámci ktorého napr. správa chráneného územia monitoruje reálny vývoj ekosystémov a v reakcii na spätné

vážby a nové podmienky im rekurzívne prispôsobuje jej ciele, stratégie a postupy (Sabo 2014). Aj samotné formy a spôsoby manažmentu si vyžadujú diferenciáciu, určenú napr. podľa zonácie národného parku (alebo iného územia) podľa prírodoochranej významnosti jeho segmentov. V tomto ohľade je zákon 543/2002 o ochrane prírody a krajiny pomerne dobre naformulovaný, jednotlivé opatrenia sa v ňom diferencujú až podľa piatich stupňov územnej ochrany. K zložitosti ekosystémov pristupuje aj zložitosť užívateľských vzťahov, čím vznikajú zložité sociálno-ekologické systémy (Ostrom 2009), v rámci ktorých je potrebné zohľadňovať záujmy rôznych zainteresovaných subjektov (napr. štátna správa, samosprávy, mimovládne organizácie, podnikatelia, miestni experti): V rámci participatívneho manažmentu sa niektoré kompetencie správy chráneného územia môžu delegovať na zainteresované subjekty (najmä praktickú starostlivosť o ekosystémy).

Ak zložitosť a integritu ekosystémov a krajín považujeme za dobrú vec, potom by mala byť súčasťou ich manažmentu snaha o zachovanie resp. obnovu ich ekologickej integrity (optimalizáciu programu monitoringu EI sa venujú napr. Théau et al. 2018). EI podporí aj ochrana biodiverzity na všetkých úrovniach, vrátane diverzity biotopov, ekosystémov a ich sukcesných štádií v krajine a zachovanie resp. obnova ich prirodzeného druhového zloženia a pôvodných autoorganizačných a auto-regulačných procesov. Napr. v chránených územiach sme v prípade ekosystémov pod hornou hranicou lesa často pred voľbou či podporiť pôvodné ekologické procesy samovývoja alebo uprednostniť udržanie vyššej biodiverzity (napr. druhovo pestrých lúk), a to aj za cenu aktívnej intervencie do sukcesných procesov. V prípade podpory samovývoja, ktorý v našich podmienkach zväčša vedie k zalesneniu územia, zníženie biodiverzity môže byť síce dlhodobé, ale po dlhom čase sa začne uplatňovať vplyv posúvajúcej sa mozaiky rôznych sukcesných štádií (Primack et al. 2011; Urban et al. 2018), z ktorých každé sa vyznačuje aj iným druhovým zložením a biodiverzita sa môže zvýšiť. Potrebu nasledovania prirodzenosti a spontánnosti plynutia procesov v prírode, napr. nabáza princípov *jin* a *jang* vyjadruje napríklad aj princíp *wu-wei* z duchovného dedičstva starej Číny. Tento princíp znamená „*nekonať proti tao*“ alebo „*plynúť s tokom tao*“, to znamená vylúčiť také aktivity a zasahovanie do ekosystémov, ktoré narúšajú ich prirodzené plynutie a mierku (Sabo et al. 2011). Premietnutie tohto princípu do manažmentu dobre zachovalých prírodných ekosystémov znamená predovšetkým na najvyššiu možnú mieru obmedziť zasahovanie do ich vývoja. V prípade kultúrnej krajiny je zas vhodné usilovať o mozaiku prírodných, poloprírodných a antropogénnych ekosystémov.

