

Univerzita Karlova v Praze
Přírodovědecká fakulta
katedra sociální geografie a regionálního rozvoje
Doktorský studijní program: Sociální geografie a regionální rozvoj



Mgr. Petra Kušková

Sociální metabolismus českého a československého území v dlouhodobé perspektivě

Disertační práce

Školitel: doc. RNDr. Leoš Jeleček, CSc.

Školitel-konzultant: Univ.-Prof. Mag. Dr. Fridolin Krausmann

Praha 2010

Prohlašuji, že jsem tuto disertační práci zpracovala samostatně a všechny použité zdroje jsem řádně citovala a že souhlasím s jejím zapůjčováním. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

Praha 6. 12. 2010

Petra Kušková

Poděkování

Děkuji především svému školiteli Doc. RNDr. Leoši Jelečkovi, CSc., za poskytnuté rady a podnětné připomínky, podporu i za jeho vstřícný a pozitivní přístup a školiteli-konzultantovi Univ.-Prof. Mag. Dr. Fridolinu Krausmannovi, který mi napomohl získat neocenitelné zkušenosti v mém výzkumu. Velmi děkuji rodičům (mamince bohužel posmrtně) za podporu, a hlavně motivaci ke studiím a všem mým blízkým přátelům, kteří mi byli po celou dobu oporou. Dále patří mé díky všem kolegyním a kolegům, kteří mi byli nápomocni radou jak na UK v Praze, tak v IFF Social Ecology ve Vídni, a to zejména: Simone Gingrich, Pavlu Chromému a dalším. Dále děkuji programu DZS Aktion, který mi umožnil strávit několik pracovně zásadních měsíců v IFF Social Ecology ve Vídni, a v této souvislosti samozřejmě ředitelce vídeňské instituce Marině Fischer-Kowalski za vlídné přijetí a poskytnutí zázemí na jejich pracovišti. V neposlední řadě patří mé díky také prof. Donaldu Worsterovi z Kansas University, u něhož jsem absolvovala studijní pobyt díky Fulbrightově nadaci, které tímto také děkuji.

Obsah:

Seznam obrázků, diagramů a boxů (týká se pouze části A disertační práce).....	7
Seznam zkratk.....	7
Abstrakt.....	9
Abstract.....	10
Úvod.....	11
A. Teoreticko-metodologické rámce výzkumu interakce společnost-prostředí	16
1. Sociální metabolismus	20
1.1 Sociometabolické profily.....	24
2. Metodologické rámce výzkumu interakce společnost-prostředí.....	28
2.1 Metoda výpočtu ekologické stopy	28
2.2 Analýza materiálových a energetických toků	29
3. Cíle, vstupní předpoklady a závěry souboru prací	31
3.1 Seznam prací	31
3.2 Základní předpoklady práce.....	32
3.3 Komentář k předkládaným pracím	33
4. Závěr.....	41
Použitá literatura:	43
B. Soubor prací.....	49
I) KUŠKOVÁ, P. (2008): Od lovce sběrače k industriálnímu metabolismu. Klaudyán – internetový časopis pro historickou geografii a environmentální dějiny. 5, č. 2, s. 73–84.....	50
II) KUŠKOVÁ, P. (2009): The long term industrial transformation study for the territory of Czechoslovakia. In: Malhotra, G.(ed.): Environmental Growth. A Global Perspective. Macmillan Publishers India Ltd., New Delhi, s. 202–215.	63
III) LUSTIGOVÁ, L., KUŠKOVÁ, P. (2006): Ecological footprint in the organic farming system. Agricultural Economics (CZ), 52, č. 11, s. 503–509.....	78
IV) KUŠKOVÁ, P. (2008): Social metabolism within the Czechoslovak territory from a historical perspective – energy flow analysis. In: Szabó, P. and Hédli, R. (eds): Human Nature: Studies in Historical Ecology and Environmental History. Institute of Botany of the ASCR, Brno, s. 74–85.	86
V) KUŠKOVÁ, P., GINGRICH, S., and KRAUSMANN, F. (2008): Long term changes in social metabolism and land use in Czechoslovakia, 1830–2000: An energy transition under changing political regimes. Ecological Economics, 68, č. 1-2, s. 394-407.	99

- VI) KUŠKOVÁ, P. (2009): A case study of the Czech agriculture since 1918 from the social metabolic perspective – from land reform through nationalisation to privatisation. Land Use Policy, v recenzním řízení. 114
- VII) GINGRICH, S., KUŠKOVÁ, P., STEINBERGER, J. K. (2010): Long-term changes in CO₂ - emissions in Austria and Czechoslovakia - identifying the drivers of environmental pressures. Energy Policy, v tisku. 141

Seznam obrázků, diagramů a boxů (týká se pouze části A disertační práce)

Obrázek 1: Životní cyklus vysavače od výroby, dopravy jednotlivých surovin a součástí až po konečné použití.

Diagram 1: Socioekologický a lidský systém jako „hybrid“ přírodních a i kulturních procesů.

Diagram 2: Socioekologický systém.

Box 1: Rozlišení dvou základních systémů hospodaření s energií různých společností, dle tzv. různého „energetického profilu“.

Seznam zkratk

ČSÚ – Český Statistický úřad

DDT – dichlordifenyiltrichlormethylmethan

DE – Domestic Extraction

DEC – Domestic Energy Consumption

DEI – Domestic Energy Input

DM – Dry Matter

DMC – Domestic Material Consumption

DMI – Domestic Material Input

CO₂ – oxid uhličitý

EFA – Energy Flow Analysis

EU – Evropská Unie

Eurostat – European Statistical Office

ESEH – European Society of Environmental History

ES – Ekologická stopa

ETC-WMF – European topic centre on waste and material flows)

GJ – Gigajouly

GLP – Global Land Project

HDP – Hrubý domácí produkt

ICEHO – International Consortium of Environmental History Organisations

IGBP – International Global Biosphere Programme

IHDP – International Human Dimension Programme on Global Environmental Change

IFF – Faculty for Interdisciplinary Studies of Austrian Universities

ISEE – International Society for Ecological Economics

ISIE – International Society for Industrial Ecology

IUCN – International Union of Conservation of Nature

LUCC – Land Use and Cover Change

MEFA – Material and Energy Flow Analysis

MFA – Material Flow Analysis

NAS – Net Addition to Stock

OECD – Organization for Economic Co-operation and Development

PJ – Petajouly

t – tuny

TER – Total Energetic Requirements

TJ – Terajouly

TMR – Total Material Requirements

UNEP – United Nation Environmental Programme

USA – Spojené státy americké

WWF – World Wild Fund for Nature

WCED – World Commision on Environment and Development

Abstrakt

Předkládaná disertační práce zkoumá interakce mezi člověkem a přírodou na území Česka/Československa v dlouhodobé perspektivě (před vznikem Československa pro české území a po jeho rozpadu v Česku a na Slovensku dohromady). Výzkum spadá do teoretického rámce sociálního metabolismu za použití metody materiálových a energetických toků (MEFA) a ekologické stopy (ES). Pojem sociální metabolismus je odvozen z pojmu metabolismus používaném v biologických vědách. Společnost neboli lidmi vytvořený socioekonomický systém se chová podobně jako živý organismus: odebírá zdroje z přírody, což je analogické potravě, zabírá určité území, udržuje svoje hmotné struktury a vylučuje zpět odpady (analogie exkrece). Tyto procesy jsou nazývány sociálním nebo industriálním metabolismem.

Tato disertační práce obsahuje soubor sedmi odborných článků. (I) Úvod do výzkumné oblasti, ve které se pohybují další práce. Článek shrnuje práce předních environmentálních historiků a snaží se zasadit vybrané české reálie do kontextu environmentálních dějin a sociálního metabolismu. (II) Studie prezentující sadu MEFA indikátorů spolu s ekologickou stopou mezi lety 1920 a 2000. (III) Tento článek aplikuje metodu ekologické stopy na vybranou ekologickou farmu a srovnává výsledky s konvenčním hospodařením a dává je do souvislosti s řadou zahraničních studií na toto téma. (IV) Analýza energetických toků Československa v historické perspektivě od vzniku republiky do roku 2000. (V) Analýza energetických toků českého/československého území v souvislosti s využitím území v období mezi lety 1830 a 2000. Sleduje změny energetických toků v závislosti na různých politických systémech. (VI) Případová studie českého zemědělství z pohledu sociálního metabolismu prezentuje vybrané indikátory energetických toků v zemědělství od roku 1920 do roku 2005. (VII) Analýza socioekonomických hnacích sil emisí CO₂ v Rakousku a Československu během 19. a 20. století, která poskytuje vhled do podobností a rozdílů mezi těmito dvěma zeměmi.

Pět článků bylo publikováno, jeden je v tisku a jeden v recenzním řízení. K jednomu článku existuje databáze přístupná na internetových stránkách věnovaných změnám využití území českého Lucc týmu a na stránkách IFF Social Ecology ve Vídni.

Industrializace významně proměnila sociometabolický profil českého/československého území. Navzdory intenzifikaci a rostoucí efektivitě hospodářství vývoj neprobíhal udržitelným směrem.

Klíčová slova: sociální metabolismus, materiálové a energetické toky (MEFA), ekologická stopa, Československo, Česko, využití území, environmentální dějiny.

Abstract

This dissertation is based on the conceptual framework of social metabolism and it applies methods of Material and Energy Flow Analysis and Ecological Footprint. It studies interactions between human activities and natural environment in Czech/Czechoslovak territory from the historical perspective (after the division of Czechoslovakia for Czechia and Slovakia together). The term of social metabolism is a metaphor inspired by biology. Society or human economy similarly to a living organism which extracts materials from the earth, processes biophysical materials to maintain itself and emits its wastes back. So the economic system functions in an analogy to a living organism and those processes are called “social” or “industrial” metabolism.

This dissertation comprises seven individual empirical studies: (I) An introduction to a research topic covered in following articles. It is based on the work of leading world environmental historian and it interprets selected Czech realities within the context of the world environmental history. (II) The historical series of MEFA indicators together with ecological footprint. (III) An article which applies the ecological footprint method on the ecological farm in comparison to conventional agriculture in the context of more foreign studies on this topic. (IV) An Energy Flow Analysis of Czechoslovakia from historical perspective from the establishing of Czechoslovakia to 2000. (V) An Energy Flow Analysis (EFA) for Czechoslovakia in the time period 1830-2000 that tracks changes in the region’s socio-economic energy use during several stages of political regimes. The effects of energy use on the region’s land use system are also discussed. (VI) A case study of the Czech agriculture from social metabolic perspective which presents selected energy flow indicators and analyses inputs and outputs of energy to and from the agricultural system. (VII) An analysis of socio-economic drivers of CO₂ emissions in Austria and Czechoslovakia during the 19th and 20th centuries that provides an insight into the similarities and differences between the two countries.

Five of the articles have been published: two articles create a chapter of a book and rest of them is from scientific journals. One is in print and one is under review. For one of the articles, the underlying dataset is publicly accessible on the website devoted to Land Use Changes of Czechia and on the website of the Institute of Social Ecology Vienna.

Industrialization changed the sociometabolic profile of Czech/Czechoslovak territory in a fundamental way. In spite of intensification and growing efficiency of the Czech economy the development didn’t proceeded in a sustainable way.

Keywords: social metabolism, Material and Energy Flow Analysis (MEFA), ecological footprint, Czechoslovakia, Czechia, land use, environmental history.

Motto: Poznat nesmírnou složitost skutečnosti, to je pro mne věc úcty k životu, která se stupňuje v úžas.

Karel Čapek

Úvod

Předkládaná práce se skládá ze sedmi publikací, které se týkají území Česka a bývalého Československa a zkoumají interakce mezi lidmi vytvořeným (socioekonomickým) systémem a jeho přírodním prostředím. Analýzy jsou zpracovány pomocí metod, které se snaží kvantifikovat dopady lidských aktivit na přírodu a zdokumentovat biofyzikální nároky jejich ekonomického systému (nároky ve formě hmoty, energie a plochy). Výzkum interakcí člověk – příroda prezentovaný v této práci probíhá v širším konceptuálním rámci obecně nazývaném sociální metabolismus (vyskytují se rovněž označení industriální či socioekonomický metabolismus). Zmíněný koncept si pro výzkum komplexních, člověkem vytvořených systémů (např. ekonomik, resp. interakcí společnosti a přírody v rámci tzv. socioekologického systému) našel inspiraci v biologii – přirovnává socioekonomický systém k živému organismu, který podobně jako on odebírá zdroje z přírody ke svému růstu a hmotnému udržování, zabírá určité území a vylučuje zpět své odpady (Ayres a Simonis 1994; Fischer-Kowalski a Weiss 1999).

V dnešní době žijeme v plně industrializované společnosti označované často jako společnost postindustriální. Akceleruje v ní rychlost spotřeby, tím i čerpání zdrojů a zabírání prostoru. Znamý environmentální historik John McNeill (USA) argumentuje ve své knize ne náhodou nazvané „Něco nového pod Sluncem“ nebyvalým nárůstem využívání energie ve dvacátém století, které vztahuje k vývoji a růstu ekonomik. Lidstvo má za sebou dvacáté století, které bylo nevídané ve smyslu technického rozvoje a jeho rychlosti, růstu populace, životní úrovně, ale s tím vším i spojených dopadů na přírodu (McNeill 2000). Za posledních sto let vzrostla globálně spotřeba materiálů osmkrát, lidstvo nyní využívá skoro 60 mld. tun různých materiálů ročně, růst jejich spotřeby je rychlejší než přírůstek populace a spotřeba hmoty se v přepočtu na osobu v průběhu 20. století zdvojnásobila (Krausmann et al. 2009).

Během minulého století vzrostla například spotřeba vody či počet chovaných prasat devětkrát, světová ekonomika čtrnáctkrát, spotřeba energie a emise skleníkových plynů se zvýšily sedmnáctkrát, světový obchod dvaadvacetkrát, mořský rybolov pětatřicetkrát, průmyslová výroba čtyřicetkrát a nákladní doprava sto pětatřicetkrát (McNeill 2000). Planeta Země však neroste. Přetváříme krajinu, hubíme mnohé živočišné i rostlinné druhy, zasahujeme do koloběhu živin v přírodě, a dokonce je velmi pravděpodobné, že jsme narušili klimatickou rovnováhu Země. Zdá se, že máme před sebou spoustu změn (McNeill 2000).

Na rozdíl od současnosti existovala v preindustriální éře antroposféra¹ v citlivé rovnováze s biosférou a ostatními prvky zemského systému. Lidstvo bylo součástí přírodního ekosystému. Odpady byly recyklovány přírodními rozkladnými procesy, minerální a kovové předměty (od stavebních prvků po zbraně, nástroje či platidla) byly používány a znovuvyužívány po staletí či tisíciletí (Ayres a Simonis 1994). Dnes ale právě naopak žijeme v době, kdy je řada věcí určena pouze na jedno použití. Zkracuje se také průměrná životnost spotřebních předmětů, a i když efektivita například některých spotřebičů roste, úspory takto vzniklé bývají zpravidla převáženy růstem jejich spotřebovaného množství a rovněž růstem spotřeby energie (OECD 2002). Zatímco v preindustriálním období byly v pravém slova smyslu neudržitelnými důsledky lidské ekonomické aktivity pouze dopady lokální (například nevratné změny krajiny odlesňováním a erozí v některých regionech hlavně v severní Africe a na Středním východě), dnes již se jedná o problémy globálního rozsahu a dopadu.

Mluvíme o „světové ekonomice“, která má kořeny již v 18. století (Clark a Munn 1986), a od počátku devadesátých let se hojně objevuje pojem globalizace. Ta začala de facto objevením a kolonizací Ameriky (existují různé pohledy na původ a vznik globalizace, ale není záměrem této práce je detailněji analyzovat a posuzovat). Ve zkratce znamená globalizace stále větší propojenost světa v jednu velkou společnost prostřednictvím komplexu vzájemných komunikačních, informačních, ekonomických, obchodních, kulturních, ekologických a jiných vazeb a rovněž relativní zkracování vzdáleností.

Od počátku průmyslové, vědeckotechnologické a informační revoluce² značně narůstá poptávka po mnoha druzích zboží a služeb. Tato poptávka je přitom na jedné straně světa uspokojována často odebíráním zdrojů na jeho opačném konci. Technologický vývoj a pokrok v posledních zhruba sto letech umožnil jednu zásadní věc. Dříve lidé museli žít v mezích, které jim vytyčovala příroda. Jednoduše záviseli na přírodních zdrojích a produkčním potenciálu oblasti, kde žili. V biologii je znám pojem nosná nebo také únosná kapacita prostředí, jež určuje, kolik jedinců dané populace zmíněné území uživí bez ničících zpětných dopadů na danou lokalitu. Technologie a zahraniční obchod však umožňují dnešním lidem nosnou kapacitu zemí, regionů různých řádů až po makroregiony, v nichž žijí, uměle zvyšovat. Lokální a národní ekonomiky se „odpoutaly“ od území, v němž jsou lokalizovány. Otázkou rovněž je, zda zmíněný způsob hospodaření může fungovat celoplanetárně, pokud by měli všichni lidé stejně velké nároky, které by zároveň neustále rostly. Některé vědecké analýzy ukazují, že v současné době již přírodní limity překračujeme.

¹ Pojem antroposféra je definován jako lidmi vytvořené prostředí. V geografii existuje rovněž pojem ekumena pro lidmi obývané oblasti, zastavěná území atp. a anekumena, naopak lidmi neosídlené oblasti.

² Např. český historik J. Purš vypracoval koncepci tzv. komplexní revoluce moderní doby, která měla fázi průmyslové revoluce, technickovědecké revoluce a vědeckotechnologické revoluce (Purš 1973 s. 367).

Mluví se rovněž o nerovnosti mezi bohatým Severem a chudým Jihem, kdy méně rozvinuté země budou mít do budoucna potřeby svoje nároky na přírodní zdroje zvyšovat.

V tomto ohledu patří mezi nejvýznamnější oblasti zemědělská produkce a využívání energie. Například rozloha orné půdy se v globálním měřítku od poloviny devatenáctého století do současnosti zdvojnásobila. Ale v rozvinutých zemích včetně Česka od začátku 20. stol. klesá, a to stále rychleji (Jeleček 1995; Bičík et al. 2001, Jeleček 2007b). Lidstvo čelí období chronických, rozsáhlých a extrémně komplexních syndromů vzájemné závislosti mezi globální ekonomikou a životním prostředím (Clark a Munn 1986).

Od počátku průmyslové revoluce a s ní spojeným rostoucím využíváním fosilních paliv narůstá výčet neudržitelných environmentálních trendů (viz např. Ayres a Simonis 1994, s. xii):

- „Nárůst podílu skleníkových plynů v atmosféře,
- ničení ozonové vrstvy,
- okyselování půdy a povrchové vody,
- nárůst obsahu toxických látek v sedimentech a půdě (zejména těžkých kovů),
- růst produkce radioaktivních odpadů,
- akumulace perzistentních organických chemikálií v životním prostředí,
- kontaminace a vyčerpávání podzemní vody,
- ztráta tropických lesů, mokřadů, biodiverzity atd.“

V souvislosti s uvedenými alespoň dílčími informacemi není překvapivé, že v průběhu 20. století významně vzrostl zájem o životní prostředí, který vyústil v definování nutnosti přechodu lidstva na rozvoj, který by nevratně neničil život podporující přírodní systémy. Velmi často se vize budoucnosti, v níž lidé fungují v souladu s prostředím, v němž žijí, označuje pojmem „udržitelný rozvoj“ (viz dále).

Zvýšení zájmu o životní prostředí, jeho výzkum a ochranu napříč vědními disciplínami podnítilo několik konkrétních událostí. Americká biologka Rachel Carson dala v USA do pohybu, lze říci, masové environmentální hnutí svojí slavnou a kultovní knihou „Mlčící jaro“ (poprvé vyšla v roce 1962, od té doby dosáhla nejméně 25 vydání). Upozornila zde na nebezpečné používání pesticidů (DDT), které kromě škůdců zabíjí i zpěvné ptactvo (odtud název knihy). V roce 1970 se pak ve Spojených státech uskutečnily první oslavy „Dne Země“ a v návaznosti na něj se formoval moderní environmentalismus³ a zrodila se řada transdisciplinárních oborů. Mezi nimi například i environmentální dějiny (viz např. Worster

³ Ten lze definovat jako lidové, společenské i politické hnutí, způsob myšlení, života a životní postoj usilující různými formami a metodami o environmentalizaci společnosti, ekonomiky a politiky, tj. cílově o optimalizaci vzájemného působení společnosti a přírody.

1993, Simonns 1993, Jeleček 1994, McNeill 2000, Jeleček 2000, McNeill a McNeill 2003, Winiwarter et al. 2004, Hornborg et al. 2007, Jeleček 2010).

Dalším mezníkem je varování globálního think tanku, tzv. Římského klubu, prostřednictvím publikace knihy „Meze růstu“ v 70. letech 20. stol. (Meadows et al. 1972), která vyslala výrazné signály o překročení únosné kapacity prostředí lidstvem. I když se celá řada předpovědí obsažených v knize nepotvrdila (minimálně datování budoucího vyčerpání některých zdrojů), kniha podnítila důležitou debatu o čerpání přírodních zdrojů a ekonomickém systému založeném na neustálém růstu a poukázala na hlavní rozpor mezi neomezeným ekonomickým růstem a omezeností planety Země.

Neustále rostoucí globální populaci (přibývající každým dnem o čtvrt miliónu) v současnosti stále ještě umožňují nasytit a energeticky zajistit bohaté zdroje fosilních paliv. Nynější populace čítající kolem 6,8 miliard lidí se má podle některých tvrzení cca za 45 let zdvojnásobit, než se stabilizuje. Střední odhady OSN (2009) hovoří o 9 miliardách lidí na planetě Zemi v roce 2050. Tlak na spotřebu a produkci potravin a na intenzitu spotřeby a výroby paliv a energie tak v budoucnosti ještě významně poroste. Proto budou nabývat na významu analýzy hlavních zdrojů, na nichž závisíme (půda, voda, energie, biomasa). Pomohou vést plánování politik a zákonů pro jednotlivce, ale i na národní úrovni, které budou čelit nevyhnutelnému dilematu, jak může být každý nasycen při současném ubývání přírodních zdrojů (Pimentel a Pimentel 1996).

Myšlenka rozvoje, který uspokojí potřeby současných lidí, a přitom neohrozí možnosti příštích generací a nezničí přírodní prostředí, se objevila v roce 1980 v takzvané Světové strategii ochrany Mezinárodní unie pro ochranu přírody (World Conservation Strategy of the International Union for the Conservation of Nature) (IUCN, UNEP a WWF 1980). O rok později vyšla kniha Lestera Browna „Budování udržitelné společnosti“ (Building a Sustainable Society), v roce 1984 publikoval Norman Myers práci „Gaia: An Atlas of Planet Management“.

Oficiálně pak o několik let později definovala udržitelný rozvoj Světová komise pro životní prostředí a rozvoj (World Commission on Environment and Development), která upozornila na nezbytnost odebírat z přírody jen tolik, kolik se stačí obnovovat bez ztrát na její další produkční kapacitě. Učinila tak ve své známé zprávě s titulem „Naše společná budoucnost“ (Our Common Future, česky 1991). Udržitelný rozvoj definovala jako takový rozvoj, který zajistí naplnění potřeb současné společnosti, aniž by ohrozil možnost splnění potřeb generací příštích (WCED 1987). Tato zpráva je také známa pod názvem „Brundtland Report“ podle jména norské premiérky, která komisi předsedala. Zatímco „Naše společná budoucnost“ pojem udržitelný rozvoj definovala, konference OSN o životním prostředí a rozvoji v roce 1992 v Rio de Janeiro jeho principy rozebrala ve všech oblastech lidské

činnosti. Závěry a doporučení konference jsou zpracovány v dokumentu známém jako Agenda 21. Koncept udržitelného rozvoje přijalo mnoho národních vlád a mezinárodních organizací jako jeden z hlavních principů pro tvorbu své veřejné politiky. S tím vyvstala logická potřeba hlubšího poznání environmentálních problémů a také poptávka po nových druzích indikátorů, které by lépe analyzovaly a popisovaly socioekonomické systémy a jejich vztahy k přírodnímu prostředí.

Je třeba upozornit na skutečnost, že donedávna byly hlavními indikátory prospěchu ekonomiky (zejména v bývalém Československu, na které se tato práce soustředí) například množství vyrobené oceli či produkce masa nebo hrubého národního produktu (dnes hrubého domácího produktu). V současné době se však ukazuje, že jedním z klíčových ukazatelů pro charakteristiku ekonomické úrovně a vyspělosti je například materiálová náročnost a cílem by mělo být ji co nejvíce snižovat (Eurostat 2007). „Z mnoha důvodů musí být indikátory energetické a materiálové spotřeby pochopeny spíše jako indikátory ekonomického selhání,“ argumentují Ayres a Simonis (1994, s. 33).

Výsledky výzkumů v rámci konceptu sociálního metabolismu bývají vyjadřovány ve fyzikálních jednotkách: tunách, jednotkách plochy, joulech. Poskytují tak podstatně jiný pohled na studované entity než analýzy založené na socioekonomických datech, které pro popis lidských aktivit používají ve velké míře monetární vyjádření.

Většina prací zde prezentovaných pojímá zkoumanou problematiku z dlouhodobé perspektivy většinou od vzniku Československa v roce 1918. V jedné studii se mi však podařilo tento pohled ve spolupráci s rakouskými kolegy rozšířit do horizontu objímajícího 170 let. Práce se tedy týká českého a československého území – pro období před vznikem Československa pro české území, dále je zahrnuta práce týkající se českého zemědělství (viz dále). Část prací týkající se československého území zahrnuje také fyzický zahraniční obchod – proto byla volena jako jednotka výzkumu entita, pro kterou jsou tato data k dispozici (v období Československa není možné sledovat zahraniční obchod obou zemí zvlášť). Pro období po rozpadu Československa jsou v analýzách sečteny hodnoty daných indikátorů obou nástupnických zemí. Historický přístup jsem zvolila zejména proto, že současný stav krajiny, geobiosféry, geografické organizace lidských aktivit atd. je výsledkem minulých procesů. Jejich znalost je proto nezbytná pro pochopení dnešního stavu a zpracování odhadu možného budoucího vývoje (viz také např. FischerKowalski a Haberl 2007).

A. Teoreticko-metodologické rámce výzkumu interakce společnost-prostředí

Jak vyplývá z úvodu, v posledních přibližně sto letech došlo a stále dochází k nebývalému vědeckotechnickému pokroku a tím i k nebývalé akceleraci vlivu člověka na přírodu. I když působení mezi společností a přírodou je oboustranné, v posledních desetiletích nabývá v souvislosti s nárůstem environmentálních problémů na významu zejména studium působení člověka na přírodu. V mnoha případech dospěly změny prostředí způsobené člověkem do takového stadia, že je velmi těžké posoudit, co je více přírodním a co lidmi vytvořeným systémem (vezměme si například klasický pojem „agroekosystém“ či „kulturní krajina“). Dopady lidských aktivit na přírodu mají často negativní a nevratné následky. Proto se v posledních desetiletích mluví o takzvané „globální environmentální změně“ (Turner et al. 1993). Zmíněná problematika získává velkou pozornost rovněž na poli mezinárodní politiky, s čímž souvisí rostoucí zájem o možnosti přechodu fungování lidstva k udržitelnému rozvoji. Mnozí hovoří o environmentální krizi, dokonce se ozývají i hlasy katastrofické. Nicméně je třeba se snažit na tyto problémy hledět střízlivě. Jak píše Smil (2000), odborná veřejnost se dělí na dva tábory: tzv. „katastrofisty“ a „kornukopiány“. Katastrofisté vidí budoucnost lidí na planetě Zemi velmi černě, pokud se co nejdříve radikálně nezmění přístup člověka k přírodě, a kornukopiáni na druhou stranu slepě věří v nové technologie a vědecký pokrok. Smil (2000) se distancuje od obou extrémů a zdůrazňuje důležitost poznání v oblasti interakcí člověka a přírody.

Vedle nyní nejčastěji diskutovaného vlivu člověka na klimatický systém čelí lidstvo ve dvacátém prvním století nespočtu dalších environmentálních problémů: přelidnění mnohých regionů, plýtvání cennými přírodními zdroji, narůstajícím problémům s dostupností pitné vody (zejména ve třetím světě), rozšiřování pouští, masivnímu odlesňování v biologicky a ekologicky cenných oblastech, problémům s narůstajícím objemem odpadů, rostoucímu znečištění vod i ovzduší, a hlavně nebývalému snižování biodiverzity (které nemá obdoby od druhohor). Pro další zabezpečení dlouhodobého fungování lidské civilizace na planetě Zemi bez nevratného poškozování přírodních, život podporujících systémů (tzv. statků a služeb biosféry), se tak znalosti interakcí člověka a přírody jeví jako klíčové. K pochopení takových komplexních jevů ale již nepostačuje pouze jednostranné přírodovědné zaměření. Je potřeba jej propojovat s dalšími obory a přístupy například v oblasti sociálních věd. Geografie, zejména sociální geografie (šířeji human geography), se pro tento směr výzkumu jeví jako ideální platforma právě díky svému mezioborovému charakteru. Je důležité nejen popsat vytyčené téma, ale hledat souvislosti a různé úhly pohledu kombinací různých konceptuálních nástrojů a přístupů, které mohou napomoci k porozumění složitých

environmentálních problémů. Na tomto základě se pak snažit o srozumitelnou interpretaci, která může přispět k řešení daných problémů na dalších úrovních, a to zejména rozhodovacích (ať již regionálních či globálních). Velkou výzvou je hledání odpovědí na otázky, jak mohou být dlouhodobé a rozsáhlé interakce mezi prostředím a civilizačním rozvojem lépe zvládnuty a tak posíleny vyhlídky na ekologicky udržitelné zdokonalení kvality lidského života „*wellbeing*” (Clark a Munn 1986, Fischer-Kowalski a Haberl 2007).

S potřebou řešit environmentální problémy a naučit se fungovat v rámci planetárních ekosystémů udržitelně vzrůstá v mezinárodním výzkumu v posledních desetiletích zájem o celkovou analýzu toků energie a materiálů různými ekonomickými systémy, jejich pochopení a hledání udržitelných trendů (Ayres a Simonis 1994, Eurostat 2007, Fischer-Kowalski a Haberl 2007).

Interakce člověk – příroda vyžadují zkoumání různými druhy vědeckých metod. Vedle již existujících oborů proto vznikají v posledních desetiletích rovněž nové vědní disciplíny, které leží na pomezí těch „původních“. Například „sociální ekologie (Social Ecology)“, „industriální ekologie (Industrial Ecology)“, „kulturní ekologie (Cultural Ecology)“, „ekologie člověka (Human Ecology)“, „věda o udržitelném rozvoji (Sustainability Science)“, „environmentální dějiny (Environmental History)“ nebo „environmentální geografie (Environmental Geography)“. Všechny mají společný základ s geografii v prolínání studia komplexních jevů vyplývajících ze vztahu člověka neboli společnosti a ekonomického systému s prostředím, v němž dlouhodobě funguje. Jde tedy o *vývoj v čase a prostoru*. Z potřeby harmonického fungování člověka v rámci přírodního prostředí vznikl rovněž obor, nazývaný „ekologická ekonomie (Ecological Economics)“, který se snaží skloubit ekonomické poznatky a pravidla se znalostmi a metodami věd o životním prostředí s cílem pochopit interakce mezi lidmi a přírodou a odpovědět na otázky typu jak lépe fungovat ve vztahu k přírodě, jaké mezi nimi existují vazby atd. Jedna z definic vymezuje Ecological Economics jako mezioborové pole výzkumu, které má za cíl zkoumat provázanost a koevoluci lidské ekonomiky a přírodních procesů v *prostoru a čase* (Xepapadeas 2008) – tedy velmi blízké geografii.

Souběžně se vznikem nových oborů byla založena rovněž řada mezinárodních vědeckých společností zabývajících se výzkumem působení člověka na přírodu. Mezi nimi například IHDP (International Human Dimension Programme on Global Environmental Change) a IGBP (International Global Biosphere Programme), které se podílely na mezinárodním projektu LUC (Land Use and Cover Change), jenž je následován v současnosti Global Land Project. Dalšími mezinárodními společnostmi jsou například ICEHO (International Consortium of Environmental History Organisations), ESEH (European Society of Environmental History), ISEE (International Society for Ecological Economics) nebo ISIE (International Society for Industrial Ecology). Společnosti pořádají podnětné

konference a vydávají mezinárodní impaktované časopisy (např. *Ecological Economics*, *Journal of Industrial Ecology* a další).

Důležitý rozdíl mezi výše zmíněnými jmenovanými obory a klasickými vědami studujícími fungování lidských systémů, resp. neoklasickými přístupy (například ekonomickými vědami) je uznání skutečnosti, že ekonomický systém je ovlivňován, respektive omezen fyzikálními zákony. S tím souvisí změny paradigmat ve vědě. Jeleček (2007a, s. 5) mluví o environmentalizaci vědy: „Environmentalizaci vědy lze charakterizovat jako jeden z procesů měnících paradigma jednotlivých vědních oborů a disciplín důslednějším přihlížením k environmentálním aspektům, souvislostem a důsledkům zkoumaných nebo společností řešených či řízených procesů a problémů.“

Nové paradigma staví zejména na základním předpokladu, že lidský systém funguje uvnitř jako součást většího systému, tj. Země, tudíž musí respektovat určitá omezení, která z nich vyplývají. Základní obraz společnosti či ekonomického systému jako termodynamického systému popsal známý ekonom a zakladatel ekologické ekonomie Georgescu-Roegen (1971). Podobně například popisuje Worster lidský systém jako „malou“ ekonomiku, která je součástí přírodní „velké“ ekonomiky (Worster 1994).

Výzkumné aktivity zde popisované problematiky proto hledají cestu, jak by měla společnost fungovat, existují-li nějaké limity existence člověka v rámci přírody, a snaží se vyvíjet metody jejich kvantifikace. Odtud vyplývá, že na rozdíl od ekonomie nevyjadřují výsledky v monetárních jednotkách, ale v jednotkách fyzikálních, jako jsou například jednotky plochy, energie a hmotnosti. Ekologická ekonomie (*Ecological Economics*) zahrnuje také studium metabolismu společnosti, tedy měří a interpretuje množství spotřebovaných materiálů a energie, záboru ploch, produkce odpadů. Tento podobor se také někdy nazývá „biofyzikální ekonomie“ (Cleveland a Costanza 2008).

Metody, které používám v této práci, jsou často používány jak v ekologické ekonomii, tak i v rámci sociální ekologie, environmentálních dějin, avšak i v dalších oborech (zmíněná studia se v mnohém prolínají).

Jak jsem výše uvedla, jedním ze směrů výzkumu globální environmentální změny je studium vztahu společnosti jakožto ekonomického systému a přírodního prostředí ve smyslu výměny materiálů a toků energie a zabírání prostoru. Toto studium používá řadu metod (jimž bude věnován dostatečný prostor dále), které je možno shrnout pod jeden koncept či pojem: sociální nebo jinak také industriální metabolismus (Ayres a Simonis 1994; Fischer-Kowalski a Weiss 1999; Fischer-Kowalski a Haberl 2007). Tento koncept odkazuje na analogii mezi lidskou společností a živými organismy právě ve smyslu výměny materiálů a zabírání plochy: odebrání materiálů z prostředí odpovídá u živých organismů potravě a zpětné uvolňování odpadů exkreci.

Právě studium interakcí člověk – příroda spojuje oblast mého výzkumu s geografii, kde má zkoumání vzájemných vztahů mezi člověkem a prostředím dlouhou tradici. Nejznámější definice vymezují geografii právě jako studium *interakcí člověka a přírody v prostoru a čase* (např. Johnston 2001, Buček a Mikulík 1988, Hagett 1975, Encyklopedie Diderot 1999). Koncept, v jehož rámci se předložená práce pohybuje, je tedy plně zařaditelný do geografického výzkumu: rovněž zkoumá *interakce člověka a přírody v prostoru a čase*. Zejména sociální geografie se detailněji snaží do výzkumu začlenit vedle fyzikogeografických také socioekonomické a demografické faktory, ale dokonce na adresu samotné fyzické geografie podotýká Kalvoda (2004): „závažným úkolem fyzické geografie je také výzkum prostorových a časových vztahů přírodního prostředí a společnosti.“

Ve vztahu ke geografickému výzkumu tzv. „Albertovské školy“ navazuje tato práce úzce na aktivity výzkumné skupiny zaměřené na změny využití ploch (Bičík et al. 2001, Bičík a Jančák 2001, Kupková 2001, Bičík a Jančák 2003, Štych et al. 2005, Štych 2007, Kabrda 2008, Rašín 2010) a dále úzce souvisí s pracemi historické geografie (Jeleček 1995) a environmentálními dějinami (Jeleček 1994, Jeleček 2010). Okrajově souvisí studium sociálního metabolismu s pracemi Hampla (1998, 2007), zejména v předmětu studia, jímž jsou komplexní systémy. „Environmentální přístup se uplatňuje v české geografii od 80. let 20. století, kdy se začala zabývat i výzkumem proměn životního prostředí, resp. krajiny v dlouhodobé interakci příroda – společnost,“ (Jeleček 2007, s 6)⁴.

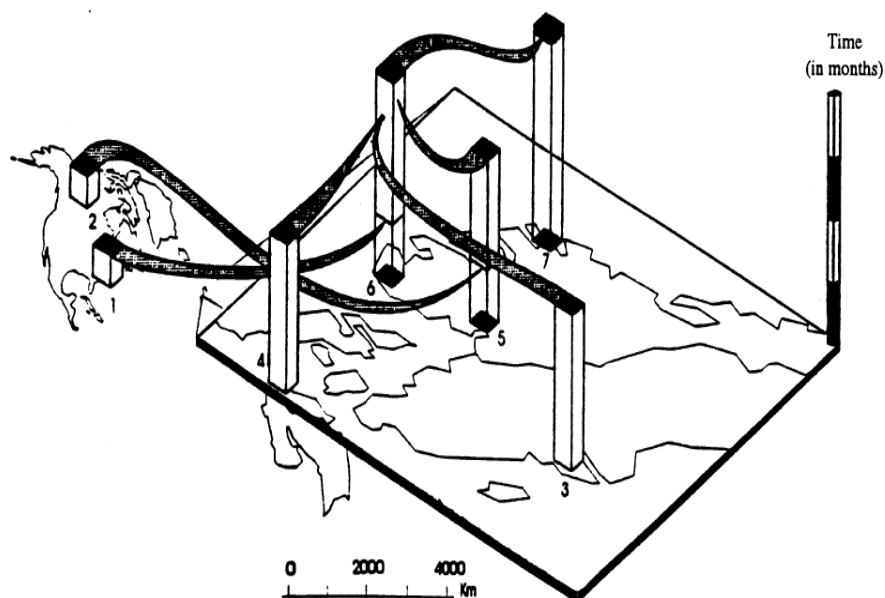
Dále se v rámci geografických oborů rozvíjí přímo výzkum dopadů lidské činnosti na přírodu – tj. environmentální geografie. Toto propojení „human geography“ a „environmental studies“ vzniklo s cílem studovat a zkoumat interakce člověka a přírody (viz např. Bowler, 1992). Významným kanadským geografem českého původu, který se ve svých pracích zabývá nároky lidského systému na energii a potraviny, je například Vaclav Smil, proslulý knihou „Feeding the World. A Challenge for the Twenty-First Century“ (Smil 2000). Mezi další známější práce geografů studující interakce mezi lidskými aktivitami a přírodním prostředím patří například studie Younga et al. (2006) či práce zaměřené na zemědělství Bayliss-Smith (1982) nebo na dálkový průzkum (Bayliss-Smith a Owens 1990).

Metodický přístup zkoumající interakce člověka a přírody (konkrétně v rámci industriálního metabolismu) vyplývající z geografie používá např. Anderberg (1998). Autor dává přednost analýze toků například jednoho výrobku, původu surovin, použití a konečné likvidaci (viz obr. 1). Zdůrazňuje přitom, že je důležité vytvořit analýzu kontextu toků materiálů a energie z hlediska průmyslové, ekonomické a geografické změny a aktivněji hledat vazby na politické a průmyslové rozhodování, na lidské chování a zvyky. Spojení

⁴ J. Korčák (1985, s. 31) tehdy naléhavě poukázal na to, že „...ve středu geografického myšlení by měl být osud biosféry“ (citováno v Jeleček 2007a, s 6).

hledá například s konceptem T. Hägerstranda The Process Landscape (Hägerstrand 1993, cit. v Anderberg 1998).

Obrázek 1: Životní cyklus vysavače od výroby, dopravy jednotlivých surovin a součástí až po konečné použití.



Zdroj: Lenntorp (1993), použito v Andenberg (1998)

Poznámka: Vysavač je používán v Norsku, motor pochází z USA (1), PVC trubky z Kanady (2), železné části ze Švédska (3), motor ventilačního systému z Německa (4). Na dalších místech jsou pak vysavače uskladněny (5), monovány (6) a používány (7).

1. Sociální metabolismus

Protože klasické hodnotící systémy spadající do paradigmatu neoklasické ekonomie po vzniku diskuse o udržitelném rozvoji přestaly stačit, začala se hojně objevovat měření a hodnocení lidmi vytvořených (např. ekonomických) systémů pomocí biofyzikálních přístupů. Monetární vyjádření interakcí mezi lidskou ekonomikou a jejím habitatem se ukázala jako nedostatečná a nekompetentní (Martinez-Allier 1987). Jedním z takovýchto přístupů je koncept sociálního metabolismu a rovněž metody spadající do jeho rámce (viz dále). Biofyzikální systémy hodnocení postavené na redukcionistickém přístupu se pokoušejí objasnit různé aspekty metabolismu rozdílných systémů (například produkčních či spotřebních) pomocí společných jmenovatelů jiných než finančních – například energie

(energetické toky) či půdy (ekologická stopa), detailnější shrnutí této problematiky viz Gasparados et al. (2009).

Definici a charakteristiku sociálního metabolismu (užívá se také spojení industriální metabolismus) předložili Ayres a Simonis v knize „Industrial Metabolism“ (1994), resp. Ayres (1994). Shrnutí přístupů výzkumu interakcí lidmi vytvořeného systému a přírodního prostředí vypracovali Fischer-Kowalski a Weiss (1999) a Fischer-Kowalski a Haberl (2007), přínosnou i pro náš výzkum LUC: „Socioecological Transitions and Global Change. Trajectories of Social Metabolism and Land Use“.

Pojem metabolismus, jak je používán v jeho původním biologickém kontextu, označuje vnitřní procesy v organismu. Organismus přijímá potravu – energeticky bohaté materiály s nízkou entropií, aby si zajistil svoji existenci a funkce a také něco navíc, aby mohl růst a reprodukovat se. Tento proces také nevyhnutelně zahrnuje exkreci nebo exhalaci odpadních produktů složených z degradovaných materiálů s velkou entropií⁵ (Ayres a Simonis 1994). Právě zde můžeme najít analogii mezi biologickým organismem a industriálními aktivitami neboli celým ekonomickým systémem. Ne jenom proto, že oba systémy zpracovávají energii a jsou toky volné energie poháněny, ale také protože oba jsou sebeorganizující neboli tzv. „disipativní“ systémy v ustáleném stavu daleko od termodynamické rovnováhy (Georgescu-Roegen 1971, Ayres a Simonis 1994 s. 3).

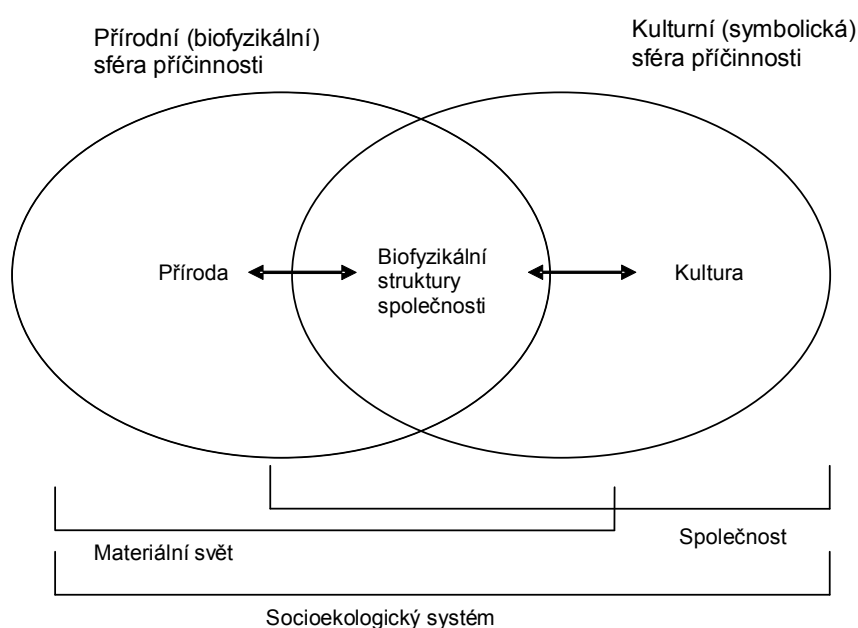
Z toho vyplývá, že sociální metabolismus je výsledkem a jedním z procesů interakcí člověka a přírody, tedy vnitřním procesem socioekologického systému, který zahrnuje jak přírodní část, tak část tvořenou lidskou společností (či ekonomickým systémem jako takovým). Diagram 1 dokumentuje, že jak socioekologický, tak lidský systém jsou „hybridem“ zahrnujícím přírodní i kulturní procesy. Na úrovni přírodní sféry je tento systém ovlivňován přírodními zákony, kulturní sféra zahrnuje způsoby fungování společnosti (hodnoty, technologie, legislativa, apod.), průnik tvoří biofyzikální struktury společnosti nazývané artefakty (člověkem vytvořené struktury). Na základě konceptu sociálního metabolismu mohou interakce mezi přírodou a kulturou probíhat pouze v rámci těchto biofyzikálních struktur (Fischer-Kowalski a Haberl 2007).

Sociální metabolismus tedy zahrnuje procesy čerpání zdrojů z přírody, tvorbu zásob (například budovy, lidská těla, artefakty) a zpětné uvolňování odpadů. Procesy probíhají přes hranice lidmi vytvořeného a přírodního systému (viz diagram 2). Předkládaná práce se zabývá hlavně energetickými toky, tudíž se soustředí na materiály převeditelné na energii (což není možné například u stavebních materiálů, jako je písek, kámen atd.). Na nejabstraktnější úrovni popisu je tedy metabolismus hospodářství či jeho částí – odvětví (průmyslu, zemědělství atd.) souborem fyzikálních procesů ve více či méně ustáleném stavu,

⁵ Pojem entropie vyjadřuje míru neuspořádanosti zkoumaného systému.

kteří převádějí surové materiály, energii a práci na konečné produkty a odpady. Zkoumaný systém leží zpravidla na definovaném území a vyměňuje si materiály nejen s daným územím, které zabírá, ale také s okolím – například s ostatními státy (Ayres a Simonis, 1994). Na tomto místě mluví v souvislosti se zábory ploch a jejich modifikací Fischer-Kowalski a Weiss (1999) Fischer-Kowalski a Haberl (2007) o „kolonizaci přírody“ (nature colonisation).

Diagram 1: Socioekologický a lidský systém jako „hybrid“ přírodních a kulturních procesů.



Zdroj: Fischer-Kowalski a Haberl (2007)

Poznámka: Na úrovni přírodní sféry je systém ovlivňován přírodními zákony, kulturní sféra zahrnuje způsoby fungování společnosti (hodnoty, technologie, legislativa, apod.), průnik tvoří biofyzikální struktury společnosti neboli tzv. artefakty (člověkem vytvořené struktury). Na základě konceptu sociálního metabolismu mohou interakce mezi přírodou a kulturou probíhat pouze v rámci těchto biofyzikálních struktur.

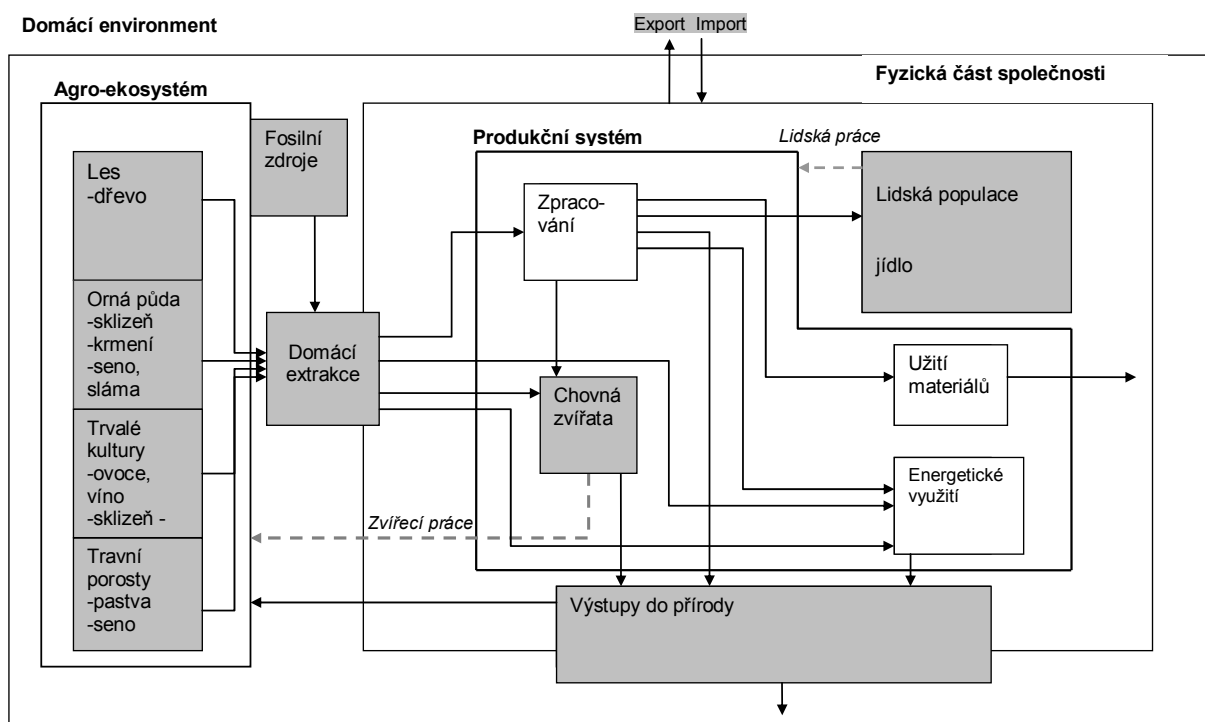
Stabilizující kontrolu systému zajišťuje jeho lidská složka. Lidská role má dva aspekty: přímý v podobě vstupu práce a nepřímý na výstupu jako spotřebitel. Systém je stabilizován alespoň ve své decentralizované soutěživé tržní formě, tj. vyrovnáváním nabídky a poptávky pro produkty a práci cenovými mechanismy. Takto je jakýkoliv ekonomický systém v základě metabolický regulativní mechanismus (Ayres a Simonis 1994).

Sociální (industriální) metabolismus může být určen a popsán na mnoha dalších úrovních ve vztahu k území. Tak je tento koncept jasně aplikovatelný na národy nebo regiony, zejména na „přírodní“ regiony, jako jsou povodí či ostrovy (viz například „The Rhine

basin study“ (Andenberg 1998)). Klíčem k regionální analýze je existence dobře definovaných geografických rozmezí či hranic, podél nichž mohou být toky materiálů a energie monitorovány (Ayres a Simonis 1994).

Toky materiálů a energií jsou v rámci konceptu mapovány pomocí metody materiálových a energetických toků (MEFA – Material and Energy Flow Analysis) (Eurostat 2001, 2007; Haberl 2002, Weisz et al. 2006) (viz dále).

Diagram 2: Socioekologický systém



Zdroj: upraveno dle Krausmann (2004)

Poznámka: Do lidmi vytvořeného systému vstupují toky energie a materiálů z přírodního prostředí (domácí environment) a z ostatních systémů (Export, Import). Agroekosystém je na pomezí přírodního a člověkem vytvořeného systému. Domácí extrakcí za pomoci fosilních zdrojů se odebírají zdroje a vstupují dále do ekonomického systému, kde po zpracování dále putují ven ze systému jako výstupy (odpady) do přírody, či zůstávají v systému jako spotřební suroviny (zde jídlo pro lidskou populaci). Chov hospodářských zvířat je považován za součást lidmi vytvořeného systému. Kategorie studované v předkládané práci jsou v diagramu 2 označeny šedivě.

Jako další analogii mezi biologickým a industriálním metabolismem uvádí Ayres a Simonis (1994) životní cykly či přírodní koloběhy jednotlivých prvků nebo vody, například

cyklus uhlíku, dusíku, síry, hydrologický cyklus atd. Cyklus materiálů může být obecně vizualizován ve smyslu systému oddílů obsahujících statky jednoho či více živin, spojených s určitými toky. Například v případě hydrologického cyklu ledovce, oceány, sladkovodní jezera a podzemní voda jsou statky, zatímco vodopády a řeky jsou toky. Systém je uzavřen v případě, že zde neexistují vnější zdroje nebo propady. Uzavřený systém se stává uzavřeným systémem, pokud je také zároveň v ustáleném stavu, v němž jsou zásoby v každém oddíle přinejmenším v průměru neměnné. To znamená, že vstupy materiálů by měly být vyrovnány (alespoň v průměru) s výstupy. V tomto směru je Země jako celek v podstatě uzavřeným systémem s výjimkou meteoritů (odhlédneme-li od neustálého přísunu sluneční energie, která celý systém pohání) (Ayres a Simonis 1994).

Pokud však podmínka vyrovnaných vstupů a výstupů není pro daný oddíl splněna, tak zásoba v jednom či ve více oddílech musí vzrůstat, zatímco zásoby v ostatních musí klesat, a systém pak není v rovnovážném stavu (Ayres a Simonis 1994). Hlavní rys, kterým se industriální metabolismus liší od přírodního metabolismu Země, je tedy skutečnost, že zatímco zmíněné přírodní cykly jsou *uzavřené*, industriální cykly jsou *otevřené*. Jinými slovy, industriální systém zpravidla nerecykluje své „živiny“. Industriální systém většinou odebírá z přírody vysoce kvalitní materiály (fosilní paliva, kovy) a navrácí je do přírody v degradované formě. Zatímco uzavřený systém toků může fungovat „neomezeně“ dlouho, pokud přetrvává vnější přísun energie, systém otevřený je ze své vlastní podstaty nestabilní a neudržitelný. Musí se buď stabilizovat, nebo zkolabovat na teplotní rovnovážný stav, ve kterém se všechny toky, tj. všechny fyzické a biologické procesy zastaví (Ayres a Simonis 1994).

1.1 Sociometabolické profily

Nabízí se otázka, zda lidstvo je ve svém dynamickém vývoji v globálním měřítku ve stavu zmíněné termodynamické rovnováhy či nikoliv. McNeill (2000) popisuje dvacáté století jako století expanze prakticky všech měřitelných společensko-ekonomických indikátorů od hrubého domácího produktu, populace po spotřebu energie a hmoty. S odkazem na něho argumentují Fischer-Kowalski a Haberl (2007), že v tomto kontextu jsme spíše uprostřed bouřlivého přechodu z jednoho stavu do druhého než ve stavu rovnovážném.

Již Odum (1973) předpovídal, že lidstvo by mělo z fáze růstu přejít do takzvaného rovnovážného stavu (angl. steady state economy). Podobně se ekonomikou, která není založená implicitně na růstu, zabývají také Daly (1977) či Costanza a Daly (1987) nebo Boulding (1985).

Přechod (angl. transition) z jednoho stavu společnosti do jiného probíhá v několika stupních: počáteční fáze (take-off phase), kdy je systém stále ve „statu quo“, ale jsou již

patrné známky destabilizace. Počáteční fáze je následována fází akcelerační (acceleration phase), během které se odehrávají rychlé změny. Dále následuje stabilizační fáze (stabilization phase), ve které se změny zpomalí a začíná „krystalizovat“ nový stav rovnováhy (Fischer-Kowalski a Haberl 2007). Podle výše uvedených závěrů se lidstvo nachází spíše v akcelerační fázi (Fischer-Kowalski a Haberl 2007).

V rámci vývoje otevřeného lidského systému, který je z hlediska 2. termodynamického zákona v dlouhodobé časové perspektivě neudržitelný (v současném způsobu fungování – angl. „business as usual“, pozn. P.K.) si Ayres a Simionis (1994 s. 7) pokládají pět zásadních otázek:

1. „Stabilizuje se industriální systém bez vnějších zásahů?
2. Pokud ano, kdy a v jaké konfiguraci?
3. Pokud ne, existuje nějaký stabilní stav (například pokud systém uzavře materiálové toky), krátkodobý nebo konečný, který by byl dosažitelný nějakým technologickým řešením?
4. Pokud ano, jakým řešením a jak drahé by bylo?
5. Pokud ne, kolik času máme, než nezvratné změny bio-geosféry učiní Zemi neobyvatelnou? Pokud se jedná o řádově miliardu let, nemusíme se strachovat. Pokud je to sto let, civilizace a dokonce i lidská rasa mohou být už v současnosti v hlubokých problémech“.

Kowalski a Haberl (2007) shromáždili řadu případových studií a výzkumných prací a zabývají se detailněji přechody z různých typů takzvaných metabolických profilů v čase a prostoru. Kromě záboru a využívání ploch, včetně jeho změn, a používáním materiálů je lidská společnost charakterizována využíváním energie. Energie je definována jako schopnost konat práci. Nejdůležitějším typem energie pro lidstvo je energie Slunce, dopadající na povrch planety Země ve formě světla. Tuto energii váží rostliny a přeměňují ji na energii chemickou, kterou využívají pro svou potřebu spolu se zvířaty, které se rostlinami živí. Mnoho lidských aktivit primárně závisí na sluneční energii, zejména zemědělství a lesnictví. Sluneční energie je také základem pro větrnou a vodní energii i ostatní typy energetických systémů – fosilní energie je v podstatě vázaná sluneční energií rostlinami před miliony let. V rámci proudění energie systémem funguje zákon o zachování hmoty a energie a druhý termodynamický zákon (Pimentel a Pimentel 1996).

Různá společenská uspořádání jak v průběhu vývoje v čase, tak i různá společenství na různých místech Země mohou mít různé druhy metabolismu (viz Box 1). Dokladem toho je rozdíl mezi vyspělými a méně rozvinutými zeměmi, například mezi Evropou či rovníkovou Afrikou. Detailnější studii globálního metabolismu publikoval Krausmann et al. (2009).

Analýzy z hlediska materiálových toků týkajících se Česka provedli kromě autorky této práce Ščasný et al. (2001) a Kovanda et al. (2009).

Společnost, v níž převažovalo/žuje zemědělství, zejména před průmyslovou revolucí, a společnost, která již dospěla do industriální fáze vývoje, mají různé vzorce toků energie skrz jejich výrobní systémy. Mají různý „metabolismus společnosti“ neboli „metabolický profil“ (Fischer-Kowalski a Haberl 2007).

Sieferle (2001) rozdělil společnosti do dvou hlavních skupin v závislosti na tom, jakým způsobem hospodaří s energií neboli jaký je jejich „energetický metabolismus“: tj. na společnosti závislé na sluneční energii a společnosti se systémem fosilní energie.

Lovci a sběrači pasivně využívají sluneční energii, to znamená, že jejich socioekonomický energetický metabolismus závisí na intenzitě slunečního záření a vázání jeho energie do rostlinné biomasy, přičemž oni sami do tohoto procesu nijak významně nezasahují. Tak musejí lovci a sběrači víceméně žít ze zdrojů, které najdou, a nemohou ani nakumulovat významnější množství hmoty ani vážně znečistit svoje životní prostředí. Jediným nebezpečím se může stát nadměrné odebrání klíčových zdrojů. Je zde například určitá pravděpodobnost, že lovci a sběrači v pleistocénu přispěli k vyhubení větších zvířat. Tento druh hospodaření (metabolismus) přetrvával na Zemi tisíce let, mnohem déle než naše současná společnost s průmyslovým způsobem hospodaření, které trvá asi 300 let.

Zemědělské společnosti dle Sieferleho (2001) aktivně využívají energii pomocí mechanických nástrojů a využíváním určitých rostlin zasahují do přirozeného procesu vstřebávání sluneční energie rostlinami. Kácení lesy, vytvářejí „agroekosystémy“ (lidmi přeměněné ekosystémy – zemědělské ekosystémy – pole, louky), pěstují nové druhy plodin a snaží se zbavit těch nepotřebných. Jejich základní strategií je ovládnout území (a tím vlastně rovněž odpovídající sluneční svit). V pokročilejších společnostech převádějí sluneční energii, která se vyskytuje na Zemi ve formě větru mechanickými prostředky (např. větrnými mlýny), další formu energie pomocí vodních mlýnů, hamrů atd.) na pohyb, jenž mohou lidé využít.

Současný *průmyslový model společnosti* a způsobů jejího hospodaření je založen na využívání fosilních paliv – tedy na vstupu energie zvenčí. Fosilní epocha se zdá být do budoucna omezena nejenom omezeným množstvím zdrojů, ale také tím, že uvádí do pohybu globální změny život podporujících systémů. Zdá se tedy, že se jedná o epochu přechodnou, protože z hlediska více než milion let trvající existence člověka na planetě Zemi znamená fosilní epocha pouze krátký okamžik. Éra závislosti na fosilních palivech bude jednou jako malé bliknutí v historii – okolo 400 let, nebo cca 0,1 procent času lidského pobytu na planetě (Pimentel a Pimentel 1996).

Box 1. Rozlišení dvou základních systémů hospodaření s energií různých společností dle tzv. různého „energetického profilu“

„METABOLISMUS LIDSKÉ SPOLEČNOSTI“

Z E M Ě Ď Ě L S K Á S P O L E Č N O S T

„**člověkem řízený systém sluneční energie**“ – energie je získávána z lidmi přeměněného /a kontrolovaného/ prostředí /pole, louka, les/, tzv. „**agro-ekosystému**“

Sluneční energie proto, že veškerá energie, kterou takto člověk získá, je **sluneční energie fixovaná fotosyntézou do rostlinných těl**. Lidé odebírají energii ve formě biomasy /potrava, krmivo pro dobytek/

Takový zemědělský systém **poskytuje více energie, než do něj člověk vkládá** /ve formě práce, hnojiva – v tomto případě přírodního/

P R Ů M Y S L O V Á S P O L E Č N O S T

„**systém fosilní energie**“ – *na rozdíl od předchozího systému, jehož přísun energie je závislý na biomase, tedy ploše, u tohoto systému hrají důležitou roli vstupy energie zvenčí – energie fosilních paliv, která nahrazuje lidskou práci a práci zvířat. Tento vnější vstup energie není omezen plochou. Říkáme, že se **odpoutává od půdy**.*

Zemědělský systém tohoto typu je **závislý na vnějších přísunech energie, které jsou vyšší než následné výstupy** – člověk „**dotuje**“ systém zvenčí.

Zdroj: upraveno dle Kowalski a Haberl (2007) a Sieferle (2001).

Kowalski a Haberl (2007) se soustředili na detailní studium přechodů ze zemědělského typu metabolických profilů do profilů industriálních. Hlavním sdělením jejich souboru článků a případových studií je závěr, že se vývoj lidské civilizace nachází stále v přechodné fázi, která má svoje počátky zhruba před tři sta lety. Regiony globálního Severu a globálního Jihu jsou však v jiných fázích.

V rámci studií vycházejících z konceptu sociálního metabolismu bylo provedeno již relativně mnoho výzkumů a stále se objevují na poli mezinárodní vědy nové práce. Na konkrétní publikace odkazují podle aktuálnosti tématu v souboru přiložených prací.

2. Metodologické rámce výzkumu interakce společnost-prostředí

2.1 Metoda výpočtu ekologické stopy

Ekologická stopa (ES) definované populace (jednotlivec, město, stát apod.) je celková plocha ekologicky produktivní země⁶ a vodní plochy využívaná výhradně k zajištění zdrojů a asimilaci odpadů produkovaných danou populací (většinou započítává pouze oxid uhličitý ze spalování), při používání běžných technologií. ES je vyjadřována v jednotkách plošné míry. (Wackernagel a Rees 1996, Wackernagel et al. 1999).

ES je založena na předpokladu, že můžeme kvantifikovat většinu zdrojů odebraných z přírody a následně spotřebovaných a že je možné odhadnout plochu, která byla potřeba k jejich vyprodukování. Každá lidská aktivita má dopady na přírodní prostředí ať se jedná o získávání zdrojů z prostředí či zpětné uvolňování odpadů, přičemž je každá položka spotřeby na svém začátku odebrána z plochy, která zdroje produkuje.

Lidské aktivity v hlubší minulosti většinou nepřekračovaly velikost území, na kterém dané společnosti žily. Aktivity a obživa byla určena nosnou kapacitou prostředí. Nosná kapacita je v klasických biologických vědách definována jako velikost populace, kterou je dané území schopno uživit neomezeně dlouho bez ztráty svých produkčních funkcí. V současné době však lokální nosná kapacita prostředí nehraje pro lidské aktivity zpravidla důležitou roli, protože zdroje, které nejsou lokálně k dispozici, se běžně dováží. Proto ekologická stopa převrací obvyklý význam pojmu nosné kapacity prostředí – stanovuje rozlohu území, která jedince či populaci živí, přičemž nároky na potřebnou plochu produktivní území sumarizuje bez ohledu na jakém místě planety se nachází. Výsledkem je plocha území, které nemusí splývat s domovským regionem a v mnoha případech je v důsledku zmíněného přemísťování ekologických statků rozptýlené v různých částech planety.

ES lze určit na nejrůznějších úrovních od ES jednotlivce, města a firmy přes národ až na globální úroveň. ES většinou vyjadřuje „momentku“ (snapshot) zpravidla pro jednotlivý rok, ale existují i práce, které obsahují výpočty pro časové řady (například Haberl et al. 2001 a Erb 2004).

Detailní popis výpočtu ES je zahrnut v metodických částech souboru jednotlivých studií, které tvoří součást této disertační práce. Zde jen ve stručnosti charakterizují princip výpočtu. Koncept ES je zaměřen hlavně na obnovitelné zdroje (s výjimkou fosilních paliv). Fosilní paliva se započítávají jako plocha rostoucího lesa potřebná ke vstřebání oxidu

⁶ Ekologicky (biologicky) produktivní země (produktivní půda) – areály s významnou rostlinnou nebo živočišnou produktivitou (produkcí na jednotku plochy); jejich součet pro určitou zemi dává její dostupnou ekologickou (biologickou) kapacitu.

uhlíčitého vzniklého při jejich spálení. Přepočítání neobnovitelných materiálů na plochu je vyjádřeno například velikostí zastavěné plochy, kam se dají případně započítat plochy dolů, kde se dané materiály těží. Jinak se neobnovitelné materiály započítávají jako tzv. vtělená energie (nutná na jejich získání, přepracování, přepravování atd.).

Výpočet ES je vícefázový proces. Prvním krokem je určení spotřebních složek a změření jejich množství. Dalším krokem je zjištění plochy potřebné k jejich produkci: u zemědělských plodin například pomocí výnosů z plochy – lokálních či globálních – podle použitého typu metodiky; u dřeva pak například pomocí ročního přírůstku na ploše. Specifickou částí je určení takzvané „energetické země“: jedná se, jak už bylo výše naznačeno, o plochu potřebnou pro vstřebání oxidu uhlíčitého uvolněného při spalování množství spotřebovaných energetických surovin, přesněji o plochu rostoucího lesa.

2.2 Analýza materiálových a energetických toků

Na základě výše popsaného teoretického konceptu sociálního metabolismu byly vytvořeny metodické postupy kvantifikace výměny materiálů mezi studovaným systémem a jeho prostředím, tj. tzv.: „Analýza materiálových a energetických toků“ (Material and Energy Flow Analysis – MEFA). Je důležité podotknout, že zmíněný nástroj nekvantifikuje pouze výměnu materiálů mezi studovaným systémem (například národní ekonomikou) a prostředím, ale též interakce s ostatními systémy (ekonomikami) pomocí kvantifikace objemů zahraničního obchodu. Analýza materiálových a energetických toků představuje nástroj, který kvantifikuje materiálové a energetické vstupy a výstupy do a z ekonomiky nejčastěji s použitím statistických dat pro jednotlivé ekonomiky zemí. V případě analýzy materiálových toků (MFA) jsou výsledky vyjadřovány v jednotkách hmotnosti, nejčastěji v tunách suché váhy (DM – dry matter) a analýza energetických toků (EFA) převádí sledované materiály na energetickou hodnotu, přesněji hrubé spalné teplo⁷ (Gross Calorific Value) (Haberl 1995), a je vyjadřována v Joulech (GJ, TJ, PJ). Lze říci, že analýza energetických toků vychází přímo z analýzy materiálových toků a je do jisté míry jejím vylepšením, protože zpravidla látky obsahující více energie mají následně i vyšší negativní dopady na životní prostředí (Haberl 2002).

Princip výpočtu je pro obě části MEFA totožný, rozdíl je pouze v tom, že do EFA není možné zahrnout materiály nepřeveditelné na energii (některé stavební materiály, písek, kámen atp.). Na druhou stranu je však možné v rámci EFA započítat i práci lidí, zvířat či

⁷ Hrubé spalné teplo (Gross Calorific Value) je množství tepla uvolněného při spalování jednotky dané substance. Hrubé spalné teplo předpokládá, že všechna voda během spálení z kondenzuje a zahrnuje rovněž energii na její kondenzaci.

strojů (v jednotkách energie). Kvantifikace práce se používá zejména při historických analýzách, které srovnávají preindustriální a industriální období a je vhodná rovněž například při studiu méně rozvinutých ekonomik, kde lidská a zvířecí práce stále hraje důležitou roli.

Na straně vstupů do ekonomiky jsou zahrnuty zdroje odebrané z přírody, jmenovitě se jedná o sklizeň a těžbu a ostatní vstupy, v případě analýzy na národní úrovni je to zejména dovoz. Metoda se na straně vstupů snaží rovněž kvantifikovat nepřímé a skryté toky spojené se zpracováním materiálů před dovozem do země či rozptýlené toky do prostředí při dopravě (emise) atd. Strana výstupů zahrnuje odpady a vývozy, rozdíl mezi vstupy a výstupy je takzvaný „čistý přírůstek zásob“ (Net Addition to Stock – NAS).

Hlavní indikátory materiálových a energetických toků:

- DE – Domestic Extraction – domácí extrakce (těžba a sklizeň či lov)
- DMI – Direct Material Input, DEI – Direct Energy Input – přímý materiálový (energetický) vstup

$$\text{DMI (DEI)} = \text{DE} + \text{Import}; [\text{tDM}, \text{J}]$$

- DMC – Domestic Material Consumption, DEC – Domestic Energetic Consumption, domácí materiálová (energetická) spotřeba

$$\text{DEC (DMC)} = \text{DE} + \text{Import} - \text{Export}; [\text{tDM}, \text{J}]$$

- TMR – Total Material Requirements, TER - Total Energetic Requirements – celkové materiálové (energetické) nároky

$$\text{TMR (TER)} = \text{DE} + \text{Import} + \text{neužitá těžba a sklizeň} + \text{nepřímé toky spojené s dovozem}; [\text{tDM}, \text{J}]$$

3. Cíle, vstupní předpoklady a závěry souboru prací

3.1 Seznam prací

I) KUŠKOVÁ, P. (2008): Od lovce sběrače k industriálnímu metabolismu. *Klaudyán – internetový časopis pro historickou geografii a environmentální dějiny*. 5, č. 2, s. 73–84.

II) KUŠKOVÁ, P. (2009): The long term industrial transformation study for the territory of Czechoslovakia. In: Malhotra, G.(ed.): *Environmental Growth. A Global Perspective*. Macmillan Publishers India Ltd., New Delhi, s. 202–215.

III) LUSTIGOVÁ, L., KUŠKOVÁ, P. (2006): Ecological footprint in the organic farming system. *Agricultural Economics (CZ)*, 52, č. 11, s. 503–509.

IV) KUŠKOVÁ, P. (2008): Social metabolism within the Czechoslovak territory from a historical perspective – energy flow analysis. In: Szabó, P. and Hédli, R. (eds): *Human Nature: Studies in Historical Ecology and Environmental History*. Institute of Botany of the ASCR, Brno, s. 74–85.

V) KUŠKOVÁ, P., GINGRICH, S., and KRAUSMANN, F. (2008): Long term changes in social metabolism and land use in Czechoslovakia, 1830–2000: An energy transition under changing political regimes. *Ecological Economics*, 68, č. 1-2, s. 394–407.

VI) KUŠKOVÁ, P. (2009): A case study of the Czech agriculture since 1918 from the social metabolic perspective – from land reform through nationalisation to privatisation. *Land Use Policy*, v recenzním řízení.

VII) GINGRICH, S., KUŠKOVÁ, P., STEINBERGER, J. K. (2010): Long-term changes in CO₂ - emissions in Austria and Czechoslovakia - identifying the drivers of environmental pressures. *Energy Policy*, v tisku.

Předkládanou disertační práci tvoří sedm článků, z toho pět publikovaných (I – V), jeden v tisku (VII) a jeden v recenzním řízení (VI). Články II a IV jsou částmi odborných knih, ostatní jsou články odborných časopisů.

3.2 Základní předpoklady práce

Na českém, resp. československém území se v historii udála řada důležitých „zlomů“, které měly významný dopad na sociální a ekonomický systém a na životní prostředí. Území Československa je z hlediska socioekonomického metabolismu zajímavé pro měnící se druhy ekonomických systémů, neboť po roce 1918 nově se formující nástupnický stát Rakouska-Uherska, jehož bylo průmyslovou základnou, reprezentoval vysoce industrializovanou evropskou demokratickou zemi. V období komunismu (1948–1989) bylo Československo centrálně plánovanou a řízenou ekonomikou, od revoluce v roce 1989 prošlo prudkou transformací ke kapitalismu a integraci do EU. Biofyzikální aspekty hospodářství závisejí na těchto znacích. Mohou se chovat v rámci prudkých změn různě v závislosti na vyšší, tj. evropské až globální, situaci.

Cíle práce

Práce zkoumá, jak se tento dynamický a diskontinuální vývoj socioekonomických a politických podmínek promítal v biofyzikálních vztazích mezi společností a přírodou. V centru zájmu výzkumu je měnící se vztah mezi využitím území, socioekonomickým metabolismem a populací.

Výzkumné otázky

- Jak se měnilo využívání domácích zdrojů a proč? Jak se vyvíjelo odebírání biomasy a fosilních minerálů během studovaného časového období a které trendy byly hlavní vzhledem k jednotlivým kategoriím biomasy/energie?
- Jak se vyvíjely fyzické vztahy k ostatním ekonomikám? Jak se vyvíjely dovozy a vývozy biomasy, fosilních paliv a elektrické energie a které faktory tento vývoj ovlivňovaly?
- Jak se měnila struktura pracovních sil a co ji způsobovalo? (Podíl pracujících v průmyslu versus pracujících v zemědělství.) Jak se změnily demografické charakteristiky společností?
- Jak byly změny biofyzikálních vlastností hospodářství vázány na změny ve společnosti? Jaké jsou důležité faktory změn (politické změny, vývoj nových technologií, změny v sociální struktuře, rozdíly mezi centrálně plánovanou ekonomikou a ostatními systémy a proč?)
- Jak se systém na zmíněném území vyvíjel s ohledem na energetické aspekty metabolismu?

3.3 Komentář k předkládaným pracím

I) KUŠKOVÁ, P. (2008): Od lovce sběrače k industriálnímu metabolismu. Klaudyán – internetový časopis pro historickou geografii a environmentální dějiny. Ročník 5, č. 2. s. 73–84.

První článek tvoří logický úvod k následujícím pracím, které spadají do výše charakterizovaného teoretického rámce sociálního metabolismu, zejména jeho energetických profilů. Staví na zjištěných pracích čelných environmentálních historiků, jako jsou například Donald Worster, John McNeill, Rolf Peter Sieferle, Ester Boserup či Verena Winiwarter. Článek shrnuje vývoj lidstva od neolitické revoluce do současnosti z pohledu energetického a sociálního metabolismu, růstu bohatství, rozvoje civilizace a diskutuje její vliv na přírodu. Do rámce světového přehledu jsou zasazeny některé dobové realie Česka a z pohledu environmentálních dějin je zde komentován vývoj jeho regionu ve světových dějinných souvislostech. Článek zejména diskutuje energetický přechod způsobený průmyslovou revolucí a otevírá prostor pro další analýzy našeho území, které zkoumají metabolický profil Česka po této fundamentální transformaci (viz další práce z předkládaného souboru).

Počátek průmyslové revoluce můžeme hledat v Anglii na konci 18. století, odkud se postupně šířila po celém světě, zejména v Evropě a Severní Americe. Průmyslová revoluce⁸ byla nejdůležitějším faktorem, který přeměnil geografickou organizaci ekonomických aktivit člověka jejich odpoutáním od přírodních stanovišť energie (parní stroj) a surovin, a s tím i společenských struktur (vznik továren a proces urbanizace), formoval rovněž světovou politiku po roce 1800. Kapitalistická reorganizace společnosti po revoluci 1848/49 učinila pracovní síly tržním zbožím, umožnila rozvoj tržní ekonomiky podporovaný tzv. revolucí v dopravě, přinesla revoluční změny ve využití území, srovnatelné s neolitickou revolucí, tzv. „great transformation“. Výše uvedené změny byly uvedeny do pohybu pomocí nových technologií a systémů ekonomické organizace, které dovolily lidem daleko větší a efektivnější využívání energie.

Průmyslová revoluce úzce souvisela s růstem bohatství a tím umožnila růst dalšího objemu spotřebovávání přírodních zdrojů a intenzifikaci zemědělství. Například v Česku vzrostl HDP od roku 1820 do roku 1850 o polovinu. V roce 1900 už bylo na více než

⁸ Průmyslová revoluce byla klíčovou technologickou, sociálně-ekonomickou a kulturní změnou v případě Evropy na konci 18. a prvních dvou třetinách 19. století. Začala v Británii a šířila se po celém světě. V průběhu času byla ekonomika založená na manuální/manufakturní práci nahrazena průmyslovou - strojní - výrobou. Zavedení parní energie (vytvářené spalováním převážně uhlí) a poháněnými strojními zařízeními (hlavně ve výrobě textilu) umožnilo dramatické zvyšování výkonnosti podniků. Vývoj všech kovových nástrojů v prvních dvou desetiletích 19. století usnadnil výrobu více strojů výroby pro zhotovení v jiných průmyslech. Začala rovněž "reorganizovat" krajinu, dislokaci výroby, parním strojem osvobozené od alokace energie a surovin.

trojnásobné hodnotě roku 1820 a v roce 1910 na čtyřnásobné. Mezi světovými válkami HDP vzrostl na více než šestinásobek této hodnoty. Po druhé světové válce začala hodnota HDP někde na čtyřnásobku hodnoty z roku 1820, následoval strmý růst zejména mezi 60. a 80. léty, kdy se hodnoty pohybovaly již na desetinásobku. V současné době se pohybuje někde mezi deseti a patnáctinásobkem hodnoty z roku 1820, tedy z doby před průmyslovou revolucí. Populace v Česku dosahovala v roce 1820 něco přes 5 miliónů. V roce 1850 už vzrostla na téměř 7 miliónů a na počátku 20. století již přesáhla 9 miliónů (ČSÚ 2010). Jak zmíněná data souvisejí s vývojem sociálního metabolismu, bude patrné z následujícího textu týkajícího se ostatních předložených prací.

II) KUŠKOVÁ, P. (2009): The long term industrial transformation study for the territory of Czechoslovakia. In: MALHOTRA, G. (ed.), (2009): Environmental Growth. A Global Perspicive. Macmillan Publishers India Ltd., New Delhi, s. 202–215.

Studie analyzuje území Česka, resp. Československa z hlediska materiálových toků a ekologické stopy. Práce čerpá z databáze, kterou jsem kompilovala z různých statistických zdrojů, a obsahuje data o zemědělské produkci, produkci fosilních zdrojů, dovozů a vývozu, využití území a populace v období let 1918–2000. Ze zmíněných dat jsou dále vypočteny indikátory „*domácí materiálové spotřeby*“, „*domácího materiálového vstupu*“, „*domácí extrakce*“, „*domácí energetické spotřeby*“, „*domácího energetického vstupu*“, všechny v absolutních jednotkách a v hodnotách na osobu. Druhá část článku obsahuje výpočet ekologické stopy pomocí tří metod vyvinutých v pracích Wackernagela a Reese (1996), Wackernagela et al. (1999), Haberla et al. (2001) a Erba (2004). Studie analyzuje projevy pozdní industrializace v energetických a materiálových tocích a záboru plochy (ekologická stopa). Je důležité zdůraznit, že s rozvojem zahraničního obchodu jsou části ekologické stopy rozmístěné po celé planetě, a tudíž konečný výsledek tyto složky sumarizuje.

Podstatné mj. je, že závěry zjištěné pomocí metody analýzy materiálových toků korespondují s výsledky analýzy ekologické stopy. Hodnoty sledovaných indikátorů vyvrcholily během sedmdesátých a osmdesátých let. Přestože tři různé metody výpočtu ekologické stopy přinesly různé výsledky, ze všech vyplývá, že ekologická stopa Československa byla po celé sledované období větší než dostupná ekologická kapacita. „Přestřelení“ únosné kapacity prostředí bylo pro všechny metody zhruba stejné ve všech časových průřezech. Silná závislost Československého hospodářství na uhlí se samozřejmě promítla ve velké ekologické stopě energie. Během studovaného období vzrostla energetická složka ze 40 % na 80 % z celkové ekologické stopy. Podobně jako u materiálových toků mělo maximální ekologickou stopu československé hospodářství v 80. letech.

Z výše uvedených závěrů je patrné, že čerpání zdrojů probíhalo v celém období (snad jen vyjma dočasného propadu na počátku devadesátých let) neudržitelně. Přístup sledování časových řad dovoluje sledovat velmi důležitou charakteristiku, kterou je trend vývoje. To znamená ne jen případné dočasné „překročení“ limitů, ale rovněž pravděpodobný budoucí vývoj, což by mělo vyslat důležité signály rozhodovací sféře.

III) LUSTIGOVÁ, L., KUŠKOVÁ, P. (2006): Ecological footprint in the organic farming system. *Agricultural Economics (CZ)* 52, č. 11, s. 503–509.

Ve třetí práci aplikuji metodu ekologické stopy na specifické podmínky konkrétní zemědělské farmy, která drží certifikát ekologického zemědělství. Ekologická stopa (jedince, města, státu) je plocha potřebná k produkci materiálů a vstřebání vzniklých odpadů dané analyzované jednotky. Ekologicky šetrné zemědělství nepoužívá chemické látky, jako jsou například pesticidy a umělá hnojiva. V rámci výzkumu jsme se spoluautorkou získaly data od ekologického zemědělce z Budyně nad Ohří a z nich vypočetly potřebnou plochu pro pěstování jednoho hektaru pšenice ekologickým způsobem. Jak již bylo vysvětleno v metodické části, konečný výsledek ekologické stopy zahrnuje nejen plochu konkrétně využitou pro pěstování, ale rovněž pro vstřebání plynů vzniklých při spalování fosilních paliv spotřebovaných při pracích na polích, dále energetickou potřebu zemědělců (jídlo). Výpočet jsme nadále srovnaly s konvenčním způsobem pěstování pšenice, pro které byla dostupná tabulková data (například o spotřebě paliva na hektar obhospodařované půdy atd.). Naše výsledky jsme poté diskutovaly s výsledky několika zahraničních analýz, které rovněž srovnávaly ekologické a konvenční zemědělství.

Pro výpočty ekologické stopy obecně platí, že teoreticky je ekologické zemědělství náročnější na plochu, ale tento nedostatek je způsoben nedokonalostí metodiky ekologické stopy. Jedním z cílů práce bylo použít indikátor tak, aby nezkrusoval skutečnost. Ekologické zemědělství má kromě produkční funkce velmi důležitou roli ochrany krajiny. Tudíž pokud hektar obhospodařovaný ekologickým způsobem srovnáme s hektarem obhospodařovaným konvenčním způsobem, jednoznačně příznivější výsledky jsou na straně ekologického zemědělství.

Je samozřejmě nutné zohlednit geografickou polohu farmy, reliéf a podnebí, ale vesměs se potvrdilo, že ekologické hospodaření je několikanásobně šetrnější než konvenční, a tento rozdíl je nadto významný.

IV) KUŠKOVÁ, P. (2008): Social metabolism within the Czechoslovak territory from a historical perspective – energy flow analysis. In: Szabó, P. and Hédli, R. (eds.) (2008): Human Nature: Studies in Historical Ecology and Environmental History. Institute of Botany of the ASCR. Brno. 74–85.

Ve čtvrtém článku dále rozšiřuji téma zpracované poprvé v článku II, resp. prakticky vyjadřuji již všechny vybrané indikátory v jednotkách energie (PJ). Zabývám se rovněž vedle domácí extrakce (DE), domácího energetického vstupu (DEI) a fyzickým saldem obchodní bilance (vyjádřené rovněž v PJ). Práce se rovněž detailněji zabývá využitím území a snaží se navázat a doplnit práci LUCC týmu z PřFUK (Bičík et al. 2001, Jeleček 1995, Bičík a Jančák 2005).

Intenzifikace zemědělství společně se skutečností, že Československo bylo historicky hospodářstvím silně zaměřeným na těžbu uhlí a těžký průmysl se rovněž odrazila v tocích materiálů a energie. Zatímco extrakce biomasy dosáhla předválečných hodnot v pozdních šedesátých letech, náročnost ekonomiky na spotřebu fosilních paliv rostla bezprecedentně po celé období. Veškeré sledované indikátory materiálových a energetických toků zaznamenaly po roce 1989 dramatický pokles zejména v souvislosti s kolapsem východních trhů, útlumu těžkého průmyslu a restrukturalizaci celé ekonomiky. Časová řada bohužel nedovoluje zjistit, jaký vývoj lze předpokládat v dalších letech, ale s největší pravděpodobností některé indikátory dále porostou (zde by bylo zajímavé dále sledovat energetický profil metabolismu například pro období 2000–2020).

Socioekonomický metabolismus je silně svázán se situací politickou a ekonomickou. V případě Československa jsme během období takzvaného budování socialismu od 2. světové války a v plné síle od roku 1948 až do konce 80. let 20. stol. svědky extrémního růstu domácí energetické spotřeby zejména díky těžbě uhlí a dovozům ropy a zemního plynu, kteréžto suroviny potřeboval rozvíjející se těžký průmysl a zemědělská intenzifikace. Růst energetických toků a zemědělských výnosů byl doprovázen úbytkem rozlohy zemědělské půdy a růstem rozlohy zastavěných území a ploch klasifikovaných jako „ostatní“.

Z příkladu metabolismu Československa se zdá, že méně energeticky a materiálově náročná období se vyskytují pouze ve fázích ekonomického útlumu či krizí (ekonomických či politických) a prosperující období jsou spojena s exploatací přírodních zdrojů. Zjednodušeně řečeno se jeví, že v konvenčních podmínkách ekonomiky, která staví na růstu, pojem „ekonomická efektivita“ na jedné straně kontrastuje s neudržitelnou exploatací přírodních zdrojů na straně druhé. Tato hypotéza nabízí otázku, jak jsou tyto fáze exploatace a stagnace provázány, jak silnou roli hrají vnitřní a vnější politické vlivy. Jak už zmiňuje Fischer-Kowaski a Haberl (2007 s. 3) přechody mezi jednotlivými fázemi probíhají spíše chaoticky. Jinou otázkou je, jak má lidská společnost či ekonomický systém vypadat, aby

bylo dosaženo udržitelnosti využívání zdrojů rovněž v „ekonomicky prosperujících“ obdobích, resp. za udržení určitých standardů životní úrovně obyvatel.

V) KUŠKOVÁ, P., GINGRICH, S., KRAUSMANN, F. (2008): Long term changes in social metabolism and land use in Czechoslovakia, 1830–2000: An energy transition under changing political regimes. *Ecological Economics*, Volume 68, Issues 1–2, 1 December 2008, s. 394–407.

Pátá práce prezentuje výsledky spolupráce s Rakouským institutem IFF Social Ecology ve Vídni⁹, konkrétně s jeho výzkumníky Simone Gingrich a Fridolínem Krausmannem. V rámci této spolupráce jsme spojili dvě databáze: pro Česko za období 1830–1914 (kterou zpracovala Simone Gingrich) s již výše zmíněnou databází pro léta 1918–2000 a vypočetli zde prezentované indikátory. Práce tak zahrnuje období 170 let dlouhého vývoje. Databáze „Long term changes in social metabolism and land use in Czechoslovakia 1830–2002: An energy transition under changing political regimes“ je dostupná na internetu na adrese: <http://www.uni-klu.ac.at/socec/inhalt/2608.htm> a rovněž na stránkách provozovaných českou výzkumnou skupinou změn land use <http://lucc.ic.cz/>.

Během období 170 let, které jsou zkoumány v rámci této práce, prodělalo Československo/Česko zásadní změnu vzorce sociálního metabolismu. Pozorovaný vývoj připomíná jednu z hlavních charakteristik přechodu od zemědělského na industriální hospodářství, který umožnil překonat omezení či limity dané přírodním prostředím růstu, tj. limity dané tzv. solárním energetickým systémem zemědělského uspořádání (více na toto téma např. Sieferle et al. 2006; Krausmann et al. 2008).

Můžeme zde rozlišit dvě hlavní období, obě charakterizovaná jak významnou změnou v zemědělské produkci, tak změnou v energetickém systému. Počáteční období, kdy byly české země součástí Rakousko-Uherské monarchie, se vyznačovalo rozšiřujícím se využíváním zdrojů uhlí, které umožnily intenzivní využívání nové formy energie. Během této periody výrazně vzrostla populace, s čímž bylo spojeno intenzivnější využívání území. Spotřeba energie na osobu však rostla pouze omezeně. Tento vývoj byl podobný ostatním zemím v rámci monarchie a některým ekonomikám s opožděnějším vývojem, než byl např. ve Velké Británii (srov. např. Krausmann a Haberl 2007).

V období po druhé světové válce naopak rostla u nás spotřeba energie na osobu v rámci „budování socialismu“. V kontrastu se západoevropskými zeměmi zůstalo po dlouhou dobu hlavním energetickým zdrojem uhlí, zatímco rostoucí dovozy ropy a zemního

⁹ Department of Social Ecology, Faculty for Interdisciplinary Studies of Austrian Universities (IFF)

plynu změnil energetický systém a podpořily zemědělskou produkci produkcí umělých hnojiv.

Sametová revoluce a následný přechod k tržní ekonomice v posledním desetiletí dvacátého století způsobily bod obratu a zesílení již probíhajících změn v energetickém systému: ekonomická restrukturalizace přizpůsobila energetický systém, objem a strukturu sociálního metabolismu typu metabolismu západoevropských zemí a vyústila ke srovnatelnému profilu (v našem případě ve srovnání s Rakouskem).

VI) KUŠKOVÁ, P. (2009): A case study of the Czech agriculture since 1918 from the social metabolic perspective – from land reform through nationalisation to privatisation. Land Use Policy, v recenzním řízení.

Šestá práce se věnuje analýze vývoje českého zemědělství z pohledu sociálního metabolismu. Je založena na základních výzkumných otázkách, tj. jak ovlivnily z biofyzikální perspektivy zemědělskou soustavu zejména hlavní strukturální změny, jakými byly kolektivizace po 2. světové válce a privatizace po roce 1989, a zároveň studuje trendy vývoje vybraných ukazatelů v obdobích mezi těmito daty. Indikátory, jimiž je vývoj charakterizován a analyzován, jsou energetický vstup do zemědělské soustavy, mechanická práce traktorů, lidská a zvířecí práce a domácí extrakce biomasy reprezentovaná v jednotkách energie (Jouly). Zmíněné indikátory jsou vztaženy k dlouhodobému vývoji pracovních sil v zemědělské soustavě a rovněž k využití území.

Podobně jako podle výsledků předchozích prací dosahují maximálních hodnot v 80. letech a po roce 1989 nastává prudký pokles. Například vstup energie z fosilních paliv do zemědělství dosahoval zhruba desetiny zemědělské sklizně. Vztáhneme-li tuto hodnotu na plochu produktivní půdy a započítáme rovněž energii potřebnou na výrobu hnojiv, vzrostl energetický vstup od 60. do 80. let pětkrát; po roce 1990 začal prudce klesat. Stejný trend se projevil i u sklizně zemědělských plodin a počtu chovaných zvířat. Práce traktorů vzrostla během studovaného období čtrnáctkrát, zatímco práce koní a jiných hospodářských zvířat vymizela úplně (přitom na počátku se vyrovnala práci traktorů). Lidská práce klesla na polovinu. Ruku v ruce s mechanizací šla chemizace, což umožnilo nevídaný růst výnosů. Během pětaticeti let (1955–1990) se výnosy zdvojnásobily, což však bylo doprovázeno růstem používání umělých hnojiv přibližně třináctkrát větším než na počátku tohoto časového intervalu.

Zkoumané osmdesátileté období vývoje českého zemědělství bylo obdobím četných politických změn a především změn politických režimů, což se promítlo také do energetického profilu metabolismu této soustavy, a zejména pak v nadměrné dopady na

životní prostředí během tzv. komunismu. Jako červená nit se celým obdobím táhne pokles rozlohy zemědělské půdy, který je v současnosti ještě zesílen, jednak protože za komunistického režimu podléhala zemědělská půda ochraně, která je nyní značně menší, jednak trvalým poklesem objemu produkce (konkurencí více dotované produkce v EU a jinde), nedostatkem kapitálu, což nutí k jeho (ekonomicky logickému) investování do relativně úrodnějších půd. Během těchto zásadních změn „ztratilo“ zemědělství značný počet pracovníků, kteří šli zejména do průmyslové výroby aj. odvětví. Nejednalo se ovšem jen o zemědělce, ale rovněž o značný počet pracovníků v tzv. přidružených výrobních družstev, které měly průmyslový charakter. Navzdory masivní industrializaci a modernizaci nebylo Česko z pohledu sociálního metabolismu nikdy potravinově soběstačné, i když zdánlivě disponovalo mnoha přebytky. Tehdy danými vysokými stavy dobytka, jejichž udržování záviselo na relativně vysokém objemu dovozu krmiv, hlavně obilovin, dnes růstem dovozu sóji, i když stavy skotu a prasat jsou nyní poloviční. Převažovala konzumace vepřového masa (produkovaného krmením obilovinami a brambory) nad masem hovězím, a nebyla proto tak důležitá pastva. Rovněž spotřeba obilnin obyvatelstvem je nadprůměrná ve srovnání s Evropou, tudíž energetická efektivita českého zemědělství v této oblasti nebyla příliš vysoká. Toto potvrzuje rovněž odborná literatura, kdy dle Houšky (1971) intenzifikace výroby nikdy nevyrovnala ztráty zemědělské půdy. Dnes se spotřeba potravin kryje rostoucí měrou dovozy.

Rychlé změny politického systému po roce 1945/1948, které si následně vynutily kapitálovou reorganizaci zemědělství a změnu struktury výroby, měly do jisté míry destruktivní vliv. Například po 2. světové válce se úroveň zemědělské produkce dostala na hodnoty ze 30. let až v polovině let 60., a to i přes to, že za války nebyla zemědělská soustava zničena tak, jako v sousedních zemích. Kolektivizace pak zanechala negativní stopy až do současnosti (dopady na krajinu v souvislosti se scelováním polí, melioracemi, masivní chemizací a dále sociální dopady jako rozpad tradičních společenství).

Nejintenzivnější ve smyslu produkce a energetických vstupů bylo v historii období sedmdesátých a osmdesátých let, což však bylo převáženo negativními dopady na životní prostředí.

Jak už bylo zdůrazněno výše, metabolismus českého území a tím i českého zemědělství ve zmíněném období úplně přešel z formy ještě z určité části závislé na solárním systému a vázané na produktivní plochu (práce zvířat krmených biomasou) do formy závislé na vstupech fosilní energie, a tudíž nezávislé na ploše produktivní půdy. Tato nová forma organizace zemědělské výroby může být charakterizována otevřenými cykly toků živin a energie, zatímco forma vázaná na plochu byla prakticky uzavřená (tento přechod nebyl samozřejmě umožněn pouze vstupem fosilní energie, ale rovněž růstem agronomických a agrotechnických znalostí a moderních technologií).

V současnosti není prioritou české politiky zajistit spotřebu potravin v co nejvyšší míře z vlastní produkce, a proto je konkurenceschopnost zemědělství vystavena více dotovaným a tím levnějším produktům z dovozu, což má další jisté negativní dopady na životní prostředí ve formě exhalací produkovaných při dopravě. Trvale však klesá výměra orné půdy zejména ve svažitých oblastech, obecně méně úrodných, což má pozitivní environmentální vliv na venkovskou krajinu. Cyklus energie a živin je nyní otevřen nejvíce v historii. Mění se role zemědělství umožňuje stále více prosazovat další zástavbu dokonce i na neúrodnější zemědělské půdě, což je z dlouhodobé perspektivy neudržitelné.

VII) GINGRICH, S., KUŠKOVÁ, P., STEINBERGER, J.K. (2010): Long-term changes in CO₂-emissions in Austria and Czechoslovakia – identifying the drivers of environmental pressures. Energy Policy, v tisku.

Sedmá studie vznikla spoluprací se Simone Gingrich a Julií Steinberger z IFF Social Ecology ve Vídni¹⁰. Zkoumá historický vývoj produkce emisí skleníkového plynu oxidu uhličitého (CO₂) v Rakousku a bývalém Československu, srovnává je a identifikuje jejich hlavní zdroje a hybné síly změn v jejich produkci. Konkrétně je studováno období od roku 1830 do roku 2000. V jejím rámci jsem zpracovala časové řady dat pro bývalé Československo (spotřebu energie v průmyslu jako podklad pro výpočet emisí CO₂, a ostatní data týkající se našeho území) a podílela se na teoretické a explanační části studie. Díky zpracování dat kolegyní Steinberger pomocí dekompoziční analýzy a Kaya identity¹¹ jsme mohly dále interpretovat hlavní hybné síly produkce emisí a roli ekonomické struktury. Československo bylo velkým producentem oxidu uhličitého po celou studovanou dobu, ale emise přepočtené na osobu se významně lišily pouze po první světové válce, kdy se Československo a Rakousko staly samostatnými státy. Rozdíl v množství vypouštěných emisí rostl během komunismu v bývalém Československu do poloviny osmdesátých let, což vysvětluje nízká energetická účinnost a vyšší průmyslová produkce. Vyvažujícím faktorem byly v Rakousku růst příjmů a vyšší spotřeba domácností. Po roce 1989 emise v Československu poklesly a vliv průmyslové produkce na vývoj emisí skleníkových plynů ztratil svůj předchozí zásadní význam.

Celkově lze rozdělit srovnání vývoje produkce emisí oxidu uhličitého v bývalém Československu a v Rakousku do čtyř hlavních období či fází. V první fázi, v období industrializace monarchie rostly, emise oxidu uhličitého pomalu a velmi podobně v Rakousku

¹⁰ Department of Social Ecology, Faculty for Interdisciplinary Studies of Austrian Universities (IFF)

¹¹ Kaya identity je analytická metoda používaná při ohodnocení hlavních hybných sil produkce emisí skleníkových plynů (používaná hlavně Mezinárodním panelem pro klimatické změny – Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)).

i Česku, dřevo bylo postupně nahrazováno uhlím. S rozpadem monarchie se objevují v emisích rozdíly, a to v souvislosti se skutečností, že Rakousko přestalo být součástí větší ekonomické jednotky, v rámci níž používalo uhlí těžené mimo své území. Třetí období po 2. světové válce je charakteristické rostoucími rozdíly v emisích CO₂, které jsou ovlivněny hlavně efektivitou průmyslu a skladbou využívaných energetických zdrojů. Ukázalo se, že energetická účinnost nehraje tak důležitou roli, jak se předpokládalo, ale že rozhodující je spíše struktura průmyslové výroby. Na druhé straně v Rakousku v protíváze rostla spotřeba obyvatel. Po roce 1989 se úrovně emisí v obou zemích přiblížily na podobnou hladinu; v Československu prudce poklesla spotřeba uhlí a hlavním faktorem ovlivňujícím emise se stal ekonomický růst (HDP). Trend vývoje, kdy po 2. světové válce emise CO₂ rostly a na konci dvacátého století se stabilizovaly, byl pozorován i v jiných evropských zemích, jak dokládají v článku citované studie, a zdá se, že obecně doprovází industrializaci jako takovou.

I přes rozdílný politický a ekonomický vývoj dosáhly Československo (po rozpadu jeho území) i Rakousko na konci 20. století podobné úrovně produkovaných emisí CO₂ na osobu. Ani rakouská „ekoefektivita“ ani československá/česká restrukturalizace nebyly účinné v redukci skleníkových plynů na udržitelnou úroveň.

4. Závěr

Na závěr můžeme konstatovat, že české, resp. československé území je vhodným objektem výzkumu vzhledem k jeho charakteru i historii. Sociometabolický profil a politická a ekonomická uspořádání jsou úzce spjata. Česko, resp. Československo je vhodným objektem nejen v souvislosti s ostrými historickými přechody mezi různými politickými a ekonomickými uspořádáními (tedy časovou dimenzí), ale obecně také v souvislosti s přítomností bohatých zdrojů uhlí, které hrály klíčovou roli v přechodu od zemědělského metabolického profilu k profilu průmyslovému. Na jedné straně je ve srovnání se západoevropskými zeměmi, pro které byly podobné analýzy vytvořeny, jeho politicko-ekonomický vývoj specifický, na druhé straně se ukazuje, že s drobnými rozdíly se vývoj z hlediska metabolismu (poháněný modernizací, industrializací a vědeckotechnickým rozvojem) s ostatními vyspělými státy Evropy do určité míry podobá. Konkrétně v našem případě při srovnání s Rakouskem se trendy lišily zejména během socialismu a po roce 1989 se opět profily obou zemí přiblížily. Pro východní Evropu, resp. země tehdejšího sovětského bloku bohužel zatím dostatek analýz neexistuje, proto předkládaný soubor prací může sloužit rovněž jako případová studie pro země s komunistickou minulostí.

Každý způsob poznání je do jisté míry omezený, a proto je v našem případě důležitější analyzovat a interpretovat spíše než absolutní hodnoty trendy či relativní hodnoty a srovnání v rámci ostatních poznatků. Nicméně ukazuje se, že vývoj našeho území z hlediska vztahu k přírodnímu prostředí neprobíhá udržitelně, zejména v souvislosti s otevíráním cyklů energie a materiálů, což může přinést negativní důsledky v budoucnosti (úbytek orné půdy v souvislosti s jejím zastavováním, růst spotřeby energie, dovoz výrobků z velkých dálek).

Analýzy založené na biofyzikálních přístupech jsou ze své podstaty redukcionistické (tvorba konkrétních indikátorů, viz např. Gasparatos et al. 2009). Je však možné kombinací různých indikátorů a jejich vazeb na ostatní socioekonomické prvky (využití území, politické změny) se pokoušet o holistický přístup poznání a interpretace. Zde se jeví jako ideální platforma geografický přístup, zejména sociální geografie. Vzhledem k časové dimenzi sociálního metabolismu je ovšem také vhodný přístup historický, přesněji historickogeografický. Je tedy na místě, položit si otázky, do jaké míry komplexní systémy (socio-ekonomické a socio-ekologické) fungují v příčinných souvislostech, jak silný vliv mají na jejich vývoj vnitřní a vnější politicko-ekonomické faktory a do jaké míry je jejich chování popsatelné a odhadnutelné do budoucnosti. V rámci zkoumaných časových horizontů se však ukázalo, že rychlé změny (v našem případě zejména politické) způsobí pouze dočasné změny a v horizontu dekády či dvou se systém vrátí z hlediska sociálního metabolismu do podoby před přelomem. Na případu vývoje československé ekonomiky v 70.– 80. letech 20. století byl dále rovněž patrný jistý podíl setrvačnosti (vybrané indikátory v 80. letech stále rostly, i když ve společnosti již probíhala ekonomická i politická krize, následné politické změny se pak jeví jako logické vyústění předchozí situace).

Interpretačním rámcem těchto procesů se zabývají zejména environmentální dějiny, které mohou na základě zde prezentovaných výsledků rozšířit analýzu a danou problematiku o dějinný výklad. Zejména v souvislosti s dopadem lidského chování na přírodu či o interpretaci v rámci hodnotového nastavení společnosti v aktuální době na konkrétním místě. Zdá se, že spolu se změnou paradigmatu ve vědě je jedinou cestou k udržitelnému vývoji i změna současného fungování ekonomického a tím i společenského, sociálního systému. Tato změna by měla být především kvalitativní.

Studium interakcí mezi lidským a přírodním systémem má posloužit jako podklad pro rozhodovací sféru. O tom svědčí i publikace vydané Evropským statistickým úřadem (Eurostat 2001, Eurostat 2007, ETC-WMF 2003) nebo jiné, zabývající se studiem možného alternativního fungování ekonomiky. Např. Daly (1995), který navrhuje místo růstu tzv. „steady state economy“, tedy ekonomiku v rovnovážném stavu, či Holling (2001), který analyzuje komplexitu ekonomických, sociálních a ekologických jevů.

Předkládané výsledky a výsledky mého výzkumu by v tomto teoretickém rámci měly být především využitelné jako podklady pro další analýzy a rozhodování decisivní sféry při řízení společnosti jak na národní, tak na regionální úrovni. Zde je opět na místě zmínit sociální geografii a regionální rozvoj jako disciplíny, které s daným tématem souvisejí, nebo by se dalo i říci, že na sebe navzájem mohou navazovat.

Použitá literatura:

(Zahrnuje pouze literaturu použitou v části A disertační práce. Literatura použitá u jednotlivých prací souboru je uvedena na konci každého článku zvlášť.)

- ANDERBERG, S. (1998): Industrial metabolism and linkages between economics, ethics, and the environment. *Ecological Economics*, 24, s. 311–320.
- AYRES, R.U. (1994): Industrial metabolism: Theory and policy. In: Ayres, R.U., Simonis, U.K. (Eds.) (1994): *Industrial Metabolism: Restructuring for Sustainable Development*. United Nations University Press, Tokyo, s. 3–20.
- AYRES, R.U., SIMONIS, U. E. (1994): *Industrial Metabolism: Restructuring for sustainable Development*. United Nations University Press. Tokyo, New York, Paris, 376 s.
- BAYLISS-SMITH, T.P. (1982): *The Ecology of Agricultural Systems*. Cambridge University Press. 112 s.
- BAYLISS-SMITH, T.P. AND OWENS, S. (1990): *Britain's Changing Environment From the Air*. Cambridge University Press. 256 s.
- BIČÍK, I., JELEČEK, L., ŠTĚPÁNEK, V. (2001): Land-use changes and their social driving-forces in Czechia in the 19th and 20th century. *Land Use Policy*, Volume 18(1), s. 65–75.
- BIČÍK, I., JANČÁK, V. (2001): Czech agriculture after 1990. *Geografie*, 106, No. 4, s. 209–221.
- BIČÍK, I., JANČÁK, V. (2003): The changes of rural space in Czechia in the period of transformation 1990-2015. *Acta Universitatis, Geographica*. XXXVIII, No. 1, s. 11–20.
- BIČÍK, I., JANČÁK, V. (2005): *Transformační procesy v českém zemědělství po roce 1990*. Univerzita Karlova, Praha, 104 s.
- BOULDING, K.E. (1985): *The world as a total system*. Sage publ. Newbury Park. Calif. 183 s.
- BOWLER, IAN R. (1992): *The Geography of agriculture in developed market economies*. Longman Scientific & Technical, Harlow, 270 s.
- BROWN, L., R. (1981): *Building a Sustainable Society*. Norton, New York, 433 s.
- BUČEK A., MIKULÍK O. (1988): Geografie a životní prostředí v období vědeckotechnické revoluce. In: *Sborník prací*, 18, Brno, GGÚ ČSAV, s. 11.
- CARSON, R. (1962): *Silent spring*. Houghton Mifflin, Boston, 368 s.

- CLARK, W., C., MUNN, R., E. (1986): Sustainable Development of the Biosphere. Cambridge univ. Press, Cambridge, 491 s.
- CLEVELAND, C. J., COSTANZA, R. (2008): Biophysical economics. In: Encyclopedia of Earth. http://www.eoearth.org/article/Biophysical_economics
- COSTANZA, R., A DALY, H.E. (1987): Toward an Ecological Economics. Ecological Modeling, 38. s. 1–7.
- ČSÚ (2010): Obyvatelstvo – roční časové řady.
http://www.czso.cz/csu/redakce.nsf/i/obyvatelstvo_hu .
- DALY H., E. (1977): Toward a Steady State Economics. Freeman. San Francisco. 185 s.
- ERB, KH. (2004): Actual Land Demand of Austria 1926–2000: A Variation on Ecological Footprint Assessments. Land Use Policy, 21(3), s. 247–259.
- EUROSTAT (2001): Economy-wide material flow accounts and derived indicators: A methodological guide. European Communities, Luxemburg 92 s.
- EUROSTAT (2007): Economy-wide Material Flow Accounting. A Compilation Guide. Luxembourg: European Statistical Office. 103. s.
- ENCYKLOPEDIÉ DIDEROT (1999): Všeobecná encyklopedie v osmi svazcích. Sv. 3, g/j, Praha, 473 s.
- ETC-WMF (European topic centre on waste and material flows) (2003): Zero Study: Resource Use in European Countries. An estimate of materials and waste streams in the Community, including imports and exports using the instrument of material flow analysis. ETC-WMF, prepared by Moll, S., Bringezu, S., and Schütz, H., Copenhagen.
- FISCHER-KOWALSKI, M., HABERL, H. (Ed.) (2007): Socioecological Transitions and Global Change. Trajectories of Social Metabolism and Land Use. Edward Elgar, Cheltenham, 263 s.
- FISCHER-KOWALSKI, M., WEISZ, H. (1999): Society as Hybrid Between Material and Symbolic Realms, Toward a Theoretical Framework of Society-Nature Interrelation: Advances in Human Ecology, v. 8, s. 215–251.
- GASPARATOS, A., EL-HARAM, M., HORNER, M. (2009): The argument against a reductionist approach for measuring sustainable development performance and the need for methodological pluralism. Accounting Forum, Volume 33, Issue 3, s. 245–256.
- GEORGESCU-ROEGEN, N. (1971): The Entropy Law and the Economic Process. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 457 s.
- HABERL, H., ERB, K., H., KRAUSMANN, F. (2001): How to calculate and interpret ecological footprint for long periods of time: the case of Austria 1926–1995. Ecological Economics, 38, s. 25 – 45.
- HABERL, H. (1995): Menschliche Eingriffe in den natürlichen Energiefluß von Ökosystemen: Sozio-ökonomische Aneignung von Nettoprimärproduktion in den Bezirken Österreichs. Social Ecology Working Paper 43. IFF Social Ecology, Vienna.

- HABERL, H. (2002): Economy-wide energy flow accounting. In: Schandl, H., Grünbühel, C.M., Haberl, H., Weisz, H. (Eds.) (2002): Handbook of Physical Accounting. Measuring Bio-Physical Dimensions of Socio-Economic Activities. MFA—EFA—HANPP. Federal Ministry of Agriculture and Forestry, Environment and Water Management, Vienna, s. 28–44.
- HAGGETT, P. (1975): Geography: A Modern Synthesis. Harper Int. Ed., London, 483 s.
- HAMPL, M. (2007): Geographical/environmental systems: possibilities and limits of knowledge. In: Dostál, P., Langhammer, J., eds. (2007): Modelling Environment and Society. P3K, Praha. s.15–28.
- HAMPL, M. (1998): Realita, společnost a geografická organizace: hledání integrálního řádu. Praha, DemoArt, 1998, 110 s.
- HOLLING, C.S. (2001): Understanding the complexity of economic, ecological, and social systems. *Ecosystems*, 4, s. 390–405.
- HORNBORG, A., McNeill, J.R., Martinez-Alier, J. (2007): Rethinking environmental History. World-System History and Global Environmental Change. Altamira Press. 408 s.
- HOUŠKA, V. (1971): Vývoj zemědělství a výživy v Československu. Svět. Praha. 415 s.
- IUCN, UNEP and WWF (1980): World Conservation Strategy: Living Resource Conservation for Sustainable Development. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, Gland. 72 s.
- JELEČEK, L. (1994): Nová historiografie? Environmentální dějiny v USA: vývoj, metodologie, výsledky. *Český časopis historický*, 92, č. 3, s. 510–540.
- JELEČEK, L. (1995): Changes in Production and Techniques in the Agriculture of Bohemia 1870-1945. In: M.A. Havinden and E.J.T. Collins (Eds.) (1995): Agriculture in the Industrial State.
- JELEČEK, L. (2000): Environmentální dějiny v Česku, Evropě a USA: počátky a některé širší souvislosti. *Klaudyán* č. 3/2000, 18 s.
- JELEČEK, L. (2007a): Dynamický Land Use: Česko v 19. a 20. století. Habilitační práce. Katedra sociální geografie a regionálního rozvoje PŘF UK, Praha, 186 s. University of Reading, Rural History Centre, Reading, UK, s. 126–145.
- JELEČEK, L. (2007b): Hlavní společenské hybné síly změn ve využití ploch Česka v 19. a 20. století: teorie a realita. In: Česká geografie v Evropském prostoru. Sborník na CD-ROM, 21. sjezd ČGS, České Budějovice 30. 8. - 2. 9. 2006. Katedra geografie JČU, České Budějovice, s. 1157–1166.
- JELEČEK, L. (2010): Environmentální dějiny: jejich vznik, konceptualizace a institucionalizace (USA, Evropa a svět). In: *Annales Historici Presovienses* Vol. 9/2009, pp. 247-274, Universum 2010, Prešov.
- JOHNSTON, R., J. (2001): The dictionary of human geography. Blackwell. Oxford. 958 s.

KALVODA J. (2004): Fyzická geografie. <http://www.natur.cuni.cz/~kgggsekr/fg/fg.html>. 23. 2. 2004

KOVANDA, J., WEINZETTEL, J., HAK, T. (2009): Analysis of regional material flows: The case of the Czech Republic, *Resources, Conservation and Recycling*, 53, č.5, s. 243–254.

KRAUSMANN, F. (2004): Milk, manure and muscle power. Livestock and the transformation of preindustrial agriculture in Central Europe. *Human Ecology*, 32, č. 6, s. 735–773.

KRAUSMANN, F., HABERL, H. (2007): Land-use change and socioeconomic metabolism. A macro view of Austria 1830–2000. In: Fischer-Kowalski, M., Helmut Haberl, H. (Eds.) (2007): *Socioecological transitions and global change: Trajectories of Social Metabolism and Land Use*. Edward Elgar, Cheltenham, UK, s. 31–59.

KRAUSMANN, F., SCHANDL, H., SIEFERLE, R.P. (2008): Socio-ecological regime transitions in Austria and the United Kingdom. *Ecological Economics*, 65, s. 187–201.

KRAUSMANN, F., GINGRICH, S., EISENMENGER, N., ERB, K.-H., HABERL, H., FISCHER-KOWALSKI, M. (2009): Growth in global materials use, GDP and population during the 20th century. In: *Ecological Economics* 68, 10, s. 2696–2705.

KABRDA, J. (2008): Změny prostorového vzorce využití ploch v České republice a jejich příčiny. Disertační práce. Katedra sociální geografie a regionálního rozvoje PŘF UK, 69 s.

KUPKOVÁ, L. (2001): Analýza vývoje české kulturní krajiny v období 1845 – 2000.

Disertační práce. Katedra sociální geografie a regionálního rozvoje PŘF UK, 218 s.

MARTINEZ-ALIER, J. (1987): *Ecological Economics. Energy, Environment and Society*. Oxford, Blackwell, 286 s.

MCNEILL, J.R. (2000): *Something New Under the Sun: An Environmental History of the Twentieth-Century World*. WW Norton & Company, New York, London, 421 s.

MCNEILL, J.R. AND MCNEILL, W.H. (2003): *The Human Web, A bird's eye view of world history*. WW Norton & Company, New York, London, 350 s.

MEADOWS, D. H., MEADOWS, D.L., RANDERS, J., BEHRENS, W.W. (1972): *The Limits to Growth*. PAN Books, London, 205 s.

MYERS, N. (ed.) (1984): *Gaia, an atlas of planet management*. Anchor Press/Doubleday, Garden City, N.Y., 272 p.

ODUM, H.T. (1973): Energy, ecology and economics. Royal Swedish Academy of Science. *AMBIO* 2 (6), s. 220–227.

OECD (2002): *Towards Sustainable Household Consumption?, Trends and Policies in OECD Countries*, OECD, Paris. 146 s.

OSN (2009): *World Population Prospects. The 2008 Revision*. New York. UN.

PIMENTEL, D., PIMENTEL, M., Ed. (1996): *Food, Energy, and Society*. University Press of Colorado, 363 s.

- RAŠÍN, R. (2010): Krajina česko-rakouského pohraničí: vývoj a dědictví. Disertační práce. Katedra sociální geografie a regionálního rozvoje PŘF UK, 187 s.
- SČASNÝ, M., KOVANDA, J., HÁK, T. (2003): Material flow accounts, balances and derived indicators for the Czech Republic during the 1990s: results and recommendations for methodological improvements. *Ecological Economics* 45, 41–57.
- SIEFERLE, R., P. (2001): *The Subterranean Forest: Energy System and the Industrial Revolution*. The White Horse Press, 230 s.
- SIEFERLE, R.P., KRAUSMANN, F., SCHANDL, H., WINIWARTER, V. (2006): *Das Ende der Fläche. Zum Sozialen Metabolismus der Industrialisierung*. Böhlau, Köln, 370 s.
- SIMMONS, I. G. (1993): *Environmental History. A Concise Introduction*. Blackwell Publishers, Oxford UK & Cambridge USA, XVI + 206 s.
- SMIL, V. (2000): *Feeding the World. A Challenge for the Twenty-First Century*. The MIT Press. Cambridge, Massachusetts, London, England. 360 s.
- ŠTYCH, P. et al. (2005): Historical Changes in Czech Landscape in 1845-2000 and Their Natural and Social Driving Forces Studied at Different Spatial Level. In: *Understanding Land-use and Land Cover Changes in Global and Regional Context*. Science Publisher, Plymouth. s. 107–134.
- ŠTYCH, P. (2007): *Územní diferenciacie dlhodobých zmien využití krajiny Česka*. Katedra sociální geografie a regionálního rozvoje PŘF UK. Disertační práce. Praha, 128 s.
- TURNER, B.L., CLARK, W.C., KATES, R.W., RICHARDS, J.F., MATHEWS, J.T., MEYER, W.B. (1990): *The Earth as Transformed by Human Action: Global and Regional Changes in the Biosphere over the Past 300 Years*. Cambridge University Press, 713 s.
- WACKERNAGEL, M. ET. REES, W. (1996). *Our Ecological Footprint. Reducing Human Impact on the Earth*. Gabriola Island, BC, New Society Publishers.
- WACKERNAGEL, M., LEWAN, L., BORGSTRÖM -HANSSON, C. (1999): Evaluating the use of natural capital with the ecological footprint, applications in Sweden and subregions. *Ambio* 28, 604–612.
- WEISZ, H., KRAUSMANN, F., AMANN, C., EISENMENGER, N., ERB, K.-H., HUBACEK, K., FISCHER-KOWALSKI, M. (2006): The physical economy of the European Union: cross-country comparison and determinants of material consumption. *Ecological Economics* 58, s. 676–698.
- WINIWARTER V. et. al. (2004): *Environmental History in Europe from 1994 to 2004: Enthusiasm and Consolidation*. *Environment and History*, 10, č. 4, s. 501–530.
- WORSTER, D. (1993): *The Wealth of Nature, Environmental history and the ecological imagination*. Oxford University Press, New York, Oxford, 255 s.
- WORSTER, D.(1994): *Nature´s Economy. A History of Ecological Ideas*. Second Edition. Cambridge University Press. 507 s.

WCED (1987): *Our Common Future*. Oxford University Press. Oxford, New York, 400 s.

Český překlad Academia Praha 1991, 297 s.

YOUNG, O., LAMBIN, E. F., ALCOCK, F., HABERL, H., KARLSSON, S. I., MCCONNELL, W. J., MYINT, T., PAHL-WOSTL, C., POLSKY, C., RAMAKRISHNAN, P. S., SCHROEDER, H., SCOUVART, M., VERBURG, P. H. (2006): A portfolio approach to analyzing complex human-environment interactions: institutions and land change. *Ecology and Society*, 11(2): 31. <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss2/art31/>.

XEPAPADEAS, A. (2008): "Ecological economics". *The New Palgrave Dictionary of Economics* 2nd Edition. Palgrave MacMillan.

B. Soubor prací

(Grafická úprava jednotlivých článků odpovídá stylu časopisů a knih, ve kterých byly práce publikovány.)

I) KUŠKOVÁ, P. (2008): Od lovce sběrače k industriálnímu metabolismu. Klaudyán – internetový časopis pro historickou geografii a environmentální dějiny. 5, č. 2, s. 73–84.

Klaudyán
http://www.klaudyan.cz

*Klaudyán: internetový časopis pro historickou
geografii a environmentální dějiny*

*Klaudyán: Internet Journal of Historical Geography
and Environmental History*

Ročník 5/2008, č. 2, s. 73–84

Volume 5/2008, No. 2, pp. 73–84

Od lovce a sběrače k industriálnímu metabolismu

Petra Kušková

p.kuskova@centrum.cz

Abstract:

P. Kušková: *From hunter and picker to industrial metabolism.* – Klaudyán, 5, No. 2, pp. 73–84. This article summarizes the texts from selected literature on environmental history. The main sources are writings of environmental historian Donald Worster and books from John McNeill “Something New Under the Sun” and “Human Web”. The article describes current environmental situation in terms of economical growth, growth of population, consumption of energy as well as provides insight into differences between types of metabolism of human society. The text also compares the situation before and after Industrial Revolution which brought the profound changes in human ways of production the functioning of economy etc. in 19th century. Along with the description of physical consequences of human action on the planet Earth the article mentions also the ideas and politics lying beyond the actions having environmental impacts.

Key words:

environmental history – industrial/socioeconomic metabolism – material and energy flows – neolitical revolution – Industrial Revolution

Motto:

Příroda je svět živých bytostí, který „pracuje“ a v jasných a zřejmých vzorcích produkuje „zboží a služby“, které jsou nezbytné pro přežití jedné či druhé bytosti. Například mikroorganismy jsou neustále „zanepřázdňeny“ rozkládáním organické hmoty a vytvářejí tak složky půdy, kterou střídavě využívají další organismy pro vlastní výživu a růst. Za naším světem je svět přírody – rozlehlý a komplikovaný systém – zvaný „přírodní ekonomika“, který pracuje energeticky a šikovně tak, aby uspokojil potřeby živých tvorů, což by mohlo být pojmenováno jako „nepostradatelné hodnoty existence“. Bez fungování této velké ekonomiky by člověk nepřežil ani hodinu. Nepřežil by bez hodnot, které nám přináší „pilná“ příroda.

Donald Worster, *The Wealth of Nature, Doing Environmental History*

Svět okolo nás se rychle mění. Spousta věcí přibývá, mnoho ukazatelů ekonomiky roste. Lidstvo má za sebou dvacáté století, které bylo nevídané ve smyslu technického rozvoje a jeho rychlosti, růstu populace, životní úrovně, ale s tím vším i spojených dopadů na přírodu. Měníme krajinu, hubíme mnohé živočišné druhy, zasahujeme do koloběhů živin v přírodě a dokonce je velmi pravděpodobné, že jsme narušili klimatickou rovnováhu Země. Během minulého století vzrostla například spotřeba vody či počet chovaných prasat devětkrát. Světová ekonomika čtrnáctkrát. Spotřeba energie a emise skleníkových plynů se zvýšily sedmnáctkrát, světový obchod dvaadvacetkrát, mořský rybolov pětáctkrát, průmyslová výroba čtyřicetkrát a konečně nákladní doprava sto pětáctkrát. Vypočítal to přední historik, který zasvětil svoji práci vztahu lidí a životního prostředí, John McNeill ve své knize, kterou nenazval náhodou „Něco nového

pod Sluncem“ (Something new under the Sun, McNeill 2000) (viz Tabulka 1). Podíváme-li se totiž na události 20. století z ekologické perspektivy, uvidíme věci vskutku nevídané. A trendy podobné výše jmenovaným stále pokračují. Přibývá lidí, přibývá hmoty, kterou uvádíme do pohybu, roste množství zdrojů, které odebíráme a odpadů, které vypouštíme zpět do přírody. Planeta Země však neroste. Zdá se, že máme před sebou spoustu změn. Co můžeme udělat a změnit? Nejlepší cestou k tomu, abychom mohli odpovědět na tyto otázky, je pochopit hlouběji současnou situaci. K tomu je dobré vědět, jak jsme se do ní dostali, co předcházelo.

Tab. 1: Změny ve dvacátém století

Ukazatel	Faktor nárůstu, 1890–1990
Světová populace	4
Podíl městského obyvatelstva	3
Celkový počet obyvatel měst	13
Světová ekonomika	14
Průmyslová výroba	40
Spotřeba energie	16
Produkce uhlí	7
Znečištění ovzduší	5
Emise oxidu uhličitého (CO ₂)	17
Emise oxidu siřičitého (SO ₂)	13
Emise olova do ovzduší	8
Spotřeba vody	9
Mořský rybolov	35
Počty dobytka	4
Počet prasat	9
Počet koní	1,1
Populace plejtváka obrovského (pouze Jižní oceán) ¹	0,0025 (99,75% pokles)
Populace plejtváka myšoka	0,03 (97% pokles)
Druhy ptáků a savců	0,99 (1% pokles)
Zavlažovaná plocha	5
Lesní plocha	0,8 (20% pokles)
Obdělávaná půda	2

Podle: McNeill (2000).

1. Environmentální dějiny

K hlubšímu pochopení příčin a kořenů současného tlaku na přírodu a její zdroje však již klasická historie nestačí. Snahy učenců se totiž v minulosti soustředily zejména na politické události. Přední světový environmentální historik Donald Worster píše, že dříve měla historie vcelku jednodušší úkol. Všichni věděli, že nejdůležitějším předmětem je politika a důležitou oblastí národ – stát a vše, co z toho vyplývá. Historikové byli často vlastenci, kteří zkoumali vývoj vlastních zemí, formace jejich politického vedení a vztahy k dalším zemím (Worster 1988a). Zdálo se, že nějaký velký tvůrce zákonů napsal někde na kus kamene, že vodní cykly, odlesňování, zvířecí populace, získávání a ztráty půdních živin budou určeny přírodním vědám, zatímco historie se musí omezit na ceny, diplomatická jednání či rasy a gender. Přírodní vědy se mají věnovat přírodě; historie se na druhou stranu musí zabývat lidmi, společností a kulturou (Worster 1993b).

Ale po nějakém čase, kdy se svět začal globalizovat, začali historici zmíněný základ ztrácet. Přišli o přesvědčení, že minulost byla skrz naskrz kontrolována několika „velkými muži“ v pozicích vládců či politiků národní moci. Učenci začali objevovat hlubší vrstvy, životy a myšlenky obyčejných lidí a začali se pokoušet rozkrývat historii „odspoda“. „Dolů, dolů, musíme jít,“ tvrdili, „dolů ke skrytým vrstvám tříd, pohlaví, ras a kast. Tam najdeme, co skutečně tvořilo povrchové vrstvy

politiky“. Nyní vstupuje další skupina „reformátorů“, jimiž jsou environmentální historici. A trvají na tom, že stále nejdeme dostatečně hluboko, dolů k samotné Zemi jako činiteli přítomném v celé historii. Kde jinde můžeme objevit mnohem zásadnější síly, které působily v čase (Worster 1988a).

Ale zatím takto rozšířený záběr historie, jež zahrnuje hlubší a širší paletu subjektů, nebyl výzvou pro primát národa - státu jako hlavního pole zájmu historiků. Dle Worstera (1988a) jsou sociální, ekonomické a kulturní dějiny stále hromadně zaměřeny dovnitř národních hranic. Podobné uspořádání zamezuje do jisté míry obratu k chaosu, ale současně může činit obtíže novým otázkám, které nespádají čistě do rámce národních hranic. Mezi nimi i otázkám pokládaným environmentálními dějinami. Počet badatelů, kteří se snaží rozkrýt souvislosti přítomnosti a minulosti ve vztahu k přírodě, životnímu prostředí, nebo-li dívají se na svět z environmentální perspektivy, však utěšeně roste.

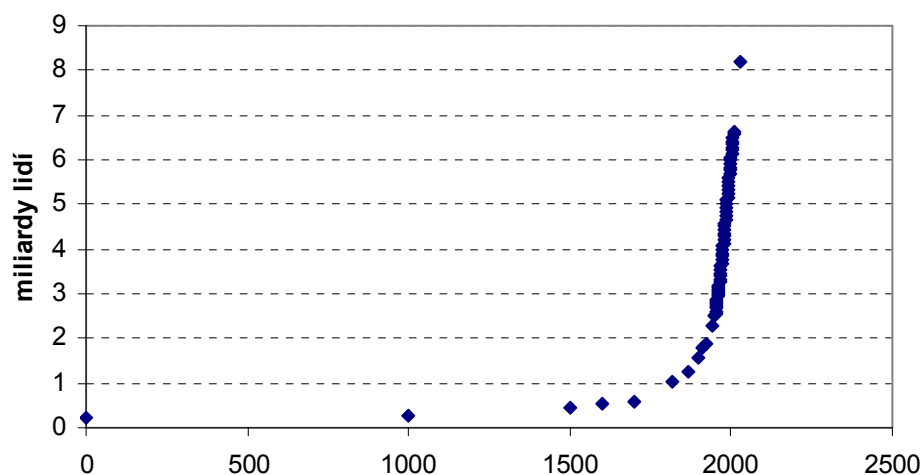
Environmentální dějiny jsou v kostce snahou o zahrnutí více pohledů do historie než v jejím klasickém pojetí. Především odmítají konvenční předpoklad, že lidská zkušenost byla vyňata z přírodní závislosti, že lidé jsou zvláštní a „nad-přírodní“ druh, že environmentální důsledky jejich minulých činů mohou být brány mimo zřetel. Myšlenka environmentálních dějin se poprvé objevila v sedmdesátých letech 20. století z morálních důvodů. Jejím hlavním cílem se stalo prohloubit poznání, jak člověka v čase ovlivňovalo přírodní prostředí a naopak, jak lidé ovlivňovali prostředí a s jakými výsledky. Jedním z nejživějších center environmentálních dějin se staly Spojené státy (Worster 1988a). Ty jsou jejich kolébkou – o tom dosažitelně viz Jeleček (1994 v ČČH, též v Klauďyanovi).²

2. Něco nového pod Sluncem

Vraťme se k Johnu McNeillovi a jeho zásadní knize, v níž si položil otázku, kolik lidí kdy žilo na planetě Zemi, kolik takzvaných „člověkolet“ bylo kdy vůbec žito? Neill odhaduje, že v posledních 40 milionech let se narodilo asi 80 miliard hominidů. Dohromady žilo těchto 80 miliard lidí asi 2,16 biliónů let (tedy 2 160 000 000 000 let). Nyní přijde překvapující část těchto údajů: 28 % těchto let, tedy skoro třetina, byla žita po roce 1750, dalších 20 % (pětina) po roce 1900 a 13 % po roce 1950. Přestože 20. století činí pouze asi 0,00025 celé lidské historie, hostilo okolo pětiny všech „člověkolet“ (McNeill 2000).

V dobách, kdy lidé vynalezli zemědělství (řekněme přibližně 8000 let před naším letopočtem), žilo na světě pravděpodobně 2 až 20 milionů obyvatel. Se zemědělstvím přežila první vlna vzrůstu populace. Populace rostla mnohem rychleji, pravděpodobně 10 až 1000krát rychleji než předtím, ale i tak stále velmi pomalu: řádově ve zlomcích procenta za rok. Kolem roku 1 našeho letopočtu žilo na světě kolem 200 až 300 milionů lidí (což přibližně odpovídá lidnatosti dnešní Indonésie či USA). S rokem 1500 dosáhla světová populace již 400 nebo 500 milionů. Trvalo to tedy asi tisíc a půl let, než se světová populace zdvojnásobila. A rostla o méně než desetinu procenta za rok. Po roce 1500 pokračoval růst populace docela pomalu a kolem roku 1730 dosáhl kolem 700 milionů. V tomto období se růst začal zrychlovat, nastal dlouhý populační boom, který pokračuje dodnes. Okolo roku 1820 žilo na naší planetě již kolem jedné miliardy lidí. Přibližně v roce 1950 rostl počet lidí na Zemi asi 10 000 krát rychleji než před vynalezením zemědělství (McNeill 2000). Kolem roku 2000 dosáhl počet obyvatel Země šesti miliard a v současné době se blíží již k sedmi miliardám. Doba zdvojnásobení světové populace poklesla z více než tří století na pouhá desetiletí (viz obr. 1). Přitom demografové odhadují ještě další růst na 10 až 11 miliard do roku 2050 (OSN 2007). V delším časovém horizontu dokonce nevyklučují zdvojnásobení současného počtu (McNeill 2000).

Evropská populace byla ve svých počátcích podobně jako i populace na jiných kontinentech lovecko-sběračská. Přibližně 4500 let před naším letopočtem začala přecházet na zemědělství v procesu známém pod výše uvedeným pojmem neolitická revoluce. Původní hospodáři většinou odlesnili kus země (resp. vypálili) a nějaké období plochu kultivovali. Když se začal hojně objevovat plevel, tak se pěstování kulturních plodin přesunulo dál. Podobný systém ale potřeboval velké území a uživil jenom málo lidí. V další fázi se postupně zkracovala období, kdy půda nebyla využívána, kdy ležela ladem a prodlužovaly se periody kultivace.

Obr. 1: Světová populace

Zdroj: Maddison (2007).

Antropologové a archeologové se stále dohadují o příčinách neolitické revoluce, která začala zhruba před deseti tisíci lety na Středním východě, tedy o důvodu přechodu od lovu a sběru k zemědělskému stylu hospodaření (Worster 1988b). Jedna z hypotéz tvrdí, že prvotní počátek spočívá v nedostatku jídla způsobeném růstem populace. Situace, která mohla nastat na mnoha místech, regionech a v různých obdobích prehistorie, ale za vším dle zmíněné teorie stály vždy pravděpodobně demografické tlaky (Boserup 1988).

V roce 1500 měla Evropa okolo 80 milionů obyvatel. Pomalu se vzpamatovávala ze strašné morové epidemie, která v polovině čtrnáctého století vyhladila čtvrtinu až třetinu evropské populace. S rokem 1750 se počet evropských obyvatel dosáhl odhadem 140 milionů. V dalších sto letech vzrostl na 266 milionů, na úroveň více než dvakrát vyšší než byla ve 12. století (Worster 1988b). V Česku dosahovala v roce 1820 populace něco přes 5 milionů. V roce 1850 už vzrostla na téměř sedm milionů a na počátku 20. století již přesáhla 9 milionů (ČSÚ 2008).

Větší počet lidí působil stísněnější podmínky pro život: železný zákon ekologie člověka. Následovně přebývajícím populací začala opouštět Starý svět pro svět Nový. „Nájezdníci“ vstoupili do Severní Ameriky, Argentiny, Austrálie, Jižní Afriky, avšak nikoliv do hustě osídlené Číny nebo Japonska či tropů. Kdekoli se neusadili ve větším počtu, zkusili alespoň získat nadvládu prostřednictvím kolonií. Na konci 19. století již přicházejí jedna z prvních varování – v knize *Man and Nature* píše George Perkins Marsh o ekologických dopadech počtu a vlivu lidí za oceánem i v Evropě. Například ve Francii mezi lety 1750 a 1860 byla vykácena nejméně polovina lesů, což působilo povodně, erozi a nedostatek dřeva (citováno podle Worster 1988b).

Ale bylo by naprosto nepostačující připsat všechny environmentální změny pouze na vrub růstu populace. Toto vysvětlení nám přesně neřekne, které skupiny, které sociálně-ekonomické třídy nejvíce rostly a proč, které regiony v rámci národů získávaly a které ztrácely populaci. A už vůbec to neodhalí komplexitu emigrace – kdo a kdy a proč opouštěl Evropu. Navíc s přibývajícím množstvím potravin a růstem bohatství se snižovala v Evropě úmrtnost, poté i porodnost a ve dvacátém století dokonce populace na některých místech ubývala (Worster 1988b). Ve skutečnosti na světě v té době probíhal ještě mnohem zásadnější a převratný proces: průmyslová revoluce.

Počátek průmyslové revoluce můžeme najít v Anglii v 18. století odkud se postupně šířila po celém světě, zejména Evropě a Severní Americe. Průmyslová revoluce³ byla nejdůležitějším faktorem, který vytvořil nerovnosti mezi mocí a bohatstvím, přeměnil geografickou organizaci ekonomických aktivit člověka jejich odpoutáním od přírodních stanovišť energie a suroviny, a s tím i společenských struktur, formoval světovou politiku po roce 1800. Jedním z ranných (prvních) efektů vytváření nerovností bylo například vyřazení méně efektivního průmyslu v méně vyspělých zemích jako byla například Indie (Neill 2000). Kapitalistická reorganizace přinesla revoluční změny ve využití

území, srovnatelné s neolitickou revolucí tzv. „great transformation“. Tato transformace geografické organizace společnosti, tedy i krajiny, probíhá nyní v takzvaném třetím světě (Worster 1993e). Výše uvedené změny byly uvedeny do pohybu pomocí nových technologií, systémů ekonomické organizace, které dovolily lidem daleko větší využívání energie.

Před průmyslovou revolucí lidé měli k dispozici pouze sílu svých svalů a některých domestikovaných zvířat, případně sílu větru a vody (ovšem velmi neefektivně využívanou), na jejíž alokaci či relokaci neměli téměř žádný vliv. A pro zahřátí využívali energii, která naopak práci nekoná, chemickou energii uloženou ve dřevě a jiné biomase. Průmyslová revoluce úplně přeměnila energetický základ lidské společnosti. Energie začala být důležitá pro výrobu věcí, pro přepravu a samozřejmě stále také pro samotné přežití (McNeill 2000).

Průmyslová revoluce přinesla motory, které dokázaly využívat zásoby energie akumulované v zemské kůře stovky miliónů let: fosilní paliva. Fyzikové se jednohlasně shodnou, že konečné množství energie ve vesmíru je neměnné. A na Zemi je energie udržována v rovnováze: co přichází ze slunce jako energie záření se rovná energii, která je vyzářena zpátky do vesmíru jako teplo. Energie nemůže být ani vytvořena ani zničena. Často mluvíme o výrobě a spotřebě energie. Pojem výroba je však v této souvislosti poněkud nepřesný. Přesněji se jedná o přeměnu jedné formy energie na jinou – snadněji dopravitelnou, uskladnitelnou a využitelnou. Všechna energie je vlastně „jaderná energie“, která pochází z jaderné fúze na Slunci (nepočítáme-li však gravitační energii). Tato energie se vyskytuje na Zemi v různých formách. Důležitá pro lidstvo je energie mechanická, chemická, tepelná a energie záření. Problémem je pro nás dostat energii v použitelné formě na pravé místo v pravou chvíli, protože při každé přeměně z jedné formy na jinou dochází k praktickým ztrátám: lidé přemění například na mechanickou energii pouze 18 % chemické energie z jídla, koně pouze 10 %.

Před průmyslovou revolucí probíhala přeměna energie pouze na biologické úrovni. První lidská společenství používala výhradně vlastní sílu svalů, odvozenou z chemické energie uložené v rostlinách a mase. Do období přibližně před 10 000 lety záviseli naši předci pouze na svých vlastních tělech – což můžeme nazvat „tělesný energetický režim“ (McNeill 2000).

Zemědělství dovolilo lidem větší kontrolu nad rostlinnými „převodníky“ energie – rostlinnou potravou. Trojpolní zemědělství (které u nás bylo zavedeno asi od 12./13. století) spočívalo v přesunu pěstování plodin rok od roku na jiná pole v jiné části areálu obce. Tím zvýšilo dostupnou energii asi desetkrát ve srovnání s předchozím způsobem hospodaření sběračstvím a lovectvím. Avšak následně úhorové zemědělství (usedlé) zvýšilo přísun energie opět desetkrát. To se projevilo větší hustotou osídlení. Po domestikaci zvířat lidé získali mnohem více energie svalů, více mechanické energie ve více koncentrované formě. Voli pro tah a koně či velbloudi pro přepravu přinesli další velké zlepšení. Voli, krávy atd. mohli orat i těžké půdy, čímž se otevřely další možnosti pěstovat více obilnin, což na druhé straně umožnilo život více lidem i více tažným zvířatům v pozitivní zpětné vazbě, která překročila původní rozměry „tělesného energetického režimu“ (McNeill 2000).

Nové plodiny, kola a koňské potahy vylepšily energetickou účinnost společností pro následující tisíciletí, avšak až do nástupu průmyslové revoluce v kontinentální Evropě (po r. 1800) bylo více než 70 % energie získáváno z lidských svalů. Základními omezeními zůstávalo množství orné půdy a množství vody pro produkci plodin.

Pro práci se v dějinách na různých místech světa používali často otroci, protože lidský metabolismus přeměňuje energii na práci efektivněji než zvířecí.

Průmyslová revoluce nejprve zvýšila a pak překonala lidskou sílu svalů. Kdekoliv se rozšířila, tam ukončila „tělesný energetický režim“ a nahradila ho souborem složitějších nástrojů, které můžeme nazvat „mimotožní energetický režim“. K tomu přispěl věk fosilních paliv: od roku 1800 z nich pocházel lví podíl energie (McNeill 2000). Byl to parní stroj, který umožnil odpoutání průmyslové výroby od ložisek surovin (uhlí, dřeva, rud apod.) a hlavně od přírodních zdrojů energie. Později jej nahradil výbušný motor, elektřina, nenasytní spotřebitelé fosilních paliv. Produkce uhlí světa vzrostla z asi 10 mil. tun v roce 1800 na stonásobnou hodnotu v roce 1900. Poměry spotřeby energie pro různé druhy společností jsou uvedeny v Tabulce 2.

Tab. 2: Průměrná spotřeba energie na osobu a rok

Průměrná spotřeba energie na osobu a rok (pouze relativní hodnoty)	
Základní potřeba lidského těla	1
Lovci a sběrači	3–6
První zemědělské společnosti	18–24
Průmyslové společnosti	70–80

Zdroj: McNeill (2000).⁴

S rokem 1900 přišla další novinka, začala se hromadněji používat ropa. Po roce 1890 tak fosilní paliva zastínila v získávání energie biomasu, i když je většina populace nevyužívala přímo. Více v Tabulce 3.

Tab. 3: Světová produkce vybraných druhů paliv v roce 1800, 1900 a 1990

Typ paliva/letopočet	Produkce (miliardy tun)		
	1800	1900	1990
Biomasa	1 000	1 400	1 800
Uhlí	10	1 000	5 000
Ropa	0	20	3 000

Zdroj: McNeill (2000).

Kolem roku 1890 začala rovněž elektrifikace, která podnítila další poptávku po energii. V 19. století vzrostla těžba energie pětikrát při využívání uhlí a páry, ale ve 20. století ještě šestkrát spolu s ropou (padesátá léta), zemním plynem a jadernou energií (dohromady těžba energie vzrostla od roku 1800 asi osmdesátkrát), což v historii lidstva nemělo obdoby.

Podle McNeilla (2000) používal svět dvacátého století desetkrát více energie než tisíc let před rokem 1900. Ve 100 letech před počátkem zemědělství až do roku 1900 spotřebovali lidé dohromady pouze okolo dvou třetin množství energie, které spotřebovali ve století dvacátém.

Výhodná energetická intenzifikace není ale zadarmo. Spalování fosilních paliv produkuje znečištění. Spalování biomasy sice také, ale protože fosilní paliva jsou daleko více používána, celkově produkuje více zplodin, nehledě na změnu klimatu způsobenou uvolněnými skleníkovými plyny. Používání fosilních paliv rovněž způsobuje nerovnost na světě. Potřebné technologie a následně i politické struktury se vyvinuly nejprve v Evropě a Severní Americe. Ostatní části světa vesměs zůstaly závislé na biomase a síle svalů zhruba do padesátých let 20. století. Dokonce nejchudší země doposud v této situaci jsou a často prodávají bohatšímu severu pod cenou potřebné suroviny, které leží na jejich území.

Nerovnost využívání energie vyvrcholila asi v 60. letech 20. století a od té doby se její intenzivní využívání šíří po celém světě. Vyčerpání fosilních paliv nehrozí bezprostředně hned teď – predikce nedostatku zatím neuspěly. Současné předpovědi odhadují, že máme ještě několik desítek let než má dojít ropa či zemní plyn a za několik století uhlí. Můžeme žít z věky akumulovaného geologického kapitálu ještě po nějakou dobu – pokud zvládneme nebo budeme akceptovat znečištění způsobené fosilními palivy (McNeill 2000).

Většina lidských činností, které povětšinou mění zároveň životní prostředí, se považují za ekonomické aktivity. Je zvykem, že Ekonomové měří velikost ekonomiky součtem veškeré hodnoty zboží a služeb na trhu nebo jinak oficiálně zaznamenaných ekonomických dat. Dostanou jednoduché číslo HDP. Před pěti sty lety, činil světový HDP (vyjádřený v cenách dolarů z roku 1990) asi 240 miliard dolarů, trochu více než je HDP dnešního Polska nebo Pákistánu a trochu méně než produkuje Taiwan nebo Turecko. Do roku 1500 rostla světová ekonomika extrémně pomalu po tisíciletí, také proto, že pomalu rostla populace a technický pokrok přicházel také velmi pomalu. Po roce 1500 rostla zaoceánská doprava a mezinárodní obchod. S rokem 1820 vzrostl světový HDP na 695 miliard dolarů (více než Kanada či Španělsko, méně než Brazílie v hodnotách roku 1990).

Průmyslová revoluce, další vývoj dopravy, apod. pomohly zvýšit HDP po roce 1820 na 1,98 trilionů dolarů (méně než Japonsko v hodnotách 1990).

Tak se období mezi lety 1870 a 1913 stalo z hlediska růstu světové ekonomiky rychlejší než jakékoliv období předtím a rychlejší než v následujícím období. Po třech desetiletích omezeného růstu (1914–1945) se světová ekonomika opět vzedmula tak, že v roce 1950 dosáhla HDP 5,37 trilionů dolarů (stejně jako USA v roce 1991). Následoval dlouhý boom spočívající v otevřenějším mezinárodním obchodu, rychlém vývoji technologií a prudkém vzrůstu populace. V roce 1992 byl světový HDP kolem 28 trilionů dolarů. Světová ekonomika dvacátého století byla asi 120krát větší než v roce 1500. Většina tohoto růstu proběhla po roce 1820. Nejrychlejší růst světové ekonomiky spadá do let mezi 1950 a 1973, avšak celá perioda po druhé světové válce zažila neskonalé tempo růstu, nevídané v lidské historii. Většina této ekonomické expanze byla způsobena růstem populace, část vděčí produktivnějším technologiím a organizaci (a pravděpodobně těžší práci).

Sociální cena takového růstu ve formě zotročených, vykořisťovaných nebo zabitých lidí je velká a rovněž environmentální cena. Historikové se v posledních třech dekadách hodně soustředili na sociální důsledky ekonomického růstu a modernizace; environmentální důsledky však zasluhují rovněž pozornost (McNeill 2000).

V Česku vzrostl HDP od roku 1820 do roku 1850 o polovinu. V roce 1900 už bylo na více než trojnásobné hodnotě roku 1820 a v roce 1910 na čtyřnásobné. Mezi světovými válkami HDP vzrostl na více než šestnásobek této hodnoty. Po druhé světové válce začala hodnota HDP někde na čtyřnásobku hodnoty z roku 1820, následoval strmý růst zejména mezi 60. a 80. léty, kdy se hodnoty pohybovaly již na desetinásobku. V současné době se pohybuje někde mezi deseti a patnáctinásobkem hodnoty z roku 1820, tedy z doby před průmyslovou revolucí.

Růst populace a ekonomiky, HDP i příjmu na osobu ze začal zrychlovat v 19. století. V 18. – a u nás zejména ve 2. pol. 19. století nastoupilo již plně střídavé zemědělství. Úhoření prakticky zaniklo, veškerá orná půda byla stále obdělávána, na poli se střídaly pěstované plodiny. V některých oblastech světa se začalo pomalu zavádět již v 15. století, až v 18. a 19. století se plně rozvinulo. Struktura a dynamika agroekosystémů se začala dramaticky měnit. Nejprve zemědělci pěstovali plodiny pro vlastní spotřebu a nadbytek odváděli v různých formách většinou šlechtě, resp. prodávali městům. Postupem času a s vývojem trhů a modernizací dopravy začali pěstovat méně a méně druhů plodin a soustředili se na výrobu pro obchod.

Na začátku kolonizace se do Evropy dovážely pouze vzácnosti, jako např. drahé kovy, koření apod. Úroveň tehdejší dopravy ani neumožňovala nějaké hromadné náklady. Takové zboží bylo charakterizováno vysokou hodnotou směny na kilogram. Dopady na ekologii a život v exportujících zemích mohly být hrozné. Jmenujme například těžké lokální ekologické dopady exportu slonoviny nebo tygřích kožešin ve srovnání se zanedbatelností vlivu takového obchodu na ekonomiku dovážejících zemí. Drahocennosti, jako zlato, které je často významné pouze pro vybrané společenské vrstvy společnosti, s sebou ale přináší vážný dopad v podobě těžby v otevřených dolech, kde se používá velké množství vody a jedovatých kyanidů, který je často znatelný až na vzdálených místech. Takový dopad samozřejmě postihne vyvázející zemi a ne zemi, která zlato dováží. Cukr byl kdysi také drahocenností. Později se stal hromadnou komoditou. Další hromadné komodity, jako například guano a chilský ledek mezi lety 1840 a 1914 a dřevo a dnes ropa a zemní plyn, se staly rozhodujícími komoditami co se týče podílu, který mají v dovozu (Hornborg et al 2007).

V tomto směru je tedy Evropa mnohem větším „kolonizátorem“ než kdykoliv předtím. Benzínové pumpy v Evropě by mohly nést nápis „Koloniální zboží“. V 19. a na počátku 20. století závisely země dnešní Evropské unie převážně na vlastním uhlí a biomase jako energetických zdrojích, dnes je však Evropská unie velkým dovozcem ropy a zemního plynu. Vezmeme-li váhu všech materiálů dohromady (energetické suroviny, minerály, kovy, biomasa), Evropská unie dováží asi čtyřikrát více hmoty, než vyváží. A například Spojené státy dnes dovážejí více než polovinu ropy, kterou spotřebovávají (Giljum and Eisenmenger 2004 citováno v Hornborg et al 2007).

3. Socioekonomický metabolismus

Lidská společnost svým ekonomickým systémem v něčem vzdáleně připomíná živý organismus. Odebírá z prostředí zdroje nezbytné pro svoje fungování a vylučuje zpět odpadní látky.

Pojem metabolismus známe z biologie. Různá společenská uspořádání mohou mít různé druhy metabolismu jak v průběhu vývoje v čase, tak i různá společenství na různých místech Země. Dokladem toho je rozdíl mezi vyspělými a méně rozvinutými zeměmi, například mezi Evropou či rovníkovou Afrikou.

Společnost, v níž převažuje zemědělství, zejména před průmyslovou revolucí, a společnost, která již dospěla do industriální fáze vývoje, mají různé vzorce toků energie skrz jejich výrobní systémy. Mají různý „metabolismus společnosti“ nebo jinak „sociální metabolismus“, nebo také „industriální metabolismus“ (Ayres a Simonis 1994; Fischer-Kowalski and Weisz 1999).

Známý švýcarský environmentální historik Rolf Peter Sieferle rozdělil společnosti do dvou hlavních skupin v závislosti na tom, jakým způsobem hospodaří s energií, neboli jaký je jejich „energetický metabolismus“: tj. na společnosti závislé na sluneční energii a společnosti se systémem fosilní energie.

Lovci a sběrači pasivně využívají sluneční energii, to znamená, že jejich socioekonomický energetický metabolismus závisí na intenzitě slunečního záření a vázání jeho energie do rostlinné biomasy, přičemž oni sami do tohoto procesu nijak významně nezasahují. Tak musí lovci a sběrači víceméně žít ze zdrojů, které najdou a nemohou ani nakumulovat významnější množství hmoty ani vážně znečistit svoje životní prostředí. Jediným nebezpečím se může stát nadměrné odebírání klíčových zdrojů. Je zde například určitá pravděpodobnost, že lovci a sběrači v pleistocénu přispěli k vyhubení větších zvířat. Tento druh hospodaření (metabolismus) přetrvával na Zemi tisíce let, mnohem déle než naše současná společnost s průmyslovým způsobem hospodaření (to trvá cca 300 let).

Zemědělské společnosti dle Sieferleho (2001) mohou aktivně využívat energii pomocí mechanických nástrojů a využíváním určitých rostlin zasahují do přirozeného procesu vstřebávání sluneční energie rostlinami. Kácejí lesy, vytvářejí „agroekosystémy“ (lidmi přeměněné ekosystémy – zemědělské ekosystémy – pole, louky), pěstují nové druhy plodin a snaží se zbavit těch nepotřebných. Jejich základní strategie je ovládnout území (a tím vlastně rovněž odpovídající sluneční svit). Mechanické prostředky na druhou stranu (v pokročilejších společnostech vodní mlýny) převádějí sluneční energii, která se vyskytuje na Zemi ve formě větru, větrnými mlýny na pohyb, jenž mohou lidé využít.

Současný *průmyslový model společnosti* a způsobů jejího hospodaření je založen na využívání fosilních paliv. Jeho doba trvání se zdá být do budoucna omezena nejenom omezeným množstvím zdrojů, ale také tím, že uvádí do pohybu globální změny život podporujících systémů.

4. Myšlenky a politiky

Jak píše John McNeill (2000) ve své knize „Něco nového pod Sluncem“, dvacáté století bylo svědkem neuvěřitelně pestré mozaiky různých ideologií a politik. Převratná období otevřela dveře pro přehodnocení starých domněnek a přesvědčení. Nové environmentální myšlenky a politiky, i když se dá říci, že jsou v období od 60. let 20. století částí nových „rovnic“, které vládou společností, nikdy úplně nenahradily staré panující myšlenky a politiky, které tolik pasují do starých dob. Jedním z důvodů, proč se životní prostředí během 20. století hodně změnilo, je, že se převažující myšlenky a politiky z ekologického pohledu změnilo příliš málo. Dále autor soudí, že to, co si lidé myslí, ovlivňovalo rovněž jejich prostředí, protože to do jisté míry utvářelo jejich chování. A zajisté dále také měnící se prostředí do jisté míry ovlivňovalo lidské chování (McNeill 2000).

Zhruba do 60. a 70. let minulého století si otázky dopadů lidských aktivit na přírodu kladli i badatelé jen minimálně. V 60. letech však přišel zlom: byla to bouřlivá doba plná nových myšlenek, ze které vzešla dvě důležitá hnutí: hnutí za práva žen a environmentalismus (nebo také ekologické hnutí či hnutí na podporu ochrany životního prostředí). Významnou autorkou, která dala do pohybu, dá se říci masové environmentální hnutí, byla americká biologka Rachel Carson se svou slavnou knihou „Mlčící jaro“ (vyšla v roce 1962). Upozornila zde na nebezpečné používání pesticidů (DDT), které kromě škůdců zabíjí i zpěvné ptactvo (odtud název knihy). V roce 1970 se pak ve Spojených státech uskutečnily první oslavy Dne Země.

Box 1: Rozlišení dvou základních systémů hospodaření s energií různých společností, dle tzv. různého „energetického profilu“

„Nabalování energie“ - „METABOLISMUS LIDSKÉ SPOLEČNOSTI“

Z E M Ě Ď Ě L S K Á S P O L E Č N O S T

„člověkem řízený systém sluneční energie“ – energie je získávána z lidmi přeměněného /a kontrolovaného/ prostředí /pole, louka, les/, tzv. „*agro-ekosystému*“

Sluneční energie proto, že veškerá energie, kterou takto člověk získá, je *sluneční energie fixovaná fotosyntézou do rostlinných těl*. Lidé odebírají energii ve formě biomasy /potrava, krmivo pro dobytek/

Takový zemědělský systém **poskytuje více energie, než do něj člověk vkládá** /ve formě práce, hnojiva – v tomto případě přírodního/

P R Ů M Y S L O V Á S P O L E Č N O S T

„systém fosilní energie“ – *na rozdíl od předchozího systému, jehož přísun energie je závislý na biomase, tedy ploše, u tohoto systému hrají důležitou roli vstupy energie zvenčí – energie fosilních paliv, která nahrazuje lidskou práci a práci zvířat. Tento vnější vstup energie není omezen plochou. Říkáme, že se odpoutává od půdy.*

Zemědělský systém tohoto typu je **závislý na vnějších přísunech energie, které jsou vyšší než následné výstupy** – člověk „*dotuje*“ zemědělství zvenčí.

Upraveno dle: Kowalski, Haberl, eds. (2007) a Sieferle (2001).

Podle John McNeilla není možné úplně přesně vědět, zda lidstvo vskutku vstoupilo do opravdové ekologické krize. Je však jasné, že jeho současná cesta, způsob existence jsou neudržitelné. Nevíme však, jak dlouho po ní můžeme jít, jak dlouho jí můžeme udržet a co se může stát, pokud na ní zůstaneme. V každém případě je lidská historie již od počátku zemědělství plná neudržitelných společností, z nichž některé zanikly a některé přežily do dneška. Budoucnost, i ta docela blízká, není jenom nepoznatelná; je v podstatě nejistá. Některé scénáře budoucnosti jsou si bezpochyby podobnější než jiné, ale nic není neměnné. Ve skutečnosti je dnes budoucnost mnohem více nepostizitelná než kdykoliv předtím: existuje velký počet radikálně odlišných možností v důsledku rostoucího vlivu zrychlujících se inovací technologií a protože se velmi rychle šíří nové myšlenky. Dalším důvodem nejisté budoucnosti jsou změny reprodukčního chování, proměnná, která se obvykle mění jen velmi pomalu. Zmíněné proměnné jsou pravděpodobně nyní více provázány než v minulosti, takže celý systém globální společnosti a životního prostředí je nejistější, chaotičtější než kdykoliv předtím.

Zhruba dvě až tři sta let žijeme v rostoucí ekonomice. Během tohoto období jsme začali věřit, že hlavní problémy, jako je například nezaměstnanost, chudoba či přelidněnost, se dají vyřešit dalším růstem. Pokud bychom žili ve vzduchoprázdnu, možná by to tak mohlo být. Ale naše planeta je konečná, neroste. Významný ekonom Herman Daly proto navrhuje, abychom se snažili spíše než o růst o rovnováhu. Anglicky o ekonomiku v rovnovážném či ustáleném stavu „A Steady State Economy“ (Daly 1973). Pro mnohé je velmi složité si takovou ekonomiku představit. Někteří se dokonce obávají, že by to znamenalo „ustrnutí v temnotách komunistické tyranie“. Někteří si myslí, že tak velká zlepšení v technologiích jako je například energetická efektivita (úspornost) a recyklace jsou velmi jednoduché a pomohou.

Velmi často se víze budoucnosti označuje ne příliš konkrétním pojmem „udržitelný rozvoj“. Myšlenka rozvoje, který uspokojí potřeby současných lidí a přitom neohrozí možnosti příštích generací a nezničí přírodu, se objevila už v roce 1980 v takzvané „World Conservation Strategy of the International Union for the Conservation of Nature“ (Světová strategie ochrany Mezinárodní unie pro ochranu přírody) (IUCN, UNEP a WWF 1980). O rok později vyšla kniha Lestera Browna „Building a Sustainable Society“ (Budování udržitelné společnosti), v roce 1984 publikoval Norman Myers práci „Gaia: An Atlas of Planet Management“ a konečně byl udržitelný rozvoj, jak ho chápeme dnes, definován komisí OSN pro životní prostředí a rozvoj v knize „Naše společná budoucnost“ (Our Common Future) vydané v roce 1987 (WCED 1987).

Poděkování

Tento článek mohl vzniknout díky podpoře Fulbrightovy komise v rámci Fulbright-Masarykova stipendia.

Poznámky

¹⁾ Všechny plochy oceánu na jih od 60. rovnoběžky.

²⁾ Další články zabývající se environmentální historií v Klaudyánu: Worster, D., (2001) Environmentální dějiny a environmentální hnutí. Klaudyán, 6 (<http://klaudyan.psmart.cz/clanek.php?id=38>).

Winiwarter, Verena: Umweltgeschichte: Über die Wechselwirkungen zwischen Natur und Kultur. Klaudyán, 5 (<http://klaudyan.psmart.cz/clanek.php?id=32>).

Jeleček, L.: České environmentální dějiny do roku 2000. Klaudyán, 4 (<http://klaudyan.psmart.cz/clanek.php?id=23>).

Jeleček, Leoš: Environmentální dějiny v Česku, Evropě a USA: Počátky a některé širší souvislosti. Klaudyán, 3 (<http://klaudyan.psmart.cz/clanek.php?id=20>).

Další literatura na dané téma viz Jeleček (1994, 2000, 2006).

³⁾ Průmyslová revoluce byla hlavní technologickou, sociálně-ekonomickou a kulturní změnou na konci 18. a počátku 19. století. Začala v Británii a šířila se po celém světě. V průběhu času byla ekonomika založená na manuální práci nahrazena průmyslovou - strojní - výrobou. Začalo to mechanizací průmyslu a vývojem železo-technické výroby a expanzí obchodu byli umožněny zavedením kanálů, zlepšení silnic a později železnic. Zavedení parní energie (poháněné převážně uhlím) a poháněnými strojními zařízeními (hlavně ve výrobě textilu) podepřelo dramatické zvyšování výkonnosti podniku. Vývoj všech kovových nástrojů v prvních dvou desetiletích 19. století usnadnily výrobu více strojů výroby pro zhotovení v jiných průmyslech. Začala rovněž "reorganizovat" krajinu, dislokaci výroby, parním strojem osvobozené od alokace energie ev. surovin.

⁴⁾ Hodnoty převzaty z Rolf Peter Sieferle, Der Europäische Sonderweg: Ursachen und Faktoren, citováno podle John McNeill, Human Web . Jednotkou je zde průměrná metabolická potřeba dospělého, zde okolo 3,5 gigajoulů za rok.

Literatura

AYRES, R. U., SIMONIS, U. E. (1994): Industrial Metabolism: Restructuring for sustainable Development. United Nations University Press, Tokyo–New York–Paris.

BOSERUP, E. (1988): Environment, Population, and Technology in Primitive Societies. In: Worster, D. (ed.): The Ends of the Earth. Perspectives on Modern Environmental History. Cambridge University Press, s. 23–38.

ČSÚ (2008): http://www.czso.cz/csu/redakce.nsf/i/obyvatelstvo_hu

DALY, H. (1973): Toward a Steady-state Economy. W.H.Freeman & Co Ltd., 332 s.

FISCHER-KOWALSKI, M., HABERL, H., eds. (2007): Socioecological Transitions and Global Change. Trajectories of Social Metabolism and Land Use. Edward Elgar, Cheltenham.

FISCHER-KOWALSKI, M., WEISZ, H. (1999): Society as Hybrid Between Material and Symbolic Realms, Toward a Theoretical Framework of Society-Nature Interrelation. Advances in Human Ecology, 8, s. 215–251.

HORNBORG, A., MCNEILL, J. R., MARTINEZ-ALIER, J. (2007): Rethinking environmental History. World-System History and Global Environmental Change. Altamira Press, 408 s.

IUCN, UNEP and WWF (1980): World Conservation Strategy: Living Resource Conservation for Sustainable Development. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, Gland.

JELEČEK, L. (1994): Nová historiografie? Environmentální dějiny v USA: vývoj, metodologie, výsledky. Český časopis historický, 92, č. 3, s. 510–540.

JELEČEK, L. (2000): Environmentální dějiny v Česku, Evropě a USA: počátky a některé širší souvislosti. Klaudyán, č. 3/2000, 18 s.

- JELEČEK, L. (2000): Environmentální dějiny a česká historiografie a historická geografie. In: Pešek, J. (ed.): VIII. sjezd českých historiků, Hradec Králové 10. – 12. září 1999. Scriptorium, Sdružení historiků České republiky (Historický klub 1872), Praha, s. 306–325.
- JELEČEK, L. (2006): Agricultural Revolution, Industrial Revolution, Land reforms, Land reñTechnological Scientific Revolution (in agriculture). In: Geist, H. (ed.): The Earth's Changing Land: An Encyclopedia of Land-Use and Land-Cover Change. Greenwood Publishing Group, Westport, CT, USA. Vol. I., s. 25–27; 302–303; Vol. II, s. 352–355; 356–357; 588–590.
- MCNEILL, J. R., MCNEILL, W. H. (2003): The Human Web, A bird's eye view of world history. WW Norton & Company, New York–London.
- MCNEILL, J. R. (2000): Something New Under the Sun: An Environmental History of the Twentieth-Century World. WW Norton & Company, New York–London.
- OSN (2007): World Population Prospects: The 2006 Revision Population Database. <http://esa.un.org/unpp/>
- MYERS, N., ed. (1984): Gaia, an atlas of planet management. Anchor Press/Doubleday, Garden City, N.Y., 272 s.
- SIEFERLE, R. P. (2001): The Subterranean Forest: Energy System and the Industrial Revolution. The White Horse Press, 230 s.
- SIMMONS, I. G. (1993): Environmental History. A Concise Introduction. Blackwell Publishers, Oxford (UK) & Cambridge (USA), XVI + 206 s.
- WCED (1987): Our Common Future. Oxford University Press. Oxford–New York, 400 s. (český překlad Academia, Praha 1991, 297 s.).
- WINIWARTER, V. et. al. (2004): Enviromental History in Europe from 1994 to 2004: Enthusiasm and Consolidation. Environment and History, 10, č. 4, s. 501–530.
- WORSTER, D., ed. (1988a): Doing Environmental History. In: The Ends of the Earth. Perspectives on Modern Environmental History. Cambridge University Press. s. 289–307.
- WORSTER, D., ed. (1988b): The Vulnerable Earth: Toward a Planetary History. In: The Ends of the Earth. Perspectives on Modern Environmental History. Cambridge University Press, s. 3–20.
- WORSTER, D. (1993): The Wealth of Nature, Environmental history and the ecological eimagination. Oxford University Press, New York–Oxford, 255 s.
- WORSTER, D. (1993a): The Nature We Have Lost. In: The Wealth of Nature, Environmental history and the ecological eimagination. Oxford University Press, New York–Oxford, s. 3–15.
- WORSTER, D. (1993b): Paths Across the Levee In: The Wealth of Nature, Environmental history and the ecological eimagination. Oxford University Press, New York–Oxford, s. 16–29.
- WORSTER, D. (1993c): History as Natural History In: The Wealth of Nature, Environmental history and the ecological eimagination. Oxford University Press, New York–Oxford, s. 17–29.
- WORSTER, D. (1993d): Transformation of the Earth In: The Wealth of Nature, Environmental history and the ecological eimagination. Oxford University Press, New York–Oxford, s. 30–44.
- WORSTER, D. (1993e): Transformation of the Earth In: The Wealth of Nature, Environmental history and the ecological eimagination. Oxford University Press, New York–Oxford, s. 45–63.
- WORSTER, D. (1993f): Arranging a Marriage: Ecology and Agriculture In: The Wealth of Nature, Environmental history and the ecological eimagination. Oxford University Press, New York–Oxford, s. 64–70.
- WORSTER, D. (1993g): A Sense of Soil In: The Wealth of Nature, Environmental history and the ecological eimagination. Oxford University Press, New York–Oxford, s. 71–83.
- WORSTER, D. (1993h): Good Farming and the Public Good.
- WORSTER, D. (1994): Nature's Economy. A History of Ecological Ideas. Second Edition. Cambridge University Press, 507 s.
- TURNER, B. L., CLARK, W. C., KATES, R. W., RICHARDS, J. F., MATHEWS, J. T., MEYER, W. B. (1990): The Earth as Transformed by Human Action: Global and Regional Changes in the Biosphere over the Past 300 Years. Cambridge University Press.

Summary

From hunter and picker to industrial metabolism

The world around us is permanently changing. The GDP grows, the population grows, the consumption of natural resources and energy grows. The growth in the 20th century had no precedents in thousand years of human history. But the Earth stays the same size. We have been living in the growing economy approximately since last two hundred years. The problem is that economist often believe the problems with unemployment, poverty or overpopulation could be solved by further economy growth. As we can see from the serious environmental impact which human economy has on the global ecosystems, additional and lasting growth is not the right formula for a sustainable future. We change the landscape we undermine the natural ability of the resources to replenish. We significantly reduce biodiversity and pollute air, water and soil. The famous environmental economist Herman Daly suggests that we should seek rather for a balance than growth.

Before the neolithic revolution (approximately 10000 years B.C.) the human modes of production were dependent on the power of human muscles and on the local yields of biomass driven by the solar energy reaching the Earth. As people domesticated animals and started using of firewood the metabolism of energy flows has become “exosomatic”. With the onset of industrial revolution and wide use of fossil fuels, introduction of steam engine the area based production deliberated from the solar energy and the yields of food production could grow with the external input of fossil energy. According to environmental historian John McNeill the world in the twentieth century used 10 times more energy as in the thousand years before 1900. In the 100 centuries between the dawn of agriculture and 1900, people used only about two-thirds as much energy as in the twentieth century.

The 20th century has witnessed the incredible mix of ideas and politics. Among them also the new environmental ideas emerged as a reaction to extreme exploitation of natural resources during industrialization. The current patterns of human existence is not sustainable.

II) KUŠKOVÁ, P. (2009): The long term industrial transformation study for the territory of Czechoslovakia. In: Malhotra, G.(ed.): Environmental Growth. A Global Perspective. Macmillan Publishers India Ltd., New Delhi, s. 202–215.

15

The Long Term Industrial Transformation Study for The territory of Czechoslovakia

Petra Kuskova

INTRODUCTION

In the last two decades there has been a growing interest among scientists in studying society-nature interactions. Many analyses have been carried out from a historical perspective to better understand the present state and possible future trends.

Interactions between human activities and the natural processes have complex characteristics: human economy extracts materials from the earth and emits back its wastes. The economic system functions in an analogy to a living organism and those processes are called “industrial metabolism” (Ayres & Simonis, 1994). The term “social metabolism” is also used (see for example Fischer-Kowalski and Weisz, 1999).

A related concept, that of the Ecological Footprint introduced by Wackernagel and Rees (1996), gained high popularity between both scientists and politicians along with the broad public. This concept is built on the presumptions that we can track most of the materials extracted from nature and consumed by society and most of the waste produced. And moreover, that it is possible to convert this demand into ecologically productive area which is needed to provide us with these resources and absorb wastes (Wackernagel and Rees, 1996). In addition, the ecological footprint also compares the area needed with the area available, thus making it possible to answer the question whether a country lives within its biophysical limits or not.

Since its introduction this concept has been used in numerous works, and also modified for analysis in time series (see for example Haberl et al., 2001).

This paper looks at the society-nature interaction on the territory of Czechoslovakia from 1926 to 1990, and after the division into Czechia and Slovakia for these two countries together (1995 - 2000). The concept of social metabolism - namely material and energy flow accounting (MEFA) and historical footprint analysis will be presented together in the paper as they have strong relation: both deal with the extraction of biomass, fossils, and physical foreign trade and have a strong relation to land use.

METHODS AND DATA

Material and energy flow accounting

MEFA and indicators derived from it provide a set of descriptive tools to quantify materials and energy entering and leaving a socio-economic system. Consistent with the first law of thermodynamics (conservation of energy/matter), MEFA establishes balance sheets of physical flows: inputs, outputs and material accumulation of socio-economic systems (Eurostat, 2001). MEFA methodology allows for both time series analysis and cross country comparison (e.g., Eurostat, 2002).

The main indicators derived from MEFA are domestic material/energy consumption (DMC/DEC) and direct material/energy input (DMI/DEI), the physical trade balance (PTB), domestic processed outputs (DPO) and net addition to stocks (NAS) (Krausmann et al., 2004).

Standard MFA aggregates material flows in tonnes and EFA converts these flows into energy, namely into gross calorific values of all items included. All MEFA data can be disaggregated with respect to physical characteristics: fossils, biomass, fertilizers, etc. (Krausman et al., 2004).

For the purpose of this paper, we have chosen the indicators of domestic material/energy consumption (DMC/DEC) and direct material/energy input (DMI/DEI) of biomass and fossil fuels. These indicators are closely related to ecological footprinting as they both deal with the extraction of biomass, fossils, and physical foreign trade and have a strong connection to land use. The EF is intimately related to socioeconomic metabolism: the largest EF components are usually grasslands, croplands and forests providing socioeconomic biomass inputs, and CO₂ absorption land related to fossil-fuel combustion (Haberl et al., 2001).

The direct material input (DMI) of biomass is calculated as imports plus domestic extraction. Domestic material consumption (DMC) of biomass is defined as biomass DMI minus biomass exports.

Direct energy input of fossils (DEI) is defined in the same way as DMI, as imports plus domestic extraction of fossils. Domestic energy consumption (DEC) is defined as DEI minus exports. Domestic energy consumption (DMI) is defined as DEI minus exports.

Ecological Footprint

The ecological footprint of a certain economy (city, person, economic sector,.....) is the productive area needed to produce resources which the economic system uses, and to absorb wastes it emits to the environment (mostly only CO₂ released from combustion processes in energy production).

The calculation introduced by the authors of this concept is presented mainly as a snapshot usually for a certain year (Wackernagel and Rees, 1996, Wackernagel et al., 1999). For the time series analysis there is a need for a slight simplification as the adoption of the methodology used for "one year calculation" would lead to insuperable complications. A calculation of the EF for a time span of 80 years is

204 Environmental Growth

not a straightforward application of the commonly used EF methodology (Wackernagel and Rees, 1996; Wackernagel et al., 1999). The footprint method has been modified for use in time series calculations for example by Haberl et al. (2001) and Erb (2004).

The EF of a national economy is calculated by assessing the ecologically productive area necessary to sustain its material and energy flows (both for producing the used resources and for absorbing the generated wastes) and the areas used for infrastructure (built-up land). Whereas the amount of area needed to absorb a defined amount of CO₂ should arguably be based upon global average forest productivity (because atmospheric CO₂ enrichment is a global problem) and can be assumed to be approximately constant over time, both assumptions are questionable with respect to socioeconomic biomass flows: agricultural and forest yields are not constant over time and vary considerably between regions. Thus, in calculating the EF in time series the question arises which yield (productivity per unit area) should be assumed for converting biomass flows into footprint areas (Haberl et al., 2001).

In order to be able to compare the ecological footprint of different countries, the classical EF methodology uses global productivity averages to calculate the EF of any specific resource category used. For example, for calculating the EF of the wheat consumption of country A, the 'apparent consumption' (i.e. domestic extraction plus imports minus exports) of wheat [tonnes] in country A is divided by the global average wheat productivity yield [tonnes per hectare], resulting in the number of hectares necessary to sustain the wheat consumption of country A, assuming global yields. But, the actual productivity of the cropland in country A can be higher or lower than the global average. To make BC available in country A comparable to A's consumption, a so-called 'yield factor' is introduced for each land-use category, defined as the ratio of the specific productivity of

the country to global productivity (Wackernagel et al., 1999). Therefore, the BC of a country is not

necessarily equal to its biologically productive area, but depends also on the productivity of this area

compared to world average productivity (Haberl et al., 2001).

In a time series calculation this spatial and temporal variability of yields poses a problem (Haberl et al., 2001): which yield should be used for converting consumption [kg] into area [ha]? This question has a significant impact on the results of EF calculations because yields for any given product can vary by factors of up to 10 over space and time. According to Haberl et al. (2001): instead of deciding this question on the basis of ad hoc considerations, we have chosen to calculate the EF in Czechoslovakia 1926-2000 using three different methods. The calculations assume (1) constant global yields as of 1995 (Method 1); (2) variable global yields (Method 2); and (3) variable local yields for domestic extraction and variable global yields for imported biomass (Method 3). The fossil-energy footprint is evaluated on the basis of constant carbon sequestration rates published by Wackernagel (1999).

The biocapacity (BC) has been assessed in an analogous way: for Method 1, the local BC of the area lying within the country is modified using the so-called 'yield factors' as described by Wackernagel et al. (1999).

Precisely speaking, the yields factors in this case mean the local yields for a given year divided by the global average yield for the same year and consumption category (e.g. wheat). Method 1 uses only the global yield for 1995, Method 2 uses variable global yields (compiled by Haberl et al. (2001)). For Method 3, the local biocapacity equals the actual local area of productive land. For the purpose of this article, we calculated only the local biocapacity.

These three methods answer different questions. The method GYvar refers to the question: 'how much globally average grassland, cropland, forest (and sea space) would be necessary to sustain the societal metabolism of a country, given yields at that time (and including CO₂ absorption area), and how much area does the infrastructure in the country cover?' The method LYvar refers to the question: 'how much bioproductive area is: (1) actually used to supply biomass-derived products consumed within a country, domestically or abroad, assuming actual, regionally differentiated yields; and (2) how much globally average bioproductive area would be necessary either to absorb the fossil-fuel derived CO₂ or to produce an equal amount of energy renewably?' While the consumption of 1 kg of wheat will be assigned the same footprint in all countries if the EF in the method GYvar (and GY95), the method LYvar assigns different footprints to the consumption of 1 kg of wheat, depending on the supply mix (domestic, imported) and on the respective yields (Haberl et al., 2001).

Data

This paper builds on a dataset compiled within the project of the Institute of Interdisciplinary Studies of Klagenfurt University (IFF) "The transformation of society's natural relations: from the agrarian to the industrial system". The database on social energy metabolism has been compiled from a number of different types of data sources:

Annual publications of the respective statistical offices (Czechoslovak Statistical Office 1920-1939 and 1949 – 1968; Czechoslovak Federal Statistical Office 1969-1992; Czech and Slovak Statistical Offices (since 1993). The most important sources of primary data were official publications by the national statistical offices of the respective states. Statistics has a long tradition in Czechoslovakia and the Czech and Slovak Republics. After the collapse of the Austro-Hungarian Empire, the newly formed Czechoslovak Republic basically continued the elaborate and detailed system of collection and publication of statistical data which was established by the "Central Statistic Commission" of the former empire. The system of reporting continued in its basic structure throughout the 20th century and has been continued by the Czech and Slovak Statistical Offices after 1991.

International statistical sources: Faostat, International Energy Agency (IEA).

THE CASE OF CZECHOSLOVAKIA

Czechoslovakia was formed from several provinces of the collapsing Austro-Hungarian Empire in 1918, at the end of World War I. Czechoslovakia encompassed the historic lands of Bohemia, Moravia (these together make up present Czechia, whose politically correct name is the Czech Republic), Slovakia (then Upper Hungary) and a small portion of the Ukraine, called Sub-Carpathian Ruthenia (about 10 % of the Czechoslovak area). While Czechia was a strongly industrialized region already back in the Austro-Hungarian Empire, Slovakia was mainly characterized by extensive agricultural production and industry represented a very small proportion of its economy.

Major changes in nature-society interactions occurred on the territory of Czechia in the second half of the 19th century, after the onset of the Industrial Revolution (1830), which brought the processes of industrialisation followed by urbanization and demographic growth. In the agricultural landscape these changes have mainly been driven by the impacts of the Agricultural Revolution. During the second half of the 19th century entirely new industrial, demographic, and transportation systems came into existence along with the creation of industrial regions and the so-called production-agricultural regions (Bicik et. al, 2001).

Czechia was the most industrialised part of the Habsburg monarchy (Austro-Hungary Empire), composed, from 1867, of the territories of present-day Austria, Czechia, Galicia, Slovenia, and Istria (altogether the so-called Cis-Leitania), and its eastern part, Trans-Leitania, was composed of present-day Hungary, Slovakia, Croatia, and Transylvania (the northern part of Romania). The share of Czechia's production compared to the total production of Cis-Leitania in 1913 was as follows: hard coal 86.7 %, brown coal 84 %, sugar beet 95.3 %. In 1900, some 60.7 % of all steam engines used in the industries of Cis-Leitania were on Czechia's territory; in 1913 this share was 59.3 %. Czechia covered only 26.4 % of Cis-Leitania, but contained 38.5 % of its arable land and 35.5 % of the population (Prehled).

In the interwar period, Czechoslovakia became the most prosperous and politically stable and the only fully democratic country in Eastern Europe. But it faced a deep economic disparity between Czechia and Slovakia, deepened on the national market, reduced in comparison with pre-1918, by a serious economic crisis of the 1930s, and, last but not least, serious problems with the numerous minority of Czechoslovak Germans (about one fourth of the total population), who settled mainly in the borderlands. The process of industrial restructuring from the formerly dominant light to heavy industries began, along with increased coal extraction.

Czechia was occupied by Nazi Germany in 1939-1945, Slovakia became an "independent" state under the German rule.

Dramatic societal and economic changes took place after the Second World War, during the Communist period (1948-1989) and under Soviet domination. The processes of nationalisation and industrialisation led to an enormous increase in the exploitation of natural resources (Jelecek, 1995).

The Velvet Revolution in 1989 brought further dramatic changes. The transformation from a centrally planned economy to capitalism caused the collapse of Eastern markets and heavy industries, and a restructuring of agriculture. In 1993 Czechoslovakia divided into Czechia and Slovakia.

CONCLUSIONS

MEFA

Please note that for the war period it was not possible to obtain serious data, the data gap resulting in figures quoted as empty spaces.

The intensification of agriculture, together with the fact that Czechoslovakia was historically an economy strongly focused on extraction of coal and heavy industries, has also resulted in the presented flows of biomass and fossils. Figure 1 shows the domestic material input (DMI) and domestic material consumption of biomass (DMC), and the domestic energy input (DEI) and domestic energy consumption (DEC) of fossils in absolute values and also expressed in per capita values. Both escalated during the 1970s and 1980s. While biomass extraction retained the pre-war volume in the 1960s, the fossils rose in an unprecedented way. Both fell dramatically after the Velvet Revolution in 1989 with the collapse of the Eastern markets and the heavy industries and the restructuring of agriculture. The time series unfortunately do not allow us to interpret what happened after the slowing down of this decrease as a longer time line is needed. However, these material and energy flows seem to have risen again.

The DMC of biomass grew from 43 Mt in 1920 to 73 Mt in 1925, then started decreasing slowly over the next ten years, and dropped before the Second World War with the economic crisis. The same volume as was the highest rate in the pre War period occurred after war in the 1960s, growing from about 65 Mt to over 85 Mt. It should be mentioned here that imports also played a key role in this growth. The negative trade balance (net imports) of biomass amounted to between 20 and 30 Mt (1-2 t/cap.) in the 1960s to 1970s. After a climax in the 1970s and early 1980s (up to 90 Mt) the growing trend reversed. After a stagnation in the 1980s came a rapid decrease after the Velvet Revolution in 1989 to a level between 50 and 60 Mt. In the last studied years, the DMC of biomass seems to have increased again. In per capita values the DMC of biomass grew from 3.3 in 1920 to 5.1 t/cap. in 1927, then dropped, and grew after the war up to 6.2 t/cap in 1968. During the end of the 1980s it fluctuated around 5.5 t/cap. and then fell to 3.8 and 3.4 t/cap. in 2001 and 2002, respectively.

The DE of biomass grew from 44 Mt in 1920 to 67 Mt in 1925. Then the DE of biomass dropped to 61 Mt in 1936. After the war the DE began to grow again and retained the pre-war volume in the 1960s (58 Mt in 1968). Then it fluctuated around 60 Mt (60 Mt in 1980, 65 Mt in 1985 and 60 Mt in 1990). After 1989 a

208 Environmental Growth

steep decline started to 49 Mt in 1995 and 43 Mt in 2000. In 2001 and 2002 it was 47 Mt.

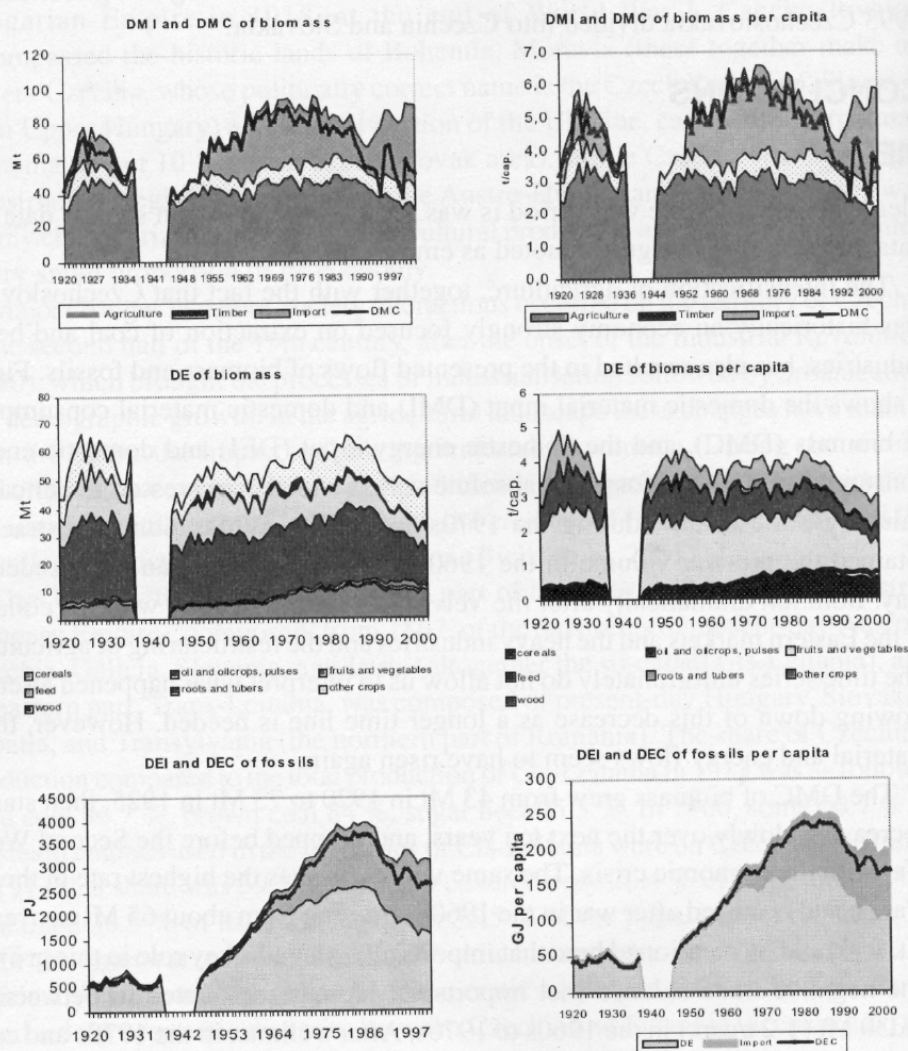


Fig. 1 Direct material input, direct material consumption, domestic extraction of biomass, direct energy input of fossils and domestic energy consumption of fossils for the territory of Czechoslovakia (after the division for Czechia plus Slovakia). The direct material input (DMI) of biomass is calculated as imports plus domestic extraction. Domestic extraction is broken down into the main categories of agriculturally produced biomass (biomass for food and fodder) and biomass from forests (timber). Domestic material consumption (DMC) of biomass is defined as biomass DMI minus biomass exports. Direct energy input of fossils (DEI) is defined in the same way as DMI as imports plus domestic extraction of fossils. Domestic energy consumption of fossils (DEC) is defined as DEI of fossils minus exports of fossils.

The DE per capita followed a trend comparable with that of the DMC. After an increase between 1920 and 1925 (3.4 and 5 t/cap. respectively) came a decline in the pre-war years to 4.2 t/cap. in 1936. After the war it grew up to 4 t/cap. in 1968 and kept a more or less steady level until the 1980s (4 t/cap. in 1973, 3.9 t/cap. in 1980, and 4.2 t/cap. in 1985). From 3.8 t/cap. in 1990 the DE decreases to 3.1 t/cap. in 1995 and 2.8 t/cap. in 2000. The following two years it rested on the level of 3 t/cap.

The DMC of fossils grew from 1920 to 1980 more than six times: from 579 to 3690 PJ. After the Velvet Revolution the DMC of fossils dropped to 2665 PJ in 2000. In per capita values it rose from 45 to 241 GJ/cap. After the Revolution it dropped to 170 GJ/cap.

The DMI of both biomass and fossils developed similarly to the DMC: one percent above it over the entire period, except for the last ten years, when the DMI has been growing while the DMC has been decreasing.

Ecological Footprint

In general, please note that the results for the years between 1936 and 1950 should be left out of consideration. These data are interpolations between the last point of time before the Second World War (1936) and the first point of time after the Second World War (1950), for which there are no consistent data. In the beginning we can comment on the footprint result as a confirmation of what was already said for the case of MEFA: a strong emphasis on fossils during the monitored time period and an increase in the use of biomass (DE as well as imports).

Fig. 2 shows the results of our footprint calculations.

In the left-hand column the EF is expressed in absolute values (km²), the right-hand column represents the local biocapacity (km²). For comparison: Czechoslovakia's total area was about 127900 km² (before the division in 1991; 0.8 ha/cap.); the potential biologically productive area was about 122311 km², 0.7 ha/cap. in 1991; compared to the area of 1 ha/cap. and biocapacity of 0.99 ha/cap. in 1926.

The three methods lead to dramatically different results: the method GY95 yields an EF of 139780 km² in 1926, raising to 185089 km² in 1950, more than tripling afterwards to 608476 km² in 1985, when it culminated. The decline in the EF before the Second World War reflects the effects of the economic crisis. The increase in the footprint area after the Second World War reflects the rising level of biomass and mainly coal consumption. If we take into account population growth by calculating a per capita footprint, we get an increase from 1 to 2.7 ha/cap. The method GYvar leads to an EF doubled between 1926 and 2000 with its maximum point again in 1985. In 1926, in 1985, and in 2000 the footprint was 297719; 812283; and 598734 km², respectively). Czechoslovakia's (and after 1993 Czechia's plus Slovakia's) population grew from 13.6 to 15.7 million over the same period and the per capita footprint rose from 2.2 to 3.8 ha/cap with its maximum point again in 1985 at 5.2 ha/cap.

The Long Term Industrial 211

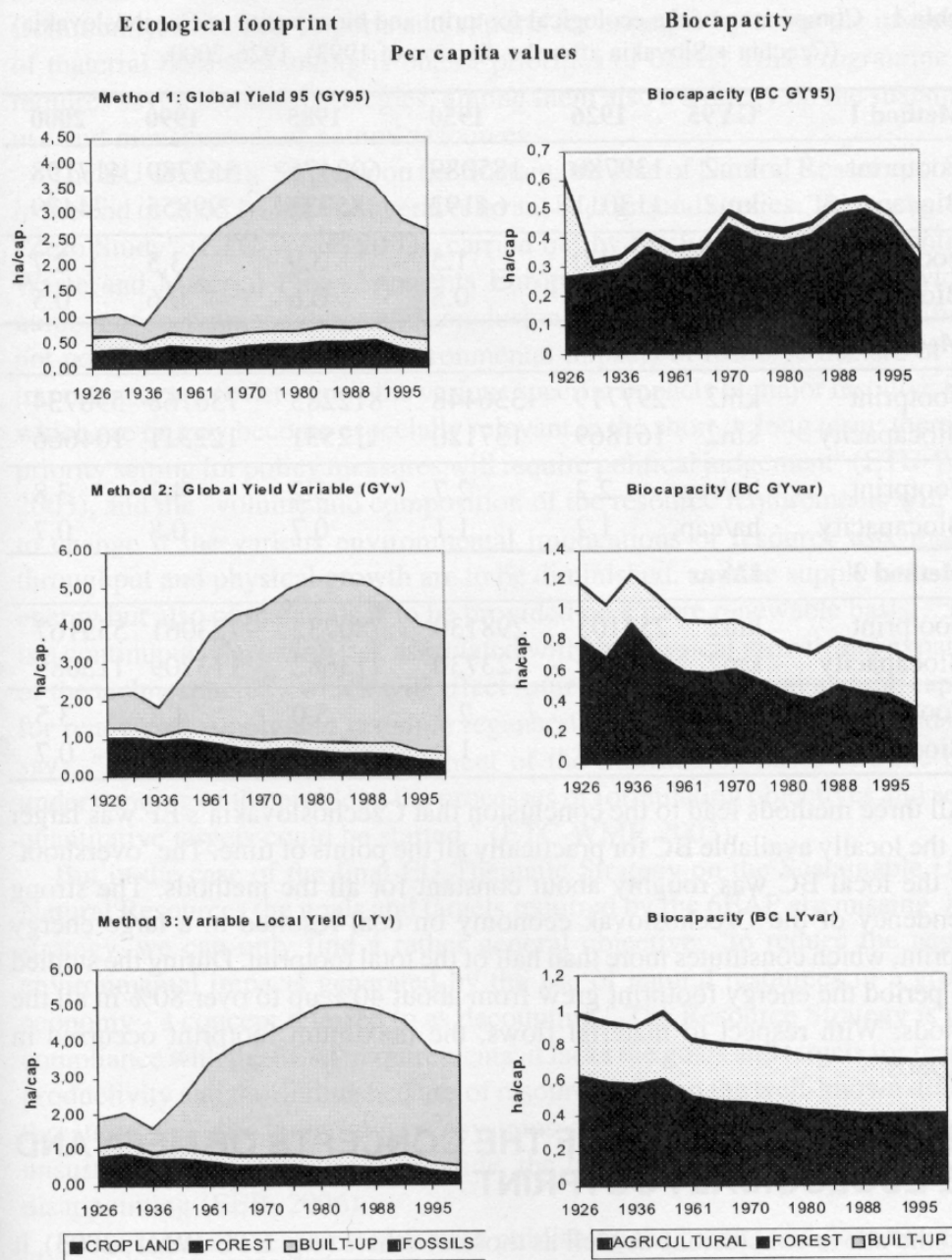


Fig. 3 The ecological footprint and local biocapacity of the territory of Czechoslovakia (after the divide into Czechia, and Slovakia, these two countries have been added up.) Per capita values.

212 Environmental Growth

Table 1 Comparison of the ecological footprint and biocapacity of Czechoslovakia (Czechia + Slovakia after the division of 1993), 1926-2000.

Method 1	GY95	1926	1950	1985	1990	2000
Footprint	km2	139780	185089	608476	553789	417198
Biocapacity	km2	113011	64192	85933	99855	74479
Footprint	ha/cap.	1.0	1.5	3.9	3.5	2.7
Biocapacity	ha/cap.	0.8	0.5	0.6	0.6	0.5
Method 2	GYvar					
Footprint	km2	297719	336448	812283	736168	598734
Biocapacity	km2	161869	137120	112531	122311	104666
Footprint	ha/cap.	2.2	2.7	5.2	4.7	3.8
Biocapacity	ha/cap.	1.2	1.1	0.7	0.8	0.7
Method 3	LYvar					
Footprint	km2	253103	298130	780732	723061	555167
Biocapacity	km2	134889	123730	113682	113709	113085
Footprint	ha/cap.	1.9	2.4	5.0	4.6	3.5
Biocapacity	ha/cap.	1.0	1.0	0.7	0.7	0.7

All three methods lead to the conclusion that Czechoslovakia's EF was larger than the locally available BC for practically all the points of time. The 'overshoot' over the local BC was roughly about constant for all the methods. The strong dependency of the Czechoslovak economy on coal resulted in a large energy footprint, which constitutes more than half of the total footprint. During the studied time period the energy footprint grew from about 40% up to over 80% in all the methods. With respect to material flows, the maximum footprint occurred in the 1980s.

POLICY IMPLICATIONS OF THE CONCEPTS OF MEFA AND THE ECOLOGICAL FOOTPRINT

From the above conclusions as well as those of others (e.g. ETC-WMF, 2003), it is clear that the current resource use is mostly unsustainable. The time series approaches allow us to track a very important characteristic - the trend, i.e. not only the obvious crossing of limits expressed as ecologically productive land in the ecological footprint method, but the trend of material use, which could serve as a base for policy making using the precautionary principle.

Natural resources and waste sinks are the basis on which our societies depend. The Sixth Community Environment Action Programme (6EAP) states that "there is a limited capacity of the planet to meet the increasing demand for resources and to absorb the emissions and waste resulting from their use and there is evidence that the existing demand exceeds the carrying capacity of the environment in

several cases" (EU, 2002). An estimate of materials and waste streams in the Community, including imports and exports for example by using the instrument of material flow accounting is one of priorities of 6EAP. This Programme also requires seven thematic strategies, among them also a strategy on the sustainable use and management of natural resources.

The EU Thematic Strategy on the Sustainable Use of Natural Resources issued in the end of 2005 builds on several relevant background studies. The background "Zero Study" (ETC-WMF, 2003), carried out by the European Topic Centre on Waste and Material Flows, presents European material flows and provides a number of recommendations and conclusions. One of them is: "it is scientifically not possible to assess which environmental impacts of resource use are of prior importance, nor to determine the various specific impacts of major resource flows which are or may become especially relevant in the short or long term; therefore, priority setting for policy measures will require political judgement" (ETC-WMF, 2003), and the "volume and composition of the resource requirements will have to change if the various environmental implications of resource use, material throughput and physical growth are to be diminished, and the supply not only of energy but also of materials is to be provided on a more renewable basis;...there is a continuously growing risk associated with the physical growth and expansion of the technosphere,... which will affect future waste generation and the capacity for renewable supply and resource regeneration". One of the recommendations says, "In parallel to the improvement of the information bases and the better understanding of the problem, the processes of formulating objectives and setting quantitative targets could be started," (ETC-WMF, 2003).

But in the case of the final EU Thematic Strategy on the Sustainable Use of Natural Resources the goals and targets required by the 6EAP are missing. In the strategy, we can only find a rather general objective: "to reduce the negative environmental impacts generated by the use of natural resources in a growing economy - a concept referred to as decoupling." The Resource Strategy is not in compliance with the 6EAP requirements: it lacks the goals and targets for resource productivity and the diminished use of resources. Given the well-known dramatic threats to the climate system, ecosystems and productive capacity caused by unsustainable resource use worldwide, the lack of ambition and targets is very disappointing (EEB, 2006).

Since scientific research ends with publishing the results and does not go any further, and, as has been already quoted, "a solely science-based target setting seems unrealistic" (ETC-WMF, 2003), solutions in reality depend mainly on political will. What still seems weak and undervalued is the popularization of scientific findings using MEFA tools.

On the other hand, with its attractiveness the ecological footprint can stimulate wide public debate on the related issues and initiate interests and public participation although its political and scientific acceptance is not as strong as that of MEFA tools. Solving problems of sustainable resource use as well as other topics related to sustainability are highly complex and multi-scale processes

214 Environmental Growth

in which not only scientific knowledge and political debate are sufficient. The public acceptance of possible solutions and pressure on politicians seems to play one of the key roles in this process.

Acknowledgements

This article is the output of the grant project funded by the Grant Agency of Charles University (GAUK).

Thanks also to Karl-Heinz Erb for providing the global yields compiled data sheet and Fridolin Krausmann (both from IFF-Social Ecology in Vienna) for valuable comments and supervising of the compilation of the background dataset for Czechoslovakia. Last but not least to Leos Jelecek from Charles University.

Literature

1. Ayres, R.U., Simonis, U. E., (1994): *Industrial Metabolism: Restructuring for Sustainable Development*, Tokyo, New York, Paris, United Nations University Press.
2. Bicik, I., Jelecek, L., Stepanek, V., (2001): Land-use changes and their social driving forces in Czechia in the 19th and 20th centuries, *Land Use Policy* 18 (2001) 65 - 73.
3. EEB (2006): A targeted strategy on resource use-EEB position paper on The Commission's Communication on Natural Resources.
4. Erb, KH., (2004): Actual Land Demand of Austria 1926 - 2000: A Variation on Ecological
5. Footprint Assessments. *Land Use Policy* 21(3).
6. ETC-WMF (European topic centre on waste and material flows), (2003): *Zero Study: Resource Use in European Countries. An estimate of materials and waste streams in the Community, including imports and exports using the instrument of material flow analysis.* ETC-WMF, prepared by Moll, S., Bringezu, S., and Schütz, H., Copenhagen.
7. Eurostat, (2001): *Material use in the European Union 1980–2000. Indicators and Analysis. Working Papers and Studies.* Luxembourg.
8. EU (2002): Decision No 1600/2002/EC of the European Parliament and of the Council of 22 July 2002 laying down the Sixth Community Environment Action Programme, published in OJ L 242 of 10/9/2002.
9. Fischer-Kowalski, M., Weisz, H., (1999): Society as Hybrid Between Material and Symbolic Realms, *Toward a Theoretical Framework of Society-Nature Interrelation: Advances in Human Ecology*, v. 8, p. 215–251.
10. Guerrero, A. I., Suárez Guerrero, M. G., (1999): National natural capital accounting with the ecological footprint concept, *Ecological Economics*, 29: 375–390.

11. Haberl, H., Erb, K., H., Krausmann, F., (2001): How to calculate and interpret ecological footprint for long periods of time: the case of Austria 1926 - 1995, *Ecological Economics* 38 (2001) 25 – 45.
12. Jelecek, L. (1995): Changes in Production and Techniques in the Agriculture of Bohemia 1870–1945. In: M.A. Havinden and E.J.T. Collins (Eds.): *Agriculture in the Industrial State*. University of Reading, Rural History Centre, Reading, UK, pp. 126–145.
13. Krausmann, F.; Haberl, H.; Erb, K.; Wackernagel, M. (2004): Resource flows and land use in Austria 1950–2000: Using the MEFA framework to monitor society-nature interaction for sustainability. In: *Land Use Policy* 21(3): 215-230.
14. *Prehled dejin Ceskoslovenska II/2* (1960): (An outline of history of Czechoslovakia). Nakladatelstvi CSAV. Praha, 1960.
15. Wackernagel, M. et. Rees, W. (1996). *Our Ecological Footprint. Reducing Human Impact on the Earth*. Gabriola Island, BC, New Society Publishers.
16. Wackernagel, M., Lewan, L., Borgström -Hansson, C., 1999. Evaluating the use of natural capital with the ecological footprint, applications in Sweden and subregions. *Ambio* 28, 604–612.
17. Wackernagel, M., Lewan, L., Borgström-Hansson, C., (1999): Evaluating the use of natural capital with the ecological footprint, applications in Sweden and subregions. *Ambio* 28, 604-612.

III) LUSTIGOVÁ, L., KUŠKOVÁ, P. (2006): Ecological footprint in the organic farming system. *Agricultural Economics (CZ)*, 52, č. 11, s. 503–509.

Ecological footprint in the organic farming system

Ekologická stopa v systému ekologického zemědělství

L. LUSTIGOVÁ¹, P. KUŠKOVÁ²

¹*University of Economics, Prague, Czech Republic*

²*Charles University, Prague, Czech Republic*

Abstract: This text aims to introduce the results of the ecological footprint (EF) calculations in the system of organic agriculture (OA). The EF is an alternative indicator of the human activity impact on the environment. It is not calculated in monetary units but in hectares as an area needed for resourcing certain production or activity. OA is an agricultural system which respects natural cycles in ecosystems. It is based on old traditions and nowadays, with regard to environmental degradation, comes again forward. The text contains as well the results of some other researches studying mainly energy consumption in agriculture, which is further converted into the EF. The results, however, need to be compared very carefully, since the procedures of calculations as well as the organic farming rules in various countries or particular farms conditions and quality of input data of the mentioned studies may significantly differ. The authors cite them mainly because of illustrative reasons.

Key words: ecological footprint (EF), organic agriculture (OA), ecologically (biologically) productive area, energy consumption

Abstrakt: Tento text má za úkol představit výsledky propočtů ekologické stopy v systému ekologického zemědělství. Ekologická stopa je alternativním indikátorem vlivu lidské činnosti na životní prostředí, který není vyjádřen ekonomicky, ale prostorově. Ekologické zemědělství je systém hospodaření s důrazem na přirozené koloběhy v přírodě, který staví na staletých tradicích a nyní se v souvislosti s poškozením životního prostředí dostává opět ke slovu. Text obsahuje i výsledky dalších studií zabývajících se převážně zkoumáním spotřeby energie v zemědělství, což je následně přepočteno na ekologickou stopu. Výsledky jednotlivých studií je však potřebné porovnávat mezi sebou velmi opatrně, neboť jak metodiky výpočtů, tak zásady ekologického hospodaření v různých zemích, tak i podmínky konkrétních farem, na kterých byly studie prováděny, se mohou zásadně lišit. Autorky je zde uvádějí z důvodů spíše ilustrativních.

Klíčová slova: ekologická stopa, ekologické zemědělství, ekologicky (biologicky) produktivní plocha, spotřeba energie

Ecological footprint

The Ecological Footprint (EF) is an indicator of sustainable development, which shows the size of the biologically productive area necessary for resourcing the current consumption patterns when using common technologies. Many EF assumptions have been made on the global, national and regional level usually on the basis of international statistical data.

The EF is a tool used to determine an area needed for life necessities ensuring in the form of certain time unit consumption (usually 1 year). Further, it is compared with an ecologically productive area which is available. Usually a difference appears; when the area used is larger than the area available – then the situation is called the ecological deficit or a gap of

sustainable development. It is expressed as an extra amount of resources and services explored from nature which in the long term perspective causes environmental degradation and therefore such way of management is unsustainable.

One of the significant features of the current world is the fact that an individual or a nation influences with its requirements not only its own place but thanks to international trade appropriates as well remote resources. Human activity impact on ecosystem is shattered and the consequences in the form of natural capital destruction are often hidden. The consciousness of human dependency on nature is disappearing. The EF analysis summarizes the people's needs of productive area on the whole planet and gives it into one single number expressed in comprehensible

units, mostly hectares. It makes the human – nature relations transparent even for the wide public, who plays an important role in the present protection of nature.

The method of the EF was outlined in 1990s in the British Columbia University in Canada by Mathis Wackernagel and William Rees. Their key book "Our Ecological Footprint" subtitled "Reducing Human Impact on the Earth" was published in 1996 and soon became very popular. The authors were followed by many other scientists, who have tried to improve and develop the method.

In this book, the authors charted a basic way of calculation and listed five consumption categories: food, accommodation, transport, consumption goods, services. To each type of consumption, a category of land use is assigned: energetic land, built-up land, arable land, pastures and forest. While four of these categories need not to be explained, the energetic land is understood as an area of forest able to absorb CO₂ emitted by burning fossil fuels, which are the main source of energy.

When considering the consumption categories, needed sources and their amount for production must be found out (for example the amount of corn for bread production), and the so called "embodied" energy is calculated, which is necessary for production and use. The whole life cycle of a product must be considered: production, transport, usage including final disposal. For example the EF of a household contains the area on which the house stands, but includes among many others as well the energy for bricks production, the energy for heating and maintenance (Wackernagel, Rees 1996).

Calculations made from the national statistics from 1998 say that an average EF of a Czech is 6.7ha/person, while the available ecological capacity in the country is 2.4 ha/person. This means the Czech Republic lives in an ecological deficit and the current consumption patterns are unsustainable. The rate of the agricultural EF and agricultural land (together with production forests) is 114%, however, because of the lack of data not all inputs are included and the total rate is probably even higher (Kušková 2001).

Organic agriculture

The study has calculated the EF in the sector of organic agriculture (OA) which is a special agricultural system using environmentally friendly ways to suppress weeds, pests and diseases. It forbids synthetic pesticides and fertilizers, in animal husbandry it focuses on animal welfare, cares about harmony

of the whole agro-ecosystem and its biodiversity and prefers renewable sources of energy and materials recycling. It is a very progressive way of farming which builds on centuries of our ancestors' experience and respects natural cycles and relations. Therefore, it is able to produce a high quality food. It responds to the sustainable agricultural development principles, which claim the necessity of other than production function, for example the care for landscape or rural development.

OA is considered to be an alternative for solving problems like rural depopulation, decrease of workers in agricultural production and partly as well the problem of unequal regional development. The organic farmers voluntarily refuse the ecologically and health dangerous means of the intensive, chemicalized agriculture in order to produce the quality food and fodder, to maintain a long-lasting soil fertility, environmental friendly landscape management, to create new jobs and to maintain rural population.

OA has been a strategy worldwide supported for the couple of decades. In the Czech Republic, it has been developing since 1990, the largest increase of the ecologically managed area came between 1997–2003, especially because of the reintroduction of the state support system in 1998 (Urban et al. 2003).

METHODOLOGY

Calculations with real data

An agricultural farm close to Roudnice nad Labem was chosen to perform the calculations. The farm lies in the sugar beet production area, in the altitude of 160 m above the sea level, in the river-basin of Ohře, in the Dolnooharská plate. The annual average rainfall is 450 mm, the average temperature is 8°C. Plant production is influenced by the rain shadow of the Krušné hory and the České středohoří. Every year the no-rain periods appear in various duration and influence the farm outcome. Drought comes irregularly during spring, summer and autumn. The farm works on 70 ha altogether, which lie on strictly light sandy, naturally fertile loamy as well as on very heavy clayey soil. A quarter of the area is particularly problematic, as soon as an extreme weather comes in the form of drought or too much rain, the outcome is very much influenced. The outcomes on other areas are quite stable.

Regarding the importance of the energetic part of the EF indicator, the place and conditions of farming need to be taken definitely into consideration. They have a large impact on the fuel consumption. This

also partly explains the differences in the fuel consumptions which occur in various studies. Some of them are mentioned in this text together with listing of the probable reasons of these differences.

For the EF calculations, it is advisable to choose one single crop-plant and to calculate the EF per one hectare of this plant. Then it can be best used for comparison. For this purpose, it is one hectare of winter wheat. The total area of the farmed winter wheat is 12.98 ha. This is important for splitting the average hectare consumption of common inputs, say the transport of seed. *The question to be answered is the real area needed for the production of winter wheat on one hectare of organically managed land.*

After the discussion with the farmer, 11 operations appear to be undertaken on the field during one year. Fuel consumption according to the technical norms (1997) was assigned to each operation (MZ ČR 1997). The transport of mechanization to and from field is excluded (Table 1).

As regards fuel consumption: for the purpose of the EF, the number 71.37 l/ha needs to be converted to the area counted in hectares. Why? This area will be the energetic part of the EF, which in this case is interpreted as an area of forest needed to absorb CO₂ emitted when burning 71.37 l of fuel. The following conversion formula is taken from Wackernagel:

Table 1. Field operations and their fuel and labor demand

Operation	Fuel consumption (l/ha)	Labour consumption (h/ha)
1. transport of seed 250 km, 2 600 kg of seed, average consumption of van 15 l/100km, return run)	5.77	0.55
2. ploughing	21	1.1
3. harrowing	2.2	0.3
4. sowing	3.8	0.35
5. rolling after sowing	2.6	0.3
6. harrowing	2.2	0.3
7. harrowing of vegetation	1.6	0.2
8. combine harvesting	12	0.55
9. crushing of straw	2.5	0.55
10. transport of harvest	2.2	0.55
11. shallow ploughing	15.5	1
Total	71.37	5.75

Table 2. Conversion factors

1 l of fuel	35 MJ
1 GJ (EF)	0.01 ha
1 work day	6.5 MJ

... if there is 35 MJ in one liter of fuel (diesel), then the fuel consumption for one hectare equals 2497.95 MJ, roughly 2.5 GJ. The conversion coefficient from GJ to hectares is 100 GJ/ha/year, which means that one hectare of forest is necessary to absorb CO₂ emitted when burning fossil fuels that give the energy of 100 GJ. To absorb CO₂ from burning 2.5 GJ, 0.025 ha is needed (250 m²). This is the main part of the EF energetic part per one hectare of winter wheat grown in a particular case of organic farming.

To convert human labor to hectares is even more debatable. Here the base is in the work of Fluck (1992, cited in Krausmann 2004), where 6.5 MJ is an assumed output for one working day. For our particular case, there are 5.75 hours for a hectare (according to the technical norms from 1997). This number is in the whole calculation neglectable (0.65 m²), so it is omitted (Table 2).

To follow the procedure of the EF, an area of forest for needed wood should be included, but this is irrelevant in this case. The built-up area, in this case it is negligible as well since there is a farmer's house and some farm buildings but in the context of the whole farmed area it is insignificant. It might have its role in the case of growing herbs where the total growing area is much smaller than when growing crops or grazing cattle.

And to the total summary, we need to count the area where the crop is grown, which is one hectare.

The result is therefore as follows – the EF of growing one hectare of winter wheat in the system of organic farming on the given place is 1.025 ha.

COMPARISONS

To be able to interpret this number and to grasp it in some way, there are couple of other studies listed here. One is concerned with fuel consumption in Czech agriculture, the next one compares inputs into the conventional and organic farming in the conditions of south German mountains and the last one compares inputs into the same types of agriculture, however, there are not given any detailed data about the studied places or soil fertility. The given energetic inputs are converted by the same way as

above. Another important notion is that while the above mentioned calculation regards one hectare of a concrete crop, the other studies inform about the average energy consumption on a hectare.

1. Energy demand of agricultural production in the Czech Republic (Pastorek, Syrový 2001)

Fuel and energy consumption is not monitored in Czech agriculture as a whole, though it would not be a problem with the current technical and technological equipment of agricultural firms. It is really surprising that the state does not have an interest in monitoring these costs, from the very reason that the fuel consumption is partly subsidized by the state.

The authors of this study followed among other the consumption of fuel (diesel). Here it is important to realize that fuel consumption of mechanization is not the only energetic input into agriculture, especially in the conventional type of farming, so any possible comparison with the above calculation is rough. The total consumption was 560 400 thousand litres (2000). Divided by 3 062 009 ha of agricultural land in the Czech Republic it equals in average 183 l/ha. This means 0.064 ha of energetic area for one hectare of agricultural land. This consumption includes, however, service firms and non-agricultural activities of the farms. The consumption of agricultural primary production firms goes up to 503 031 thousand litres, in average 164 l/ha. In the EF language it equates 0.0574 ha of the energetic area.

For a rough comparison with the above mentioned case, it is best to calculate the EF energetic part per one average hectare of arable land. There the average consumption is 118 l/ha, which corresponds with 0.0413 ha of the EF energetic part.

The EF of an average hectare of arable land in the Czech Republic is 1.0413 ha. This number is underestimated since the fuel consumption is a part of all energy inputs into agriculture.

2. LCA analysis

The next study comes from a collection of the LCA analyses gathered by the BIO Intelligence Service, which have a general title "External Environmental effects related to the life cycle of products and services" and they are possible to access on the official web pages of the EU. The Life Cycle Assessment (LCA) is a review of the material and energetic flows coming and leaving all phases of a product's or a service's life in the form of input and output. It is a very significant

informational tool of ecological policy, which in fact illustrate the impact of a product (service) onto the whole society. Of course the method is not perfect. For example, there might be a problem when setting the borders of gathering the data, otherwise it would be impossible to reach any result. These borders are on the consideration of the researcher and he/she can decide not to include something what another person might consider important. For example, transport is often excluded from calculations.

Let us go back to the particular study. Here the authors compare the intensive (conventional), integrated and organic agriculture. For us, the first and third type is relevant. The unit for comparing is the amount of wheat containing 1 000 kg of protein, which in both types of agriculture means roughly 8 333 kg of wheat (12% of protein). The study includes only the phase of "production" and processing of corn, it does not go any further.

Intensive farming is a system with high inputs in the conditions of Great Britain – the intensive production system on large scales of arable land without animal husbandry, typical for East England, high inputs in form of fertilizers and plant protection agents. The usual yield is 8 t/ha.

Organic farming is a system with low inputs, according to the Swiss experience. Instead of artificial agents, manure is used together with mechanical or manual weed control. To reach 12% protein content, various types of wheat are grown. The usual yield is 4 t/ha.

The main features of these two production systems are listed in Table 3 (data for one hectare and year).

Note a higher amount of labour than there is in our calculation. It might be caused by harder conditions of the mountainous Switzerland or the administration may be included.

What are these results from the EF point of view? Energy consumption comes to 30 900 MJ for the intensively grown hectare of wheat, respectively 13 371 MJ for a hectare of organically grown wheat. These numbers seem to include not just the direct fuel consumption but also other energy, perhaps mainly originating in fertilizers and others chemicals production. After transferring the table number to J/ha, we get 4.4 GJ. The EF from this case is better to compare within these two mentioned types rather than with the above mentioned EF for Czech organic farmer since it is not certain that the content of given energy consumption fully corresponds with the calculation made on the Czech farm.

According to the given conversion coefficient (100 GJ/ha/year), the energetic part of the intensive farming EF results in 0.309 ha and for the organic

Table 3. Comparison of intensive and organic agriculture (data for 1 ha and 1 year)

	Intensive agriculture	Organic agriculture
Fertilizers: N (kg)	240	86
P (kg)	26	24
K (kg)	50	215
Number of active ingredients	115	0
Labour (hours)	15.6	31.5
Mechanization work (hours)	12.6	21.7
Fuel consumption (l)	125.4	125.8
Yield (t)	8	4

farming 0.134 ha. Let us omit again the energy of human labour and the built-up area of the farms (that we do not know anyway) as well as the "forest" part of the EF, which is irrelevant.

The EF of one hectare of wheat growing in the intensive agricultural system described in this study results in 1.309 ha, while in the organic farming system 1.134 ha.

A reader might be as well interested in other results of this study, where the given systems were compared not just from the point of view of energy consumption but as well CO₂ emissions, which means the impact on the greenhouse effect. Intensive agriculture is said to emit 4 400 kg CO₂/ha, organic agriculture 1 060 kg CO₂/ha. This difference confirms that the authors count more sources of CO₂ than the fuel consumption of field mechanization.

The whole study, however, aims at the calculations of total external costs caused by various types of agriculture. Intensive farming then causes total externalities of 100–310 EUR and organic agriculture 68–334 EUR. The results stay neutral, they do not claim explicitly that any of the studied type of agriculture is better or worse.

For a more detailed information please refer the web page cited at the end of this text.

3. South German LCA analysis (Haas et al. 2005)

The LCA analyses intensive, extensive and organic farming on 18 chosen farms. The researches compare energy consumption, the potential of global warming (CO₂ emissions), acidification (SO₂ emissions) and eutrophication (PO₄ emissions). Other analyzed categories, as for example biodiversity or landscape changes seem to be kind of independent on the farming type.

The research was undertaken on South-West of Bavarian region of Allgau. It already belongs to the hilly sub-alpine landscape, which is an important fact for comparing the results. For example the fuel consumption depends very much on the natural conditions of the place. Here it is also a recreational area. There are usually small agricultural firms in average with 20 hectares, 23 cows, who annually give 6 060 kg of milk.

For the EF energetic part calculation, the energy consumption per one hectare is the most important entry. The authors summed the following data: the direct use of fossil fuels (field mechanization fuel), the indirect use of fossil fuels (chemicals and fertilizers production, ...), the electricity or gas (hay drying) and the bought fodder.

Before presentation of the results, please note again some differences from the first case. Once more it is more appropriate to compare the results within this one study rather than with other studies, unless it is certain that the method and input data have the same content. In this case, the farms lie in the mountains which mean other conditions, they are focused on dairy production so the EF transferred from the given energy consumption will not be an EF of one hectare of wheat but the EF of the average hectare on a farm with animal husbandry. In the calculation, the "forest" part, manual labor and built-up area are again omitted. The main part of the EF is again the given hectare – this time dedicated for animal production – and the energy consumption for its maintaining (including the maintenance of the cows grazing on this hectare).

Energy consumption on intensive farms is 19.1 GJ per ha, the highest part of this consumption falls on hay drying and fuel. The energetic part of the EF is therefore 0.191 ha. Alternatively the consumption may be calculated per one tone of produced milk,

Table 4. The comparison of the results of various studies

	Energy land (ha)/ agricultural land (ha)	EF (ha)
Organic winter wheat	0.025	1.025
<i>Pastorek and Syrový Study</i>		
an average Czech agricultural hectare	0.064	1.064
primary production per hectare of Czech agriculture	0.057	1.057
an average hectare of arable land	0.041	1.041
<i>The BIO Intelligence Study</i>		
Intensive agriculture	0.309	1.309
Organic agriculture	0.134	1.134
<i>The Allgau Study</i>		
Intensive pastures	0.191	1.191
Alternative pastures	0.059	1.059

Table 5. Comparison of CO₂ emissions of intensive and organic agriculture

	CO ₂ emissions (t CO ₂ eq./ha)	
	intensive agriculture	organic agriculture
The BIO Intelligence Study	4.4	1.06
The Allgau Study	9.4	6.3

which gives 2.7 GJ/t on intensive farms. For organic agriculture, the energy consumption results in 5.9 GJ per ha, respectively 1.2 GJ/t.

The EF of the intensively farmed area in the given conditions results in 1.191 ha/ha while the organic farms stump just on 1.059 ha/ha.

Another German study by Haas et al. (1995) states the energy consumption of conventional farms 19.4 GJ per ha and 6.8 GJ/ha of organic farms. A study of Swedish dairy farms shows energy consumption 2.85 GJ/t at the conventional farms and 2.4 GJ/t at the organic farms, which is twice as much as in Allgau. A different calculation may be an explanation.

Just for the interest of the reader, there is a comparison of the emitted greenhouse gases in the Allgau study and the study in point 2. These figures are quite different – the intensive Allgau agriculture emits in average 9.4 tonnes CO₂ eq./ha, organic farming 6.3 tones CO₂ eq./ha, while at the previous study it was 4.4 t CO₂ eq./ha, respectively 1.06 t CO₂ eq./ha. It is not evident how to interpret this difference, let us suppose it was a different procedure of calculation.

See Table 4 and 5 for comparison.

CONCLUSION

As we see from the previous text, organic farming is in most cases a more environmental friendly way of agriculture, though the chosen indicator of ecological footprint is not the best one to confirm fully this hypothesis. There are other aspects in which the organic farming relates more to sustainable development than intensive farming, as for example the care for soil fertility or better conditions for wildlife. Most of the advantages of organic farming cannot in fact to be illustrated by the ecological footprint. Still, even if we are limited to energy consumption, we can see the difference which is mainly caused by the omittance of artificial substances.

Acknowledