



Jan Frouz, Jaroslava Frouzová: Aplikovaná ekologie

ENVIRONMENTÁLNÍ TEXTY 3



Aplikovaná ekologie

Jan Frouz a Jaroslava Frouzová

Recenzovali:

doc. RNDr. Josef Matěna, CSc.

prof. RNDr. Bedřich Moldan, CSc., dr. h. c.

doc. Ing. Jiří Remeš, Ph.D.

Ing. Jiří Urban

Vydala Univerzita Karlova,

Nakladatelství Karolinum

Praha 2021

Redakce Vendula Kadlečková a Adéla Petruželková

Ilustrace Lucie Buchbauerová

Fotografie Jan a Jaroslava Frouzovi

Grafická úprava Jakub Kovařík

Sazba DTP Nakladatelství Karolinum

Vydání první

© Univerzita Karlova, 2021

© Jan Frouz, Jaroslava Frouzová, 2021

Illustrations © Lucie Buchbauerová, 2021

Photo © Jan Frouz, Jaroslava Frouzová, 2021

Cover photo © Thomas Richter, 2016

ISBN 978-80-246-4577-3

ISBN 978-80-246-4693-0 (pdf)



Univerzita Karlova
Nakladatelstvi Karolinum

www.karolinum.cz
ebooks@karolinum.cz

Obsah

Poděkování	9
Úvod	11
Seznam zkratk	14
1. VŠEOBECNÝ ZÁKLAD – VYBRANÉ KAPITOLY	
Z ENVIRONMENTÁLNÍCH VĚD	17
1.1 Ekosystémové služby a vliv člověka na ně	17
1.2 Metabolismus lidské společnosti	25
1.3 Primární a sekundární produkce a faktory, které ji ovlivňují	29
1.3.1 Fotosyntéza a energetika rostlin	29
1.3.2 Faktory ovlivňující primární produkci	32
1.3.3 Růstové strategie rostlin, alokace do produkce u různých typů rostlin, změny produkce a biomasy během sukcese	46
1.4 Vztah mezi produkcí a diverzitou	49
1.5 Konkurence mezi organismy a její vztah s produkcí a výnosem	53
1.6 Sekundární produkce	59
1.6.1 Energetická bilance heterotrofních organismů	59
1.6.2 Faktory ovlivňující sekundární produkci	61
1.7 Tok energie a látek ekosystémem	66
1.7.1 Tok energie	66
1.7.2 Koloběh vody	75
1.7.3 Cykly hlavních biogenních prvků	76
1.8 Otázky k zamyšlení	84
2. ZEMĚDĚLSTVÍ	86
2.1 Definice, vývoj a typy zemědělství	86
2.2 Rostlinná produkce	96
2.2.1 Plodiny, původ a vývoj	96
2.2.2 Půdy a výživa rostlin	112
2.2.3 Závlaha a odvodnění	138

2.2.4	Ochrana rostlin	141
2.2.5	Agrotechnika – úprava podmínek prostředí	146
2.2.6	Pěstování polních plodin	153
2.2.7	Trvalé travní porosty	163
2.2.8	Trvalé kultury a agroforestry	166
2.2.9	Zahradnictví	168
2.3	Rostlinná produkce a ekosystémy	170
2.3.1	Dopady zemědělství na úroveň krajiny	170
2.3.2	Tok vody a energie	178
2.3.3	Tok živin v krajině a koloběh prvků	179
2.3.4	Organická hmota, eroze a ostatní vlivy na půdu	184
2.3.5	Rostlinná produkce a biodiverzita	193
2.3.6	Rostlinná produkce a globální změna klimatu	197
2.4	Živočišná produkce	198
2.4.1	Biologické základy živočišné produkce	198
2.4.2	Hlavní druhy hospodářských zvířat a jejich původ	202
2.4.3	Chov hospodářských zvířat	207
2.4.4	Krmení hospodářských zvířat	210
2.5	Živočišná produkce a její dopady na organismy a ekosystémy	212
2.5.1	Vliv na stanoviště a biodiverzitu	212
2.5.2	Vliv na biogeochemické cykly, znečištění a globální změnu	216
2.5.3	Životní podmínky zvířat chovaných člověkem	219
2.6	Ekologické zemědělství a další přístupy k environmentálně šetrnému zemědělství	222
2.6.1	Ekologické zemědělství a jeho vliv na životní prostředí a lidské zdraví	222
2.6.2	Alternativní přístupy k environmentálně šetrnému zemědělství	225
2.7	Alternativy rozvoje budoucího zemědělství	226
2.8	Otázky k zamyšlení	235
3.	LESNICTVÍ A MYSLIVOST	236
3.1	Les a biologické základy lesnictví	236
3.1.1	Definice lesa a jeho funkce	236
3.1.2	Distribuce různých typů lesa ve světě a u nás	249
3.1.3	Růst a vývoj přirozených lesů	255
3.1.4	Hlavní druhy domácích lesních dřevin	256
3.2	Pěstování lesa pasečné a nepasečné	260
3.2.1	Obnova lesa	263

3.2.2	Výchovné zásahy	266
3.2.3	Obmýtí a těžba	271
3.2.4	Škodliví činitelé a ochrana lesa proti nim	278
3.2.5	Lesní hospodářský plán a Lesní hospodářské osnovy	287
3.3	Lignikultury a plantáže rychle rostoucích dřevin	288
3.4	Lesní hospodaření a ekosystémy	290
3.4.1	Lesní hospodaření a biodiverzita	290
3.4.2	Význam lesa pro pohyb vody v krajině	297
3.4.3	Les a biogeochemické cykly	301
3.4.4	Les a globální změna	304
3.5	Lov zvěře a myslivost	308
3.5.1	Lovná zvěř	309
3.5.2	Produkce zvěřiny a péče o zvěř	311
3.5.3	Lov, plánování a management lovu u nás a ve světě	311
3.5.4	Dopad lovu na populace zvěře a na ekosystémy	316
3.6	Otázky k zamyšlení	322
4.	RYBÁŘSTVÍ A AKVAKULTURA	323
4.1	Biologické základy rybařství	323
4.1.1	Růst populací ryb a metody optimalizace jejich lovu	323
4.1.2	Produkce světových vodstev a její využití	333
4.1.3	Nejvýznamnější druhy lovených mořských živočichů	341
4.2	Hlavní metody lovu ryb a dalších živočichů a jejich environmentální dopady	345
4.2.1	Lov mořských ryb, koryšů a měkkýšů	345
4.2.2	Velrybařství	351
4.2.3	Rybařství ve sladkých vodách	352
4.2.4	Environmentální dopady rybolovu	353
4.2.5	Sportovní rybolov a jeho environmentální dopady	360
4.2.6	Možnosti regulace lovu	364
4.3	Akvakultura	367
4.3.1	Druhy akvakultur a jejich rozsah	367
4.3.2	Hlavní druhy ryb a dalších organismů v akvakulturách	367
4.3.3	Rybníkářství a další vnitrozemské akvakultury a jejich environmentální dopady	369
4.3.4	Mořské akvakultury a jejich environmentální dopady	375
4.4	Dopady zemědělství a lesnictví na rybolov a vodní ekosystémy	377
4.5	Otázky k zamyšlení	380

5. ZÁVĚR	381
Summary.....	390
Literatura	391
Rejstřík	420

Poděkování

Jsme velmi zavázáni za cenné připomínky a rady, kterých se nám při práci nad textem této knihy dostalo jednak od recenzentů, prof. B. Moldana, Ing. J. Urbana, doc. J. Remeše a doc. J. Matěny, a jednak od dalších kolegů u nás i v zahraničí. Mezi nimi je třeba na prvním místě zmínit řadu pracovníků Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského (ÚKZÚZ), jmenovitě zejména Ing. R. Šafaříkovou a Mgr. Š. Polákovou a dr. S. Malého, kteří nám poskytli cenné připomínky, komentáře k textu a umožnili nám použít unikátní data, kterými ÚKZÚZ disponuje. Cenné rady nám poskytli i pracovníci Ministerstva zemědělství a dále pracovníci Českého statistického úřadu. Neocenitelná byla též doporučení dr. Oulehleho a prof. Hrušky z České geologické služby, prof. Petruska z PŘFUK a řady dalších kolegů. Z řady zahraničních kolegů bychom rádi jmenovitě zmínili alespoň prof. P. M. Curyho. Kniha je doprovázena skvělými ilustracemi Mgr. L. Buchbauerové a za technickou pomoc při editaci a zpracování textu vděčíme řadě našich kolegů a studentů. Naše práce byla podpořena řadou grantových projektů, z nichž je třeba zmínit alespoň následující projekty podporované MŠMT: LM2015075, EF16_013/0001782 a 8I20001; a dále TL03000752 podpořený TAČR a Strategie AV 21.

Úvod

Vliv člověka na ekosystémy je značný. Podle některých badatelů vliv člověka na některé klíčové funkce naší planety, jako je globální změna klimatu, cyklus dusíku nebo vliv na biodiverzitu, překračuje hranice bezpečného užívání země, za nimiž může dojít k nežádoucímu, těžko předvídatelnému chování systému, které by mohlo vyústit v globální katastrofu (Rockström a kol., 2009). Jak bude zmíněno dále v textu této knihy, biomasa všech lidí přesahuje desetinásobek biomasy všech divoce žijících zvířat (suchozemských obratlovců) a biomasa domácích zvířat převyšuje biomasu divokých zvířat více než 20× (Smil, 2011). Odhaduje se, že ekosystémy na více než třech čtvrtinách (podle některých odhadů i více) nezaledněné pevniny jsou do určité míry ovlivněny člověkem. Naopak člověkem nedotčené ekosystémy, chcete-li divočina, nejen že pokrývají jen asi čtvrtinu pevnin, ale jsou z velké části situovány do míst, kde je primární produkce přirozeně nízká (tundra, pouště, vysoké hory atp.), a tak tvoří jen asi 11 % celkové primární produkce planety (Ellis a Ramankutty, 2008). Vlivy člověka v mořích a dalších světových vodách jsou plošně méně patrné, ale FAO udává, že třetina populací ryb vykazuje známky přelovení. A tak bychom mohli pokračovat dál. Je přitom zajímavé, že většina současných učebnic ekologie o vlivu člověka na ekosystémy příliš nehovoří a zabývá se spíše tím, jak by jednotlivé druhy, populace, společenstva a ekosystémy interagovaly a vyvíjely se samy o sobě. Tento přístup má jistě své opodstatnění, protože většina ekologických vztahů se z evolučního pohledu vyvinula před rozmachem lidské civilizace, a tak ke svému přirozenému fungování člověka jaksi nepotřebují. Problém je, že toto přirozené fungování je, jak bylo popsáno výše, dnes omezeno na stále menší a menší část ekosystémů naší planety. Chceme-li tedy pochopit fungování současného globálního ekosystému, nemůžeme vliv člověka ignorovat. Přitom zemědělství, lesnictví a rybníkářství hrají klíčovou roli v tomto vlivu. Pochopení role těchto aktivit ve fungování naší planety není přitom jen zajímavým akademickým cvičením, bez nadsázky lze říci, že na něm závisí nejen blahobyt, ale i samo přežití lidstva.

Tato kniha si klade za cíl popsat hlavní ekologické a biologické principy, na nichž stojí moderní zemědělství, lesnictví a rybářství, objasnit, jak jsou tyto principy používány při zvyšování produkce potravin a dalších surovin (dřeva, biopaliv, vláken stavebních a jiných materiálů). Nepokoušíme se přitom suplovat učebnice ekologie, ale snažíme se připomenout pouze hlavní souvztažnosti, tak abychom učinili knihu srozumitelnou širšímu okruhu čtenářů a ukázali na širší souvislosti. Zároveň se zabýváme tím, jak intenzifikace výroby těchto statků mění strukturu dotčených ekosystémů, energetické a látkové toky v nich a jak tyto změny ovlivňují fungování těchto ekosystémů a následné poskytování dalších mimoprodukčních ekosystémových služeb (poskytování čisté vody, regulace odtoku, regulace klimatu a další), na nichž také závisí blahobyt lidské společnosti. V neposlední řadě se zabýváme popisem postupů, kterými se současná věda a společnost snaží o zvýšení udržitelnosti zemědělství, lesnictví a rybářství tak, aby byla dlouhodobě zajištěna nejen produkce potravin a dalších statků, ale i mimoprodukční služby ekosystémů a dlouhodobě udržitelné fungování předmětných ekosystémů. Přestože kniha není učebnicí výše uvedených disciplín (zemědělství, lesnictví a rybářství), do jisté míry musí čtenáře seznámit i s principy fungování a vývojem jejich technologií, protože vliv na ekosystémy se do značné míry odvíjí z použitých technologických postupů.

Kniha je primárně zaměřena zejména na temperátní ekosystémy, avšak vzhledem k tomu, že se zároveň snaží ukázat, jak naše obchodní rozhodnutí a spotřebitelské chování ovlivňuje chování producentů a následně fungování ekosystémů, obsahuje řadu příkladů o vlivu produkce na mořské či tropické ekosystémy, které jsou kvůli globalizaci dnešního světa významně ovlivňovány i naším spotřebitelským chováním, tedy i naším nákupem v samoobsluze.

Kniha má ambici sloužit jako úvod do problému širší poučené a zainteresované veřejnosti, zejména pak těm, kteří se nějakým způsobem životním prostředím zabývají. Zároveň jsme se snažili napsat knihu natolik srozumitelně, aby mohla sloužit jako úvod do problému zájemcům z řad studentů a širší veřejnosti. Proto se snaží kromě základního popisu hlavních principů i ilustrovat tyto jevy na názorných příkladech, včetně konkrétních trendů klíčových veličin. Tyto faktografické údaje slouží jednak k lepšímu pochopení popsaných mechanismů, jednak k základní orientaci v jednotlivých dílčích problémech. Proto je kniha kromě hlavního textu provázena řadou rámečků, které vysvětlují principy použitých metod, případně rozvíjejí popsané mechanismy na detailnějších názorných příkladech. Rámečky (boxy) též slouží

k vysvětlení některých základních pojmů z jiných oborů potřebných k pochopení textu a ilustraci některých jevů na konkrétních příkladech. To by mělo umožnit studium textu s minimálními nároky na znalost souvisejících oborů. Snažili jsme se též přinést odkazy na klíčové prameny, které by měly usnadnit další detailnější studium vybraných dílčích aspektů. Ve snaze učinit tuto knihu dostupnou i čtenářům s menší oblibou matematického popisu reality jsme se snažili omezit použití matematických přístupů na minimum. To vedlo k opomenutí detailnějšího popisu některých moderních metod založených na komplexních algoritmech, kde jsme se zpravidla omezili jen na stručnou zmínku a odkaz na příslušnou literaturu.

Seznam zkratek

A		asimilace – množství asimilované potravy
ADP		adenosindifosfát
AET		roční aktuální evapotranspirace
AMF		arbuskulární mykorhiza
ATP		adenosintrifosfát
BR	biomass return	recyklace biomasy
C		konzumace – množství zkonsumované potravy
CAP	common agriculture policy	společná zemědělská politika
CCF	continual cover forestry	trvalý lesní pokryv
CPUE	catch per unit effort	úlovek na jednotku úsilí
CSA	community supported agriculture	komunitní zemědělství
ČSÚ		Český statistický úřad
ČÚZK		Český úřad zeměměřický a katastrální
D		defekace
DBH		tloušťka stromu ve výčetní výšce 1,3 m
DDT		dichlordifenyltrichlorethan
DIT		dietou indukovaná termogeneze
E nebo U		exkrece
ECI		konverzní faktor krmiva
EEZ		exkluzivní ekonomická zóna
EROI	energy return on investment	energetická návratnost investice
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations	Organizace pro výživu a zemědělství Spojených národů
FCR		konverzní poměr krmiva
FPAR		zlomek PAR absorbovaný rostlinami odhadnutý na základě pokryvnosti listové plochy (LAI – Leaf area index), který je odhadnut na základě dat ze vzdáleného průzkumu země a v podstatě nahrazuje index NDVI
GMO		geneticky modifikovaný organismus

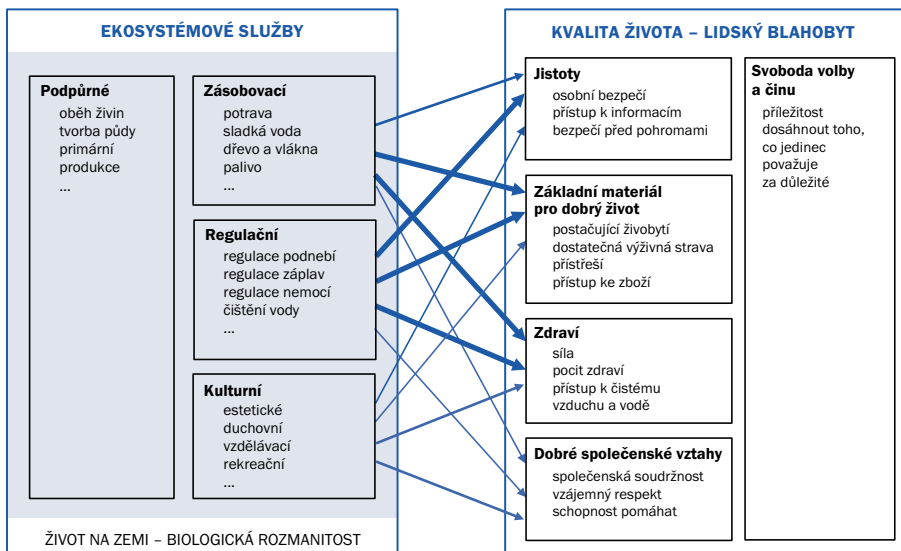
GPP	gross primary productivity	hrubá primární produkce
HANPP	human appropriation of net primary production	přisvojování si primární produkce člověkem
HDP		hrubý domácí produkt
K		fotosynteticky aktivní zařízení
LAI	leaf area index	index listové pokrývnosti
LD50		střední letální dávka
LHP		lesní hospodářský plán
LPIS		registr půd
MSE		maximální ekonomický výnos
MSY	maximal sustainable yield	maximální udržitelný výnos
NADPH		nikotinamidadenindukleotidfosfát
NDVI	normalized difference vegetation index	normalizovaný vegetační diferenční index
NE		netto energie
NIR		blízké infračervené zařízení
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration	Národní úřad pro oceán a atmosféru USA
NPP	net primary productivity	čistá primární produkce
NPPact		aktuální čistá primární produkce
NPPh		primární produkce obsažená ve sklizni
NPPpot		čistá primární produkce potenciální přirozené vegetace
NUE		účinnostní využití dusíku dodaného do ekosystému
P		produkce
PAR	photosynthetic active radiation	fotosynteticky aktivní zařízení
Pg		roční růstová produkce
ppm	part per million	jedna miliontina
PUPFL		pozemek určený k plnění funkcí lesa
R		respirace
RED		červená část viditelného spektra
Rg		roční růstová respirace
RIL	reduced impact logging	šetrný způsob těžby (hlavně tropických lesů)
Rm	maintenance respiration	denní udržovací dýchání rostlin
SPZ		společná zemědělská politika
TRP	target reference point	cílový referenční bod

UNCLOS	United Nations Convention on the Law of the Sea	Úmluva Organizace spojených národů o mořském právu
USLE	universal soil loss equation	rovnice míry erodované půdy
VDJ		velká dobytčí jednotka
VRH	variable retention harvest	velkoplošná obnovní těžba s variabilní intenzitou
WFC		polní vodní kapacita
WHC		nasákivost
Δ NPPLC		změna produkce daná změnou užívání krajiny

1. Všeobecný základ – vybrané kapitoly z environmentálních věd

1.1 Ekosystémové služby a vliv člověka na ně

Ve své dnes již klasické práci si Constanza a kol. (1997) položil otázku, jak přispívají ekosystémy k lidské ekonomice a lidskému blahobytu. Dospěl k číslu 32 trilionů amerických dolarů. Číslu, které je dnes často kritizováno a považováno za podhodnocené, Constanza ho později (Constanza a kol., 2014) korigoval na 145 trilionů USD. Nicméně číslo samo o sobě mnoho neřekne a jeho význam vynikne až při srovnání s hrubým domácím produktem všech států světa, který Constanza a kol. (1997) udává jako 18 trilionů USD. Ekosystémy tedy poskytují klíčové služby, které v zásadě umožňují fungování lidské společnosti. Pro tyto statky se vžil pojem ekosystémové služby, v angličtině



Obr. 1-1: Přehled hlavních druhů ekosystémových služeb a jejich vztah k blahobytu lidské společnosti, podle Millenium Ecosystem Assesment, 2005, upraveno

ecosystem goods and services. Ekosystémové služby můžeme rozdělit do několika kategorií – produkční, regulační, kulturní a sociální. Člověk přímo využívá tyto tři typy služeb, nicméně je třeba si uvědomit, že pro jejich existenci jsou nutné nejrůznější přírodní procesy vytvářející podporu pro jejich fungování (Obr. 1-1).

Zásobovací nebo také jinak produkční ekosystémové služby zahrnují všechny statky a služby produkované ekosystémy, které mohou sloužit k materiálové spotřebě společnosti. Patří sem produkce rostlin poskytujících potraviny, vlákna, paliva a další statky, produkce pitné vody atp. Regulační služby regulují klíčové přírodní procesy, jako je koloběh vody, produkci skleníkových plynů, a tím změny klimatu atp. Regulační služby tedy do značné míry vytváří rámec environmentálních podmínek, v nichž se naše společnost pohybuje a jejichž význam si zpravidla uvědomíme až v okamžiku, kdy dojde k nějaké odchylce v jejich hladkém fungování a začnou nás trápit povodně, sucho, prашné bouře či změna klimatu. Z toho také plyne, že tyto služby zpravidla nejsou předmětem trhu, v poslední době se sice objevují některé tržní mechanismy jako uhlíkové kredity, daleko častěji jsou ale regulační služby, které byly identifikovány jako klíčové pro lidskou společnost, předmětem regulací vyplývajících ze zákonů a dalších nařízeních. Kulturní a sociální služby jsou shrnutím toho, co příroda znamená pro naši psychiku, kulturu, uměleckou a spirituální inspiraci atp. Existuje řada prací ukazujících, že pohled na vegetaci zlepšuje lidem náladu, snižuje krevní tlak atp. (Ulrich, 1986). Přestože tyto služby mají zcela jistě velký podíl na ekonomice řady odvětví lidské činnosti, jako je turistický a zábavní průmysl, literatura a umění, nejsou zpravidla samy o sobě předmětem trhu. Nicméně některé kulturní a sociální služby, jako například turisticky atraktivní místa, mohou být předmětem trhu a přinášet nemalé zisky. Na nich si můžeme ukázat, jak neúměrné využívání ekosystémových služeb vede k jejich opotřebení a znehodnocování (Box 1-1).

Podpůrné ekosystémové procesy, které poskytované služby zajišťují, například primární produkce, opylování, koloběh prvků atp., nejsou až na výjimky některých služeb jako např. opylování, kde se u některých plodin vyskytují přímé platby (Aizen et al., 2009; Burgett a kol., 2011) za tuto službu, zpravidla přímým předmětem trhu, což komplikuje jejich oceňování.

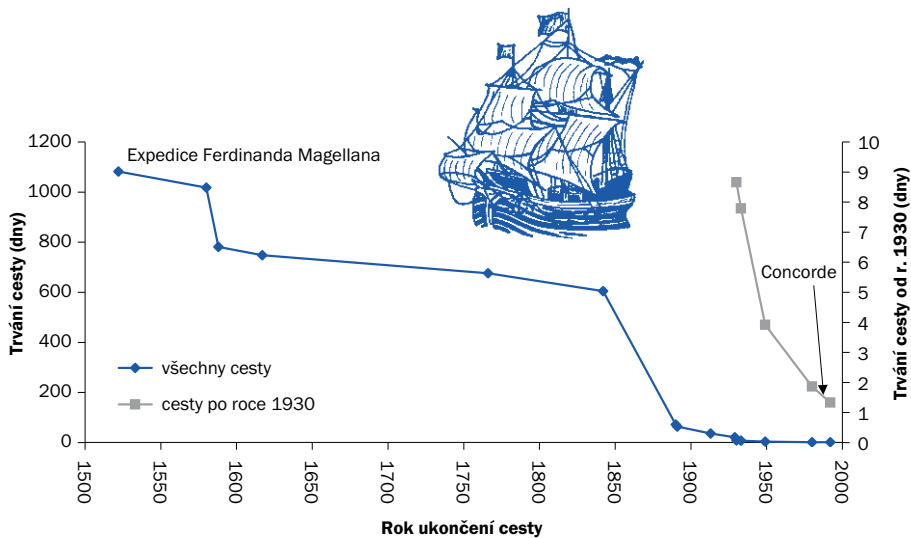
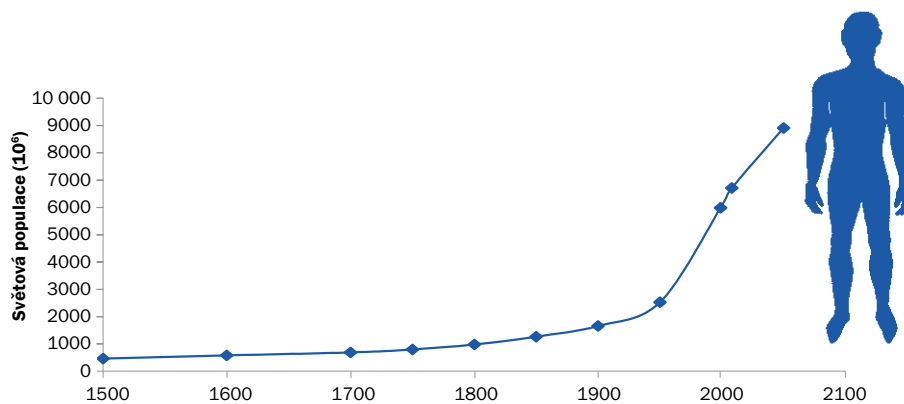
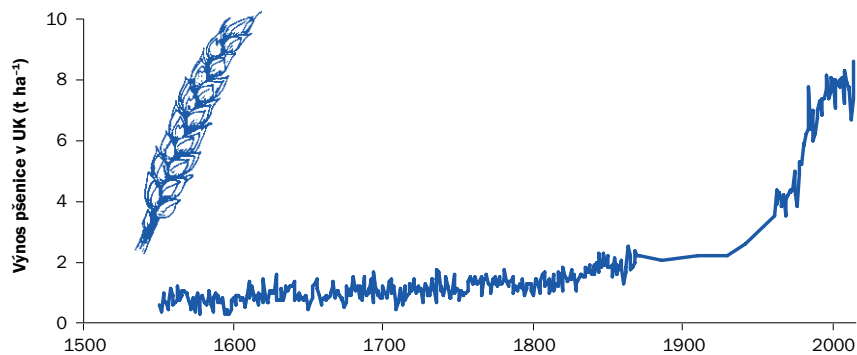
Užívání přírody vede často k snížení schopnosti ekosystémů poskytovat ekosystémové služby. Constanza a kol. (2014) tak odhadl, že v důsledku globální změny, změn v užívání krajiny a dalších vlivů se schopnost světových ekosystémů poskytovat ekosystémové služby okolo přelomu století snižovala o 4–20 trilionů USD ročně.

BOX 1-1

ŽIVOTNÍ CYKLUS DESTINACE

Jednou z kulturních ekosystémových služeb je rekreační potenciál krajiny. Tuto službu můžeme relativně dobře ekonomicky vyjádřit jako ochotu lidí platit za to, že se mohou v dané krajině rekreovat. Na rekreačním potenciálu krajiny, chcete-li přírody nebo ekosystémů, si můžeme zároveň názorně ukázat, jak jeho využívání člověkem tento potenciál ovlivňuje (Butler, 1980). Na začátku dochází k **objevování destinace**, do nějakého místa začínají přicházet jednotliví návštěvníci, kteří vyhledávají autenticitu přírodních (ale i kulturních) hodnot daného místa. Jejich množství je omezené, což je dáno i nedostatečností turistické infrastruktury. Větší množství návštěvníků informuje o nové destinaci, a ta se tak stává cílem dalších turistů, rozvíjí se infrastruktura, dochází k **ustavení destinace**. Následně dochází k **fázi rozvoje destinace**. Původní zařízení sloužící prvním návštěvníkům jsou modernizována, poskytují větší kapacitu a vyšší standard tak, aby destinace mohla přijmout více návštěvníků. V této fázi již ale začínají být patrné první dopady na životní prostředí a začíná již ubývat návštěvníků hledajících autenticitu, přírodní krásy atp., nicméně jejich počet je vyvážen nárůstem „mainstreamových“ návštěvníků a celkový počet návštěvníků roste. Následně ve **fázi konsolidace** nárůst návštěvníků stagnuje, přijíždějí lidé, kteří chtějí místo navštívit, protože všichni jejich známí tam už byli, ale místo jako takové je už vlastně moc nezajímá. Místní obyvatelé jsou na jednu stranu značně závislí na příjmech z turistického ruchu, na druhou stranu jsou turisty obtěžováni a přítomnost turistů omezuje jejich běžný život. Fáze konsolidace tak postupně přechází ve **fázi stagnace**, kdy se negativní dopady na přírodu a místní komunity stupňují, návštěvníci začínají být vnímáni negativně. Množství návštěvníků a délka jejich pobytu klesá, turistický průmysl stagnuje, nejsou prostředky na údržbu turistické infrastruktury a tím se místo stává méně atraktivní pro movitější klientelu. Další vývoj ve stadiu **poststagnace** může vést k úplnému úpadku, ale i k určité stabilizaci související s objevením a vhodným marketingem nových možností destinace.

Postupem času lidská populace roste a technické možnosti člověka se zvyšují (Obr. 1-2), produkujeme více, cestujeme rychleji. Lze si povšimnout, že tento nárůst byl pozvolný a lineární většinu středověku, zrychlení nastalo se začátkem průmyslové revoluce okolo r. 1850. Další velký zlom nastal okolo r. 1950, kdy se v průmyslovém měřítku začalo se získáváním dusíku z atmosféry pomocí Haber-Boschovy syntézy (Obr. 1-2). Spolu s tím roste vliv člověka na fungování ekosystémů a geochemické procesy. Na základě geografických indikátorů, jako je hustota obyvatelstva, osídlení, silnice, zemědělství a podobně, se odhaduje, že 83 % celosvětové terestrické biosféry je pod přímým lidským vlivem (Sanderson a kol., 2002). Jistě ne všechny biomy byly zasaženy, stejně jistě není překvapivé, že nejvíce jsou zasaženy biomy mediteránní a temperátní, tedy v oblastech, které byly kolébkou vyspělých civilizací (Obr. 1-3). Vzhledem k tomu, že produkční služby ekosystémů jsou nejhmatatelněji spojeny s blahobytem společnosti (jsou předmětem trhu), není překvapivé, že ekosystémy jsou často měněny tak, aby se zvyšovaly jejich produkční schopnosti na úkor jiných procesů a služeb.



Obr. 1-2: Dlouhodobé změny vynosů pšenice ve Spojeném království, narůst světové populace a zkracování minimální doby potřebné k suborbitalní cestě kolem světa (šedá čára odpovídá pravé ose)