Ako silne neprirodzené vystupujú napríklad aplikácie chemických postrekov v chránených územiach, používané v smrekových lesoch napr. proti lykožrútovi smrekovému alebo v dubových lesoch proti mníške veľkohlavej. Otázkou je aj používanie chemikálií na likvidáciu invázných rastlín, ktoré sú rastúcou hrozbou pre ekosystémy. Aplikácia princípu predbežnej opatrnosti by mala zabrániť rizikovým zásahom (aj ak riziká nevieme jednoznačne preukázať). V chránenom území by sa herbicidy a insekticidy mali používať iba výnimočne, nakoľko zasahujú aj početné necieľové organizmy a v dôsledku procesov bioakumulácie a biomagnifikácie postihujú aj živočíchy na vyšších úrovniach trofických reťazcov, najmä vrcholové predátory, narúšajúc ich hormonálny, nervový a reprodukčný systém. Na druhej strane, napr. lúčne ekosystémy pod hornou hranicou lesa udržiava iba pravidlená kosba a / alebo pastva. Z hľadiska travinných porastov možno tieto procesy považujeme za poloprírodné, pretože sú riadené človekom, ale do istej miery nahrádzajú spásanie veľkými bylinožravcami, účinne brzdia sukcesné procesy a pri primeranej záťaži dokonca zvyšujú druhovú pestrosť lúk. Ukážkou pozitívnych intervencií v poľnohospodárskej krajine sú v súčasnosti najmä agroenvironmentálne programy, v ktorých poľnohospodári dostávajú platby za environmentálne šetrné hospodárenie a za aktívnu ochranu prírody.

3.2 Niektoré implikácie pre revíziu koncepcie udržateľnosti

Ľudská civilizácia existenčne závisí od početných a rozmanitých druhov organizmov, biotopov, ekosystémov a v nich prebiehajúcich procesov, ktoré generujú úžitky pre ľudskú spoločnosť v podobe ekosystémových služieb (de Groot et al. 2002, 2010). Súčasťou prírodného kapitálu sú teda



početné a rozmanité biologické a ekologické objekty a ich väzby vytvárajúce základnú fyzickú štruktúru života a na nej prebiehajúce procesy. To znamená, že v konečnom dôsledku existencia ľudskej spoločnosti, ako aj kvalita ľudského života, materiálna, ale aj nemateriálna (napr. kontemplácia v prírode), zásadne závisí od zachovania ekologickej zložitosti a integrity miestnych, regionálnych a kontinentálnych ekosystémov, aj od zachovania integrity hierarchicky najvyššieho Zemského systému. Primárnou podmienkou udržateľného rozvoja teda musí byť znížiť entropizáciu ekosystémov a ďalších život udržujúcich systémov a zamedziť takým aktivitám, ktoré ju zvyšujú.

Keďže udržiavanie a obnova ekologickej zložitosti a integrity chráni a podporuje život, je nevyhnutné na novom základe revidovať aj koncepciu udržateľného rozvoja. „Udržateľný je taký vývoj spoločnosti, ktorý chráni, podporuje a obnovuje život v krajine, v regióne a Zemskom ekosystéme v celej šírke biodiverzity a súčasne zabezpečuje napĺňanie ľudských potrieb potrebných pre dôstojný život, pričom rešpektuje a chráni integritu všetkých ekologických, sociálnych a kultúrnych systémov, ktorých sa tento vývoj dotýka“ (Sabo 2016). Podstatné je, že namiesto koncepcie rozvoja, ktorý podnikateľská sféra zväčša chápe ako možnosť ďalšej expanzie sa tu kladie dôraz na vývoj spoločnosti, t.j. na zvyšovanie kvality života, ktorá nemá iba hmotné atribúty. Nevyhnutné je chrániť a podporovať život v celej šírke biodiverzity, ľudské aktivity nesmú znižovať zložitosť a integritu ekologických, ale ani sociálnych systémov v krajine, ktorú obývame alebo z nej čerpáme zdroje. Vzhľadom k súčasnému prekročeniu planetárnych limitov si obnova vitality Zemského ekosystému vyžiada výrazné zníženie globálnej spotreby a tým aj určitú kontrakciu ekonomických aktivít, „udržateľný ústup“ (Nováček 2011) na úroveň, ktorá zníži entropizáciu Zemského systému do takej miery, že bude schopný spontánnej obnovy, fungovania a tým aj udržateľného využívania človekom.

Prvý termodynamický zákon (zákon zachovania energie) aj druhý termodynamický zákon (zákon rastu entropie) nás učia, že „nič na svete nie je zadarmo“, – za všetko sa platí. Vysoká organizácia života a zložitosť živých systémov, počnúc od najmenších baktérií až po geograficky rozsiahle biómy spôsobuje, že odozva na narušenie môže byť nečakaná. Napr. vyhynutie iba jedného druhu v ekosystéme môže vyvolať nečakané kaskádové efekty (Cain et al. 2014) a početné nepríjemné prekvapenia nám pripravuje aj súčasné rozsiahle narušanie a likvidácia ekosystémov. Ak by sme dokázali lepšie vnímať ich zložitosť ako základ ich fungovania, možno by sme sa dokázali vyvarovať mnohých chýb, ktoré dnes robíme.

Príkladom je dnešná diskusia o energetických zdrojoch, ktorá sa zredukovala na urýchlené nahradenie fosílnych palív obnoviteľnými zdrojmi. Politika podpory biopalív ako alternatívnych zdrojov energie však napr. v Indonézii a Malajzii prispela k likvidácii miliónov hektárov tropického dažďového pralesa za účelom budovania plantáží palmy olejovej (Gao et al. 2011), z ktorej sa okrem prísad do potravín vyrába aj bionafta, a tú vo veľkom importujú najmä Čína, India a Európska únia. Keďže tropické pralesy sú dôležitými absorbérmi významného skleníkového plynu oxidu uhličitého (CO₂) ich ničenie klimatickú zmenu zrýchľuje asúčasne vedie k likvidácii obrovského bohatstva biodiverzity, ktorá je súčasťou život udržujúcich systémov Zeme. Podobne na Slovensku dotácie na produkciu elektriny spaľovaním biomasy prispeli k rozsiahlemu drancovaniu lesov.

Ak by sme plány na ďalšie rozširovanie využitia biomasy ako zdroja na produkciu elektrickej energie alebo biopalív vnímali cez poznanie, že dnešný objem biomasy na Zemi je v porovnaní s úsvitom ľudskej histórie už iba polovičný (Diaz et al. 2019) a že biomasa je aj základom fungovania ekosystémov, pravdepodobne by nás takéto uletené predstavy o udržateľnom rozvoji nikdy nenapadli. Isté je jedno, bez radikálneho zníženia materiálovej a energetickej náročnosti súčasnej civilizácie nemáme šancu výrazne znížiť súčasnú vysokú entropizáciu Zemského systému a tým ani zabrániť jeho ďalšej deteriorizácii resp. ďalšiemu znižovaniu jeho kapacity podporovať existenciu a prosperitu ľudskej civilizácie.



ZÁVER

V príspevku sumarizujeme hlavné nepriame hybné sily krízy (fyzické, paradigmatické a kultúrno-hodnotové) a podrobnejšie sa zameriavame na potrebu systémového prístupu, predovšetkým sa však venujeme zložitosti biologických a ekologických systémov. Tendencia rastu zložitosti je totiž typická pre organizmy aj ekosystémy, a to v priebehu ich vývoja k dospelosti, aj počas ich evolúcie. Táto zložitosť má dve hlavné dimenzie – štruktúrálnu a funkčnú (behaviorálnu), pričom zložitosť vedie k ich nelineárnemu správaniu. Aj každý ekologický systém má určitú prirodzenú úroveň zložitosti, pri ktorej je jeho vitalita vysoká. Odpoveďou na uchopenie ekologickej zložitosti sa stala koncepcia ekologickej integrity, nielen ako miery zložitosti, ale aj autenticity, neporušenosti a funkčnosti ekologického systému. Ekologicky integrovaný systém má súčasne vyššiu rezistenciu aj rezilienciu voči prírodným narušeniam.

Koncepcie ekologickej zložitosti a integrity nás vedú aj k novému pohľadu na hierarchicky najvyšší známy ekologický systém – Zemský systém a na podstatu súčasnej globálnej krízy. Tou je neúmerne vysoká a stále rastúca entropizácia ekosystémov a Zemského systému ako celku. Táto entropizácia je dôsledkom neudržateľne vysokej spotreby energie, ktorá podľa druhého termodynamického zákona nevyhnutne vedie k rastu produkcie entropie, a tým k destabilizácii Zemského systému, ako aj jeho komponentov (napr. klimatického systému). Rast entropie Zemského systému zvyšuje riziko náhleho a nevratného prechodu do nového stavu, ktorý môže byť pre ľudskú civilizáciu nepriaznivý. To otvára otázky týkajúce sa nášho vzťahu k prírode a zodpovednosti za správcovstvo Zeme.

V príspevku stručne načrtávame niektoré významné implikácie koncepcie ekologickej zložitosti. Nelinearita správania zložitých systémov si vyžaduje flexibilný adaptívny manažment ekologických systémov. Potreba zachovať prirodzenú úroveň zložitosti si vyžaduje úsilie o zachovanie a obnovu biodiverzity v plnej šírke, vrátane diverzity biotopov, ekosystémov a ich sukcesných štádií v krajine. Súčasne je nutné chrániť a podporiť ich pôvodné resp. prirodzené druhové zloženia a pôvodné ekologické procesy. Silne neprirodzené sú napr. aplikácie chemických postrekov v chránených územiach, používané na likvidáciu hospodárskych škodcov alebo potlačanie populácií inváznych druhov rastlín. Takýmto rizikovým zásahom by mala zabrániť aplikácia princípu predbežnej opatrnosti. V chránenom území by sa pesticídy mali používať iba výnimočne, keďže zasahujú aj necieľové organizmy.

Cieľ rešpektovania prirodzenej ekologickej zložitosti a integrity v rámci celej hierarchie ekologických systémov nás tiež vedie k revízii koncepcie udržateľného rozvoja. V prvom rade je nutné pojem „rozvoj“, ktorý je najmä v podnikateľskej sfére často chápaný ako expanzia, nahradiť slovom „vývoj“. Súčasne sa osou udržateľného vývoja musí stať ochrana, podpora a obnova života v krajine, regióny aj Zemskom systéme v celej šírke biodiverzity, pretože iba integrované a fungujúce ekosystémy môžu poskytovať podmienky a služby pre existenciu a prosperitu ľudskej spoločnosti. Z tohto dôvodu je potrebné chrániť integritu všetkých ekologických, sociálnych aj kultúrnych systémov. Je tiež zjavné, že uplatnenie tejto koncepcie povedie k určitej kontrakcii ekonomických aktivít, k „udržateľnému ústupu“ na úroveň, ktorá zníži súčasnú vysokú entropizáciu Zemského systému a obnoví jeho funkčnosť.

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- Adami, Ch., Ofria, Ch. & Collier, T.C., 2000. Evolution of biological complexity. *PNAS*, vol. 97, No. 9, pp. 4463 – 4468.
- Allen, C. R. & Holling, C. S. 2010. Novelty, adaptive capacity, and resilience. *Ecology and Society* 15/3: 24.
- Anand, M., Gonzales, A., Guichard, F., Kolasa, J., Parrot, L., 2010. Ecological systems as complex systems: challenges for an emerging science. *Diversity*, 2: 395–410.
- Barnosky, A.D., Hadly, E.A., Bascompte, J., Berlow, E.L., Brown, J.H., Fortelius, M., Getz, W.M., Harte, J., Hastings, A., Marquet, P.A., Martinez, N.D., Mooers, A., Roopnarine, P., Vermeij,



- G., Williams, J.W., Gillespie, R., Kitze, J., Marshall, Ch., Matzke, N., Mindell, D.P., Revilla, E. & Smith, A.B., 2012. Approaching a state shift in Earth's biosphere. *Nature*, 486: 52 - 58.
- BC Parks, 2012. Ecological Integrity in British Columbia's Parks and Protected Areas. British Columbia's Parks, [online]. cit. 2019-09-15, <http://www.env.gov.bc.ca/bcparks/conservation/ecological-integrity-def-and-perf-indicators.pdf>
- von Bertalanffy, L., 1968. General System Theory, Foundations, Development and Applications, George Braziller, New York, 365 pp.
- Cain, M.L., Bowman, W.D. & Hacker, S.D., 2014. Ecology. Third Edition. Sinauer Associates, ISBN-13: 978-0878939084, 596 pp.
- Capra, F., 1984. The Turning Point: Science and the Rising Culture, William Collins Sons & Co., Glasgow, 516 pp.
- Capra, F., 1997. The Web of Life: A new synthesis of Mind and Matter, Hammersmith, London, ISBN 0-00-654751-6, 320 pp.
- Carson, R., 1962. Silent spring, Penguin books, Middlesex, England, pp. 317.
- Clarke, J. J., 1993. Nature in Question: An anthology of ideas and arguments, Earthscan Publications, Ltd. London, ISBN 1-85383-182-4, pp. 198.
- Davies, R. D., 2013. Appraising Weak and Strong Sustainability: Searching for a Middle Ground. *Consilience: The Journal of Sustainable Development*. Vol. 10, No. 1, s. 111 – 124.
- Diaz S., Settele J., Brondizio E.S., Ngo H.T., Agard J., Arneth A., Balvanera P., Brauman K.A., Butchart S.H.M., Chan K.M.A., Garibaldi L.A., Ichii K., Liu J., Subramanian S.M., Midgley G.F., Miloslavich P., Molnár Z., Obura D., Pfaff A., Polasky S., Purvis A., Razzaque J., Reyers B., Chowdhury R.R., Shin Y.-j., Visseren-Hamakers I, Willis K.J. & Zayas C.N., 2019. Pervasive human-driven decline of life on Earth points to the need for transformative change. *Science* 366, 1327, 10 pp.
- GAO, Y., SKUTSCH, M., MASERA, O. & PACHECO, P. A global analysis of deforestation due to biofuel development. Working Paper 68. Bogor, Indonesia. CIFOR, 2011. – 100 pp.
- de GROOT, R.S., WILSON, M.A. & BOUMANS, R.M.J., 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* 41 (2002) 393–408
- de GROOT, R.S., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L. & Willemen, L., 2010. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological Complexity* 7 (2010): 260-272.
- Diamond, J., 2008. Kolaps. Proč společnosti přecházejí či zanikají. Academia, Praha, ISBN 978-80-200-1589-1, 752 pp.
- EEA, 2019. The European environment – state and outlook 2020. European Environment Agency, Copenhagen, ISBN 978-92-9480-090-9, 496 pp., [online], cit. 2020-02-02, <https://www.eea.europa.eu/publications/soer-2020>
- Fromm, E., 1990. To have or to be. Cox & Wyman Ltd. Reading, London, ISBN 0-349-11343-2, 224 pp.
- GFN, 2020. Ecological Footprint Explorer. Global Footprint Network. [online], cit. 2020-01-30, <https://data.footprintnetwork.org/#/>
- Goodland, R., 2008. The Institutionalized Use of Force in Economic Development: With special Reference to the World Bank. In: Soskolne, C.L., Westra, L., Kotzé, L.J., Mackey, B., Rees, W.E. & Westra, R. (eds), Sustaining Life on Earth. Lexington Books, Lanham, ISBN 978-0-7391-1730-9, s. 339-353.
- Heylighen, F., 1999. The growth of structural and functional complexity during evolution. In Heylighen, F., Bollen, J., Riegler, A. (eds). The evolution of complexity. Dordrecht: Kluwer Academic, p. 17–44.
- JENSEN, D., 2006. Endgame, volume I, The end of civilization, volume II, Resistance, ISBN 978-1-58322-730-5, ISBN 978-1-58322-724-4, pp. 931.
- Jørgensen, S.E., 2012. Introduction to Systems Ecology. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, USA, 320 s.



- Kay, J. J., 2000. Ecosystems As Self-Organizing Holarchic Open Systems: Narratives and the Second Law of Thermodynamics. In: Jørgensen, S.E., Müller, F. (eds): Handbook of Ecosystem Theories and Management. CRC Press –Lewis Publishers, s. 135 – 160.
- Kroll E., 2012. The Forbes 400. The richest people in America. Forbes 2012. [online]. cit. 2012-11-30, <http://www.forbes.com/forbes-400/>
- Leopold, A., 1999. Obrázky z chatrče a rozmanité poznámky, Abies, Vydavateľstvo Lesoochranárskeho zoskupenia Vlk, Tulčík, ISBN 80-88699-13-4, pp. 269.
- Levin, S.A., 1998. Ecosystems and the Biosphere as Complex Adaptive Systems. *Ecosystems*, 1: 431-436.
- Levin, S.A., 2005. Self-organization and the Emergence of Complexity in Ecological Systems. *BioScience* vol. 55, No. 12, pp. 1075 – 1079.
- MEA, 2005. Ekosystémy a ľudský blahobyť: Syntéza. Millennium Ecosystem Assessment, World Res. Institute - Centrum pro otázky životního prostředí. Univ. Karlova v Praze, Praha, ISBN 80-239-6300-7, 138 pp.
- Micklin, P., 2007. The Aral Sea disaster. *Earth and Planetary Sciences* 35: 47–72.
- Michener, W.K., Baerwald, T.J., Firth, P., Palmer, M.A., Rosenberger, J.L., Sandlin, E.A. & Zimmerman H., 2001. Defining and Unraveling Biocomplexity. *BioScience*: 51 (12): 1018-1023.
- Muys, B., 2013. Sustainable development within Planetary Boundaries: A Functional Revision of the Definition Based on the Thermodynamics of Complex Social-Ecological Systems. *Challenges in Sustainability*, vol. 1, No.1, pp. 41-52.
- Nováček, P. & Huba, M., 1994. Ohrozená planeta, Univerzita Palackého Olomouc, pp. 203.
- Nováček, P., 2011. Dlhodobě udržitelný rozvoj, udržitelný ústup, nebo rozvrat? In: Huba M., Ira V., Šuška P., 2011. Cesty k udržitelné budoucnosti, Geografický ústav SAV, Bratislava, s. 35-43.
- ODUM, E. P., 1977. Základy ekologie. Academia Praha, 733 pp.
- Oliver, T.H., Heard, M.S., Isaac, N.J.B., Roy, D.B., Procter, D., Eigenbrod, F., Freckleton, R., Hector, A., Orme, C.D.L., Petchey, O.L., Proença, V., Raffaelli, D., Suttle, K.B., Mace, G.M., Martín-López, B., Woodcock, B.A., Bullock, J.M., 2015. Biodiversity and resilience of ecosystem functions. *Trends in Ecology & Evolution*, 30 (11): 673–684.
- Ostrom, E., 2009. A General Framework for Analyzing Sustainability of Social-Ecological Systems. *Science* 325, No. 419, s. 419-422.
- Oxfam International, 2018. Reward Work, not Wealth. Oxfam GB for Oxfam International, January 2018. ISBN 978-1-78748-135-0, 76 pp.
- Palmer, C., McShane, K. & Sandler, R., 2014. Environmental Ethics. *Annual Review of Environment and Resources* 39: 419-442. [online], cit. 2019-10-10, https://www.researchgate.net/publication/270691987_Environmental_Ethics
- PIMENTEL, D., WESTRA, L. & NOSS, R.F. (eds.), 2000. Ecological Integrity: Integrating Environment, Conservation, and Health, Island Press, 448 pp.
- PLESNÍK, J., 2010. Příroda jako proudící mozaika. Co přinesly novější poznatky ekosystémové ekologie. *Ochrana přírody* 65/3: 27–30.
- PRB, 2018. 2018 World Population Data Sheet. Population Reference Bureau [online]. cit. 2018-09-20, https://www.prb.org/wp-content/uploads/2018/08/2018_WPDS.pdf
- Primack, R. B., Kindlmann, P. & Jersáková J., 2011. Úvod do biologie ochrany přírody. Portál, Praha, ISBN 978-80-7367-595-0, 466 pp.
- Proulx, R., 2007. Ecological complexity for unifying ecological theory across scales: A field ecologist's Perspective. *Ecological Complexity* 4/3: 85–92.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S., Lambin, E., Lenton, T.M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H.C.J., Nykvist, B., de Wit, C.A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P. K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R.W., Fabry, V.J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P. & Foley, J., 2009: Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity. *Ecology and Society* 14 (2). 32 s.



- Roszak, T., 2005. Kde končí pustina, politika a transcedence v postindustriálnej spoločnosti. Prostor, Praha, ISBN 80-7260-146-6, 441 pp.
- SABO, P., 2014. Koncepcia sociálno-ekologického systému a jej implikácie pre manažment chránených území a biosférických rezervácií. In: Midriak R. & Zaušková, L.: Biosférické rezervácie na Slovensku X. Zborník referátov z 10. národnej konferencie o biosférických rezerváciách Slovenska „Biodiverzita a využívanie krajinných ekosystémov v biosférických rezerváciách UNESCO“, konanej v Starej Lesnej 21.-22. októbra 2014, pp. 45.-54
- Sabo 2016. Rozvoj trvalo neudržateľný roztáča špirálu rizík globálneho kolapsu, nevyhnutná je revízia pôvodnej koncepcie udržateľnosti. In Globálne existenciálne riziká 2016, Zborník zo 6. medzinárodnej vedeckej konferencie, 15. november 2016, Bratislava. - 1. vyd. - Žilina : Strix, 2016. - ISBN 978-80-89753-10-9. - pp. 92-98.
- Sabo, P., Urban, P., Turisová, I., Považan, R. & Herian, K., 2011. Ohrozenie a ochrana biodiverzity. Vybrané kapitoly z globálnych environmentálnych problémov. Inštitút výskumu krajiny a regiónov, Centrum vedy a výskumu, Univerzita Mateja Bela, ISBN 978-80-557-0077-9 (elektron. verzia), ISBN 978-80-968989-6-5 (knižná verzia), 320 pp.
- Sabo, P. & Cochová, S., 2012. Risk of global collapse and new approach to sustainability concepts. *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyy National University*: 5 (2012): 135 – 142.
- Sabo, P., Turisová, I., Škodová, M., Striežovská, L. & Snopková, Z., 2017. Príspevok k hodnoteniu ekologickej komplexity a integrity ekosystémov. In Quaestiones rerum naturalium, Katedra biológie a ekológie, Fakulta prírodných vied UMB, Banská Bystrica, ISSN 1339-7907. vol. 4, no. 2 (2017), pp. 30-105, [online]. cit. 2019-10-10, <http://www.fpv.umb.sk/katedry/katedra-biologie-a-ekologie/veda-a-vyskum/casopis-quaestiones-rerum-naturalium/archiv/2017-no-2/prispevok-k-hodnoteniu-ekologickej-komplexity-a-integrity-ekosystemov.html>
- Schumacher, E.F., 1974. Small is Beautiful. Abacus Press, London, 299 s.
- Sokolíčková, Z., 2012. Človek v pokornom záväzku vŕči svetu. Studie z ekologickej etiky. Pavel Mervart, ISBN 978-80-7465-042-0, 246 pp.
- Steffen, W., Sanderson, A., Tyson, P.D., Jäger, J., Matson, P.A., Moore, B., Oldfield, F., Richardson, K., Schellnhuber, H.J., Turner, B.L. & Wasson, R.J., 2004. Global Change and the Earth System. Executive summary. IGBP synthesis. International Geosphere-Biosphere Programme, ISBN 91-631-5380-7, 42 pp., online, cit. 10-12-2015, <http://www.igbp.net/publications/igbpbookseries/igbpbookseries/globalchangeandtheearthsystem2004.5.1b8ae20512db692f2a680007462.html>
- Steffen, W., Crutzen, P.J., McNeill, J.R., 2007. The Anthropocene: Are Humans Now Overwhelming the Great Forces of Nature? *Ambio*, 36 (8): 614-621.
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S.E., Fetzer, I., Bennett, E.M., Biggs, R., Carpenter, S.R., de Vries, W., de Wit, C.A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G.M., Persson, L.M., Ramanathan, V., Rayers, B. & Sörlin, S., 2015a. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* 347 : 1259855-1 – 1259855-10.
- Šmajš, J., 2006. Ohrozená kultúra. Od evolučnej ontológie k ekologickej politike. PRO, Banská Bystrica, ISBN 80-89057-12-8, 221 s.
- Tainter, J. A., 2009. Kolapsy složitých společností. Nakladatelství Dokorán. Praha, ISBN 978-80-7363-248-9, 319 s.
- Théau, J, Trottier, S & Graillon, P (2018) Optimization of an ecological integrity monitoring program for protected areas: Case study for a network of national parks. PLOS ONE 13(9): e0202902. [online], cit. 15-12-2019, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202902>
- Tierney, G.L.O, Faber-Langendoen, D., Mitchell, B.R., Shriver, W.G. & Gibbs, J.P., 2009. Monitoring and evaluating the ecological integrity of forest ecosystems. *Frontiers in Ecology & the Environment* 7:308–316.
- Turner, M.G., Calder, W.J., Cumming, G.S., Hughes, T.P., Jentsch, A., Ladeau, S.L., Lenton, T.M., Shuman, B.N., Turetsky, M.R., Ratajczak, Z., Williams, J.W. & Carpenter, S.R., 2020. Climate change, ecosystems and abrupt change: science priorities. *Philosophical Transactions B* 375:



- 20190105, [online], cit. 2020-02-02,
https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rstb.2019.0105?fbclid=IwAR3lkij8j0U1AaG0xg_QjoM9oJV4TVVOp6BHN-YBrmw_NmHD-Hfn_Rk0Scw#.Xi61p0vDEwN.twitter
- ULANOWICZ, R.E., 1999. Life after Newton: an ecological metaphysic. *BioSystems* 50: 127–142.
- UN, 2015. Sustainable Development Goals. [online]. cit. 15-09-2019,
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>
- UNEP, 2011. Keeping track of our changing world. UNEP, 2019: GEO-6, Global Environment Outlook GEO-6. Healthy planet, healthy people, United Nations Environment Programme, Cambridge University Press, ISBN 978-1-108-70766-4, 708 s.
- Urban, P., Sabo, P. & Plesník, J., 2018. Non-equilibrium thermodynamics and development cycles of temperate natural forest ecosystems. *Folia Oecologica* 45 (2) : 61-71.
- WCED, 1991. Naše spoločná budúcnosť. Světová komise pro životní prostředí a rozvoj (World Commission on Environment and Development). Akademie, Praha, ISBN 80-85368-07-2, 297 pp.
- Westra, L. & Lemons, J., 2007. Perspectives on Ecological Integrity. Environmental Science and Technology Library, Springer, ISBN-13: 978-0792337348, 296 pp.
- Wirtschaftsuniversität Wien, 2018. Material flows by material group, 1970 - 2017. Visualisation based upon the UN IRP Global Material Flows Database. Vienna University of Economics and Business. [online], cit. 2019_09_09, <http://www.materialflows.net/visualisation-centre/>.
- Woodley, S., 2010. Ecological Integrity and Canada's National Parks. *George Wright Forum* 27: 151 – 160.
- WWF, 2016. The Living Planet Report 2016. WWF International, Gland, 164 s. (online). cit. 2017-05-10,
http://wwf.panda.org/about_our_earth/all_publications/living_planet_report/2012_lpr/
- WWF, 2018. The Living Planet Report 2018: Aiming higher. WWF International, Gland, ISBN 978-2-940529-90-2, 144 s. [online].
https://wwf.panda.org/knowledge_hub/all_publications/living_planet_report_2018/
- Zalasiewicz, J., Williams, M., Steffen, W. & Crutzen, P., 2010. The new world of Anthropocene. *Environmental Science and Technology*, 44/7: 2 228–2 231.

ADRESY AUTOROV

Peter SABO

Peter Sabo, Povstalecká 14, 974 09 Banská Bystrica, Slovenská republika

Peter URBAN

Katedra biológie a ekológie, Fakulta prírodných vied, UMB Banská Bystrica, Tajovského 40, Banská Bystrica, Slovenská republika

Ingrid TURISOVÁ

Katedra biológie a ekológie, Fakulta prírodných vied, UMB Banská Bystrica, Tajovského 40, Banská Bystrica, Slovenská republika

RECENZIA TEXTOV V ZBORNÍKU

Recenzované dvomi recenzentmi, členmi vedeckej rady konferencie. Za textovú a jazykovú úpravu príspevku zodpovedajú autori.

REVIEW TEXT IN THE CONFERENCE PROCEEDINGS

Contributions published in proceedings were reviewed by two members of scientific committee of the conference. For text editing and linguistic contribution corresponding authors.