

Vzájemné vztahy mezi funkcemi a službami ekosystémů

extenzivně obhospodařovaných travních porostů
v horských a podhorských oblastech

Doc. Ing. Josef Seják, CSc.

Univerzita J.E. Purkyně, Fakulta životního prostředí,
Králova výšina 7, 400 96 Ústí nad Labem, josef.sejak@ujep.cz

“Ekonomická hodnota je často definována...jako součet ochot jednotlivců platit za tok ekosystémových služeb. Taková definice je příliš úzká...neboť udržitelné lidské žití závisí také na udržitelnosti obce a společnosti a na udržitelnosti život podporujících ekosystémů”

Costanza R. et al. Twenty years of ecosystem services...., *Ecosystem services* 28, 2017, 1-16

Stručně k definicím pojmů

- **Ekosystém:** funkční soustava živých a neživých složek životního prostředí, jež jsou navzájem spojeny tokem energie, výměnou látek a předáváním informací a které se vzájemně ovlivňují a vyvíjejí v určitém prostoru a čase.
- **Ekosystémové funkce:** jsou vnitřní procesy v ekosystémech (primární produkce biomasy, dekompozice mrtvé biomasy a recyklace živin, regulace mikroklimatu, udržování vody)
- **Ekosystémové služby** jsou přínosy, které lidé získávají z ekosystémů.
- Zaměření výzkumu na ekosystémové služby, tj. na to, co lze z přírody získávat a vytěžit, je z principu špatně, protože mnoho přínosů je získáváno za cenu likvidace či významné redukce ekosystémových funkcí.

Jak lze služby ekosystémů ekonomicky hodnotit

- V zemích s dominující neoklasickou ekonomikou se tyto nepřímé a dosud převážně bezplatně poskytované služby hodnotí dotazováním jednotlivců na jejich ochotu za jednotlivé služby platit. Tento přístup výrazně podceňuje jejich skutečný význam (protože lidé dosud považují tyto služby za bezplatný dar). Nevyjadřuje ani jejich ekonomickou hodnotu, protože ta vždy porovnává užitky s náklady.
- Mnohem realističtější a jejich skutečnému významu bližší je hodnotit je tím, co stojí je nahradit technologickým řešením. Tím můžeme ocenit to, co je všem ekosystémům společné a to je, že jsou termodynamickými systémy symbiózy sluneční energie, vegetace a vody.

Výzvy k 20. výročí hodnocení ekosyst. služeb

1. Nedávno ve svém shrnujícím článku R. Costanza důrazně požádal začít uplatňovat širší pojetí hodnoty při měření ekosystém. služeb (ES) (Costanza 2017).
2. Začneme-li jeho legendárním článkem z r. 1997, od tohoto počátku většina dosavadních studií hodnotících ES, je založena na jednostranném pojetí ekonomické hodnoty vycházejícím z ochoty jednotlivce platit či ochoty přijímat (WTP, WTA) za určité ES (Groot et al. 2014; Costanza et al. 2014).
3. Taková jednostranná pojetí zcela opomíjí sociální a ekologické náklady spotřeby přírody, tzn., že takové výsledky produkují nesprávné cenové relace, které znemožňují dělat správná rozhodnutí o obnově přírody.
4. Jsou-li vzaty v úvahu jak negativní vlivy ekonomických činností na přírodu, tak pozitivní přínosy ekosyst. funkcí a ES (Costanza 2017) pro lidstvo, pak to zásadně mění relace jejich hodnot a výrazně zvyšuje hodnoty přirozené vegetace.

Přirozené lesy jako nejlepší reducenti teplotních gradientů

- Vše v biosféře i vesmíru je z hl. poznatků kvantové teorie pouze o přeměnách energie. Živé organismy se od neživé hmoty liší vyšší schopností redukovat teplotní gradienty na úkor růstu entropie prostředí. Stromy, lesy a další cévnaté rostliny vystoupily na souši před asi 400 miliony let a celou tu dobu se učí přizpůsobovat své okolí do škály podmínek svého přežití. Živá vegetace ve svém sukcesním vývoji postupně maximalizuje efektivnost využití sluneční energie k regulaci prostředí do mezí podmínek přežití. Nejúčinnějším kontrolorem prostředí jsou klimaxové bučiny a doubravy, které jediné udržují živiny a vodu ve svém ekosystému a ideálně tvoří půdu.
- *Homo sapiens* se objevil před 400 000 až 250 000 lety. Vzniknout mohl jen díky přirozené vegetaci a specifickým podmínkám její život podporujícího prostředí s vysokým obsahem kyslíku, ozónovou vrstvou a úrodnou půdou.

Nenahraditelný význam přírozené vegetace pro lidstvo

- Jak James Lovelock píše: *“Zemské přírozené ekosystémy regulují klima a chemismus Země a nejsou zde jen proto, aby nás zásobovaly potravou a surovinami”* (The Revenge of Gaia, p. 168).
- Teprve nedávno vědci začali varovat, že nahrazování přírodních lesů a mokřadů zemědělskou půdou, lesními plantážemi či zpevněnými povrchy dálnic, zastavěných území atd. vyvolává nevratné změny v biosféře a v citlivé rovnováze mezi autotrofními a heterotrofními ekosystémy.

Ztráty přirozené vegetace byly zrychleny neoklasickým pojetím ekonomické hodnoty

- Od konce 19. století byla likvidace přirozených lesů zrychlena přijetím neoklasické subjektivní koncepce hodnoty, která hodnotu určuje jako sumu subjektivních ochot platit jednotlivými lidmi za přínosy přírody či sumu ochot přijímat za ztráty těchto přírodních statků.**

Toto jednostranné pojetí hodnoty se rozšířilo přestože největší z neoklasiků ironicky napsal:

“Meditovat o tom, zda ekonomickou hodnotu určuje užitek či náklady, je asi stejně hloupé jako meditovat o tom, které z obou ostří nůžek stříhá papír” (Marshall, 1920, p. 203)

Marshall věřil, že usmířil klasickou a neoklasickou hodnotu, dodnes se tak nestalo.

ES 20 let hodnocené jednostranně

Utilitární hodnocení zahájil sám Costanza et al. (1997):

Spočetli , že 17 služeb 16 světových biotů tvoří ročně 16-54 tis. mld, průměrně USD 33 tis. mld. čili (1.8-násobek) ročního HDP světa (USD 18 tis. mld.).

V r. 2014 Costanza et al. publikovali aktualizaci podle níž jsou nivy 8x (65x v r. 1997) hodnotnější než temperátní lesy, vodní plochy a toky 4x hodnotnější než lesy (28x v r. 1997). Dokonce TTP jsou 1,3x hodnotnější, zem. půdy 1.7x a městské půdy 2.1x hodnotnější než lesy. Dokonce tropické lesy jsou méně hodnotné než městská půda (p. 156).

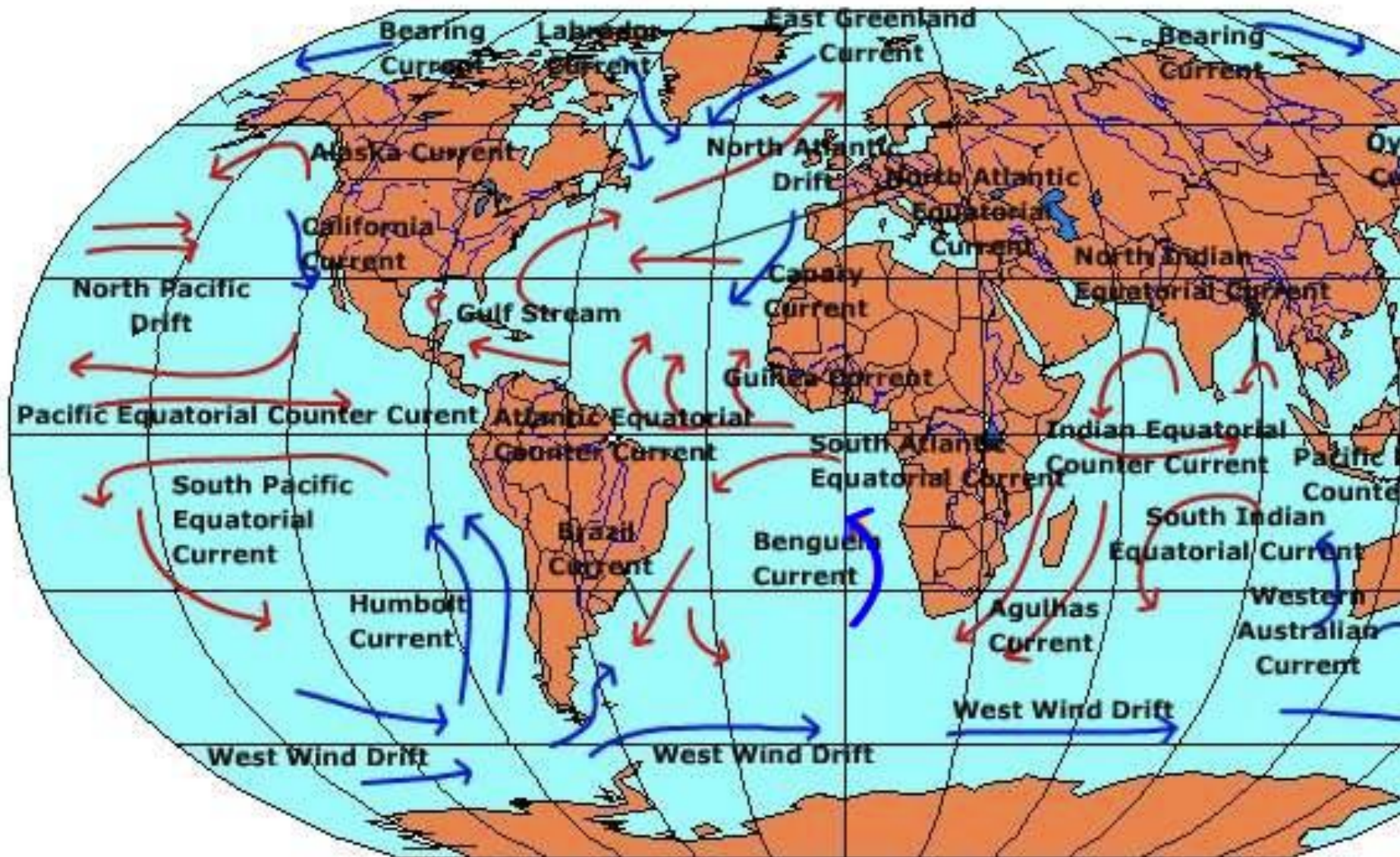
Velké rozdíly a velké změny v čase ukazují jak subjektivní a nestabilní taková hodnocení jsou a jak jsou vzdálená od reálné termodynamické efektivnosti ekosystémů.

Metoda energie-voda-vegetace

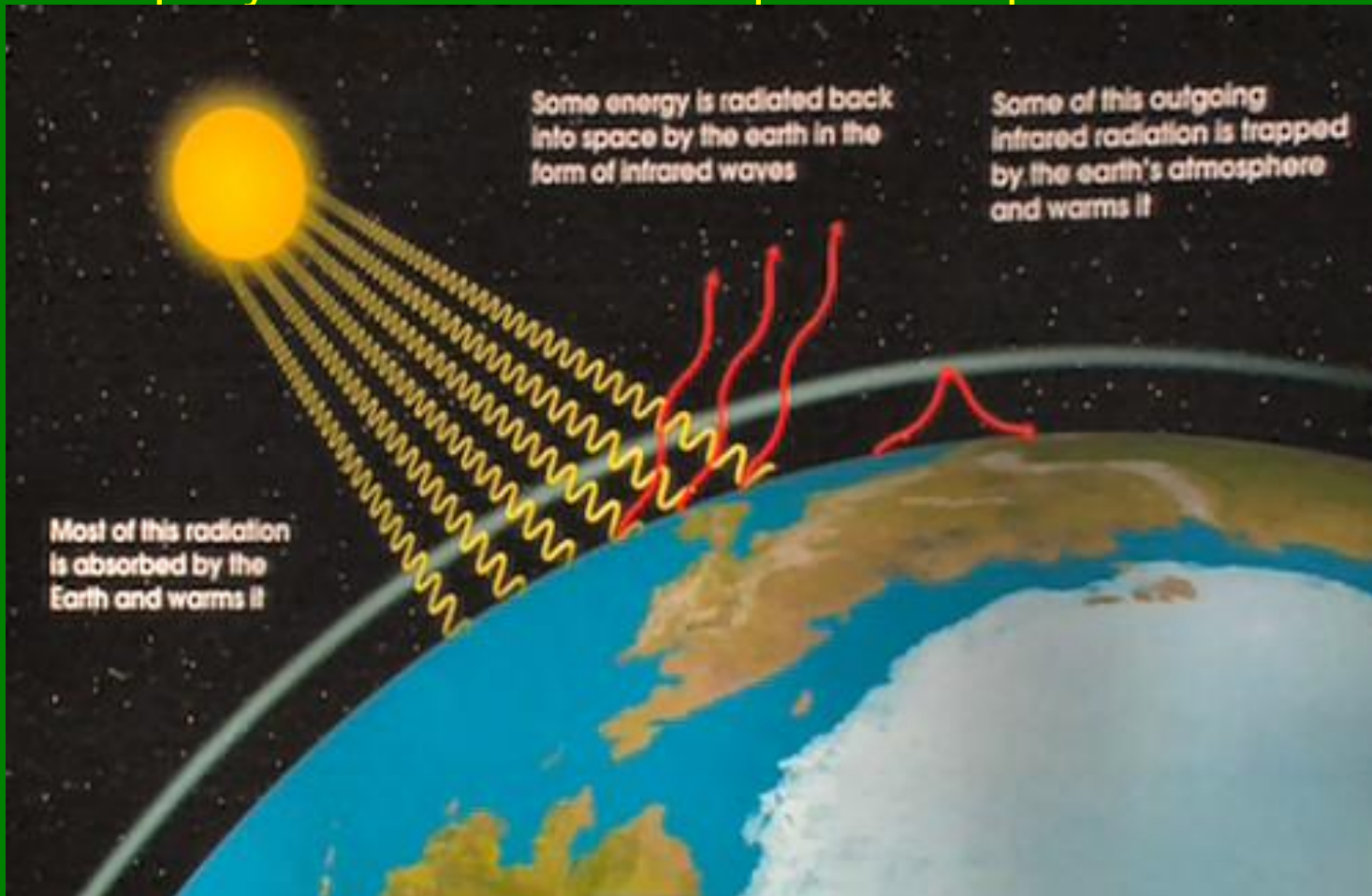
Metoda hodnotí skupiny biotopů podle míry jejich efektivnosti při využívání sluneční energie.

Vegetace žije, průběžně přeměňuje sluneční energii a v ideální situaci dokáže využít až 70 % tohoto energetického toku, rozhodující podíl pak na chlazení pod přímým slunečním svitem. Na 1m² dopadne za rok asi 1000-1200 kWh, tj. 4-5 tis. Kč. Lesy dokážou efektivně využít až 70%. Pokud jsou zničeny, ztrácí se každý rok z metru 4-5 tis. Kč. To musí začít brát v úvahu hlavně byznis.

Je to energie slunce a voda v kapalné formě v podobě oceánských proudů, směřujících od rovníku k pólům, která zajišťuje základní ohřívání kontinentů.



Jsou to energie slunce a voda v plynné podobě skleníkového atmosférického obalu a skupenské přeměny vody, které umožňují udržovat teploty na Zemi v rozsahu příznivém pro existenci života.



A je to symbióza energie slunce-voda-vegetace, které umožňují na pevninách udržovat teploty v rozsahu příznivém pro existenci života.

Odhad hodnoty ročních ekosystémových funkcí-služeb

1 ha lesa (zdravý smíšený les s dostatkem vody):

- **1. Biodiverzita: L2.3 Tvrdé luhy nížinných řek** jsou hodnoceny metodou BVM (http://fzp.ujep.cz/projekty/bvm/bvm_CZ.pdf) 66 bodů na 1 m², což na 1 ha představuje 660 000 bodů x 29,26 Kč/bod = 8,158 mil. Kč, při 5% diskontu představuje roční službu v biodiverzitě ve výši **1 mil. Kč ročně**
- **2. Odhad kyslíkové služby lesního porostu:** Jeden hektar listnatého opadavého lesa v podmínkách mírného pásma vyprodukuje za rok průměrně 10 tun čisté produkce kyslíku. Pro přepočítání mezi kilogramy a litry O₂ platí vztah 1,429 kg/m³ neboli 1 kg O₂ představuje 700 litrů O₂.
20 000 kg/ha x 700 litrů x 0,50 Kč/litr = 7 mil. Kč ročně
- **3. Odhad klimatizační služby lesního porostu:** Vycházíme z úvahy, že strom s průměrem koruny cca 5 m (tj. plochou cca 20 m²), který je dostatečně zásoben vodou, odpaří za slunných dnů více než 100 litrů vody denně (cca 70 kWh) a zužitkuje tak podstatnou část slunečního záření (cca 80 %) na ochlazení prostřednictvím výparu. Naopak v noci vodní pára kondenzuje na chladnějších místech, čímž dochází k jejich oteplení a návratu vody do krajiny. Strom tedy působí jako přirozené klimatizační zařízení s dvojitou funkcí ochlazování za slunečního svitu a oteplování při poklesu teplot. S ohledem na počet slunných dnů v roce a střídavou dostupnost vody můžeme předpokládat, že v průměru z 1 m² zapojeného lesa za rok evapotranspiruje 650 l vody
300 stromů/ha x 140 kWh/den a strom x 150 dnů x 2 Kč/kWh = 18,2 mil. Kč ročně
(650 l/m² a rok x 1,4 kWh x 10 000 x 2 Kč/kWh = 18,2 mil. Kč ročně)
- **4. podpora krátkého vodního cyklu,** a tvorba místních srážek ve výši odpařených 50 m³ na 1 ha a slunný den znamená roční službu z 1 ha lesa: (300 litrů/m²) x cca 2,85 Kč (cena litru destil. vody) x 10000 = **8,5 mil. Kč ročně**
- **Celkem služeb z 1 ha lesa** **34,7 mil. Kč ročně**

Odhad hodnoty ročních ekosystémových služeb 1 ha odvodněné podhorské pastviny:

1. **biodiverzita: Intenzivní nebo degradované mezofilní louky X T.3** jsou hodnoceny 13 bodů/m² (Seják, Dejmal a kol. 2003), což na 1 ha představuje 130 000 bodů x 29,26 Kč/bod = 1,6 mil. Kč, při 5% diskontu představuje roční službu v biodiverzitě ve výši celkem **190 000 Kč ročně**
 2. **produkce kyslíku:** 5,9 mil. litrů O₂ x min. 0,25-0,73 Kč/litr (0,50) **2 955 000 Kč ročně**
 3. **klimatizační služba:** 300 litrů odpařené vody ročně z 1 m² v přepočtu na 1 ha znamená 300 x 1,4 kWh (0,7 kWh chlazení, 0,7 kWh oteplování) x 10000 x 2 Kč/kWh **8 400 000 Kč ročně**
 4. **podpora krátkého vodního cyklu,** a tvorba místních srážek ve výši odpařených 50 m³ na 1 ha a slunný den znamená roční službu z 1 ha nivy: (150 litrů/m²) x cca 2,85 Kč (cena destil. vody) x 10000 = **3 560 000 Kč ročně**
- Celkem služeb z 1 ha odvodněné pastviny** **15 100 000 Kč ročně**

Podpůrné a regul. služby českých ekosystémů

No.	Biotope groups	Rozloha	ET		MVC		Biomasa	O ₂	BD	Klim.s.	MVC	O ₂	BD	4ES	Σ4ES
		km ²	min	max	min	max	kg/m2/rok	kg/m2/rok	body/m ²	Kč/m2/rok	Kč/m2/rok	Kč/m2/rok	Kč/m2/rok	Kč/m2/rok	mld Kč/rok
1	Vodní plochy	675	400	600	200	300	1,67	1,78	19	1400	713	623	28	2764	1865,4
2	Rašeliniště	23	300	600	200	400	0,2	0,21	42-66	1260	855	74	79	2268	52,2
3	Ost. mokřady	364	500	700	250	400	2,03	2,17	19-59	1680	926	760	26	3392	1234,8
4	Ext. uživ. mezofilní louky, pastv.	2601	300	500	150	250	1,05	1,12	33-63	1120	570	392	57	2139	5563,5
5	Intenz. uživ. mezofilní louky, pastv.	5579	300	400	100	200	1,39	1,48	13	980	428	518	19	1945	10848,4
6	Degradované mezofilní louky, pastv.	4609	200	400	100	150	0,8	0,85	13	840	356	298	19	1513	6974,6
7	Suché uzavřené trávníky (TTP)	40	200	300	50	100	0,7	0,75	13-84	700	214	263	71	1248	49,9
8	Suché mezernaté trávníky (TTP)	172	100	300	40	150	0,4	0,43	13-84	560	271	151	71	1053	181,1
9	Křoviny suchomilné (xerothermní)	426	200	300	40	100	0,8	0,85	10_56	700	200	298	47	1245	530,2
10	Křoviny mezofilní	1959	300	400	100	200	1,06	1,13	33	980	428	396	47	1851	3625,1
11	Křoviny mokřadní	17	400	600	150	300	1,16	1,24	33-56	1400	641	434	66	2541	43,2
12	Suché bory	298	200	400	100	200	0,9	0,96	40-61	840	428	336	73	1677	499,6
13	Ostatní jehličnaté lesy	6050	400	600	150	300	1,56	1,66	36-43	1400	641	581	59	2681	16221,6
14	Jehličnaté lesy poškozené	8222	300	500	100	250	1,25	1,33	19-20	1120	499	466	28	2113	17371,0
15	Listnaté lesy	6636	300	600	150	300	1,79	1,91	38-72	1260	641	669	80	2650	17587,1
16	Listnaté lesy degradované	1632	300	500	100	200	1,28	1,37	19-25	1120	428	480	32	2060	3361,1
17	Lužní lesy	924	600	700	200	400	2,03	2,17	55-65	1820	855	760	88	3523	3255,3
18	Solitérní stromy, aleje	1276	300	500	100	250	1,43	1,52	25	1120	499	532	36	2187	2790,3
19	Orná půda: obiloviny, okopaniny	27605	200	300	50	100	0,9	0,96	10	700	214	336	15	1265	34913,4
20	Orná půda: píceiny, trv. polní veget.	141	200	400	50	200	1,98	2,11	10	840	356	739	15	1950	275,0
21	Plochy bez vegetace	2938	1	200	0	50	0	0	0	281	71,3	0	0	353	1036,1
22	Skalní biotopy	113	100	300	50	150	0,2	0,21	40-56	560	285	74	70	989	111,8
23	Ost. přír. a přírodě blízké biotopy	3780	400	600	150	300	1,51	1,6	26-84	1400	641	560	59	2660	10055,7
24	Ost. více antropicky ovliv. biotopy	2787	200	400	100	200	0,96	1,02	0-23	840	428	359	17	1644	4580,4
	ČR celkem	78869													143026,6

ET=evapotranspirace (l/m²/rok), MVC= malý vodní cyklus (l/m²/rok), O₂=produkce kyslíku, BD=bodové hodnoty biotopů na m²; **biofyzické údaje, peněžní hodnoty**; Klim. s. = klimatiz. regulační služba (evapotranspirace = chladicí efekt, kondensace= oteplovací efekt; obě změny latentního tepla 1 litru vody = 1.4 kWh); l/m²/rok x 2 Kč (nákladová cena 1 kWh); MVC = vodoretenční služba malého vodního cyklu; l/m²/rok x 2,85 Kč (nákl. Cena 1 litru destilované vody); O₂ =produkce kyslíku (kg/m2/rok) x 700 (z kg na litry) x 0,50 Kč (nákl. Cena litru kyslíku); BD= služba habitatu, biodiverzité (pomocí BVM); hodnota biotopového bodu 2018 = 29,26 Kč.

Srovnání relací hodnot subjektivního hodnocení ES s širším pojetím hodnot podpůrných a regulačních ES

biom, skupiny biot.	Costanza et al. 2014				Sejak et al.	
	1997	2011	1997	2011	2018	2018
	2007\$/ha/rok		rel.	rel.	€/ha/rok	rel.
Temper./boreál. les	417	3,137	1	1	1,060,000-1,400,000	1
Travní porosty	321	4,166	0,77	1,3	600,000-800,000	0,6
Zaplavované nivy	27,021	25,681	64,8	8,2	800,000-1,400,000	0,9
Vodní plochy a toky	11,727	12,512	28,1	4	1,110,000-1,360,000	1
Zemědělské půdy	126	5,567	0,3	1,8	510,000-780,000	0,5
Městské půdy	-	6,661	-	2,1	140,000-650,000	0,3

Čísla ukazují dvě důležité skutečnosti:

1. Zahrnutí energetických a termodynamických nákladů do konceptu hodnoty ukazuje, že přirozené toky energie jsou tak ohromné, že lidé nemají žádnou šanci je plně nahrazovat technologicky.
2. Ještě důležitější jsou relace mezi hodnotami ES skupin biotopů, které ukazují nejvyšší efektivnost využití sluneční energie přirozenou klimaxovou vegetací a klesající efektivnost působenou veškerými antropogenními změnami přirozené krajiny na „rozvinuté pokryvy“.

Porovnání relací hodnot ES podle Costanzy, EWVM a českých odhadů metodou benefit transfer

biom, skupiny biot.	Costanza et al. 2014				Sejak et al.		Frélichová et al.	
	1997	2011	1997	2011	2018	2018	2014	
	2007\$/ha/rok		rel.	rel.	€/ha/rok	rel.	€/ha/rok	relace
Temper./boreál. les	417	3,137	1	1	1,060,000-1,400,000	1	89,886	1
Travní porosty	321	4,166	0,8	1,3	600,000-800,000	0,6	519	0,01
Zaplavované nivy	27	25,681	65	8,2	800,000-1,400,000	0,9	13,862	0,15
Vodní plochy a toky	11,7	12,512	28	4	1,110,000-1,360,000	1	1257	0,01
Zemědělské půdy	126	5,567	0,3	1,8	510,000-780,000	0,5	1267	0,01
Městské půdy	-	6,661	-	2,1	140,000-650,000	0,3		

Frélichová J., Vačkář D. et al., Integrated assessment of ecosystem services in the Czech Republic, Ecosystem Services 8 (2014), 110-117

ES českých travních porostů v EUR/ha/rok podle přenosu benefitů a podle EWVM

	počty ks	ukl. C	Reg. eroze	reg. vody	reg. Invaz	odstr. N	rekr.	celkem	EWVM
Suché trávníky	370	17	265	1876			55	2585	460 000
Nivní louky	864	69	265	3042	10	162	55	4468	
mezof. Louky	695	43	265	2028	52	162	55	3301	860 000
sezonně zapl. vlhké louky	883	69	265	3042	20	162	55	4497	
alpin.trávníky	252	39	265	2113	157		55	2882	
lesní lemy	0	43	265	2755			55	3118	
slaniska	0	34	265	1875			55	2231	
heathlands	0	25	265	1639			55	1986	
pastviny a využ. Louky	403	43	265	1298			55	2035	780 000
průměr	385	43	265	1707	26	54	55	2647	

Dílčí závěry:

1. **Tržní ekonomiky trpí jednostranným konceptem ekonomické hodnoty, který vedl k oddělení finančních trhů a světa peněz od reálných ekonomik a umožnil spekulace a lichvaření. Tento jednostranný koncept hodnoty byl aplikován i na měření ekosystémových služeb, dovedl k podstatnému podhodnocení podpůrných a regulačních funkcí či služeb, které jako veřejné statky vytvářejí biofyzický základ životodárných podmínek pro lidský druh.**
2. **Z předchozí srovnávací tabulky jsme viděli, že subjektivními metodami hodnocené ES ve shrnujících člancích Costanza et al. (1997 a 2014) ukázali, že lesy jsou méně hodnotné než většina antropogenizovaných ekosystémů. Takové hodnotové relace, které jsou chybné z termodynamického hlediska, jsou zásadně chybné proto, že podporují další likvidace přirozené vegetace.**
3. **R. Costanza je však natolik čestný vědec, že ve shrnující stati k 20. výročí měření ES (R. Costanza, 2017) jasně formuluje potřebu přejít k širšímu pojetí ekonomické hodnoty. Naše metoda EWVM to měřila již před osmi lety. Přirozené klimaxové listnaté lesy jsou v podmínkách střední Evropy o 40-80 % efektivnější při zajišťování životodárných služeb než travní porosty, zemědělské či městské půdy.**
4. **Proto k zastavení poklesu biodiverzity a obnově přirozené vegetace je třeba začít používat integrované pojetí hodnoty porovnávající ochoty lidí platit se spotřebou přírody.**

Reference:

- Costanza, R., De Groot R., Braat, L., Kubiszewski, I., Fioramonti, L., Sutton, P., Farber, S., Grasso, M. 2017. Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services* 28 (2017): 1–16.
- Costanza, R., R. d'Arge, R. De Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R. O'Neill, J. Paruelo, R. Raskin, P. Sutton, and M. van den Belt. 1997. 'The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital'. *Nature* **387**: 253–260.
- Costanza, R., De Groot R., Sutton P., van der Ploeg S., Anderson S.J., Kubiszewski I., Farber S., Turner R.K. 2014. 'Changes in the global value of ecosystem services'. *Global Environmental Change* **26 (2014)**: 152–158.
- Daly H., J. Farley. 2004, 2011. *Ecological Economics, Principles and Applications*. Washington, Covelo, London: Island Press.
- Marshall, A. 1920. *Principles of Economics*. London: Macmillan; reprinted by Prometheus Books. ISBN 1-57392-140-8.
- Odum, E. P. 1969. 'The strategy of ecosystem development'. *Science* **164**: 262–270.
- Odum, E. P. 1971. *Fundamentals of Ecology*. Philadelphia, Pennsylvania: W. B. Saunders Co.
- Ripl, W. 1995. Management of water cycle and energy flow for ecosystem control: the energy-transport-reaction (ETR) model. *Ecological Modelling* **78**: 61-76.
- Ripl, W. 2003. Water: the bloodstream of the biosphere. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, London **358**: 1921 – 1934.
- Schneider, E.D., D. Sagan. 2005. *Into the Cool, Energy Flow, Thermodynamics, and Life*. The University of Chicago Press.
- Schneider E.D., J.J. Kay. 1994. Life as a Manifestation of the Second Law of Thermodynamics. *Mathematical and Computer Modelling*, **19**, No. 6-8, pp. 25-48.

Biotope valuation method (BVM):

<http://fzp.ujep.cz/projekty/BVM/BVM.pdf>

Energy-water-vegetation method (EWVM):

<http://fzp.ujep.cz/projekty/valuingecosystemservices.pdf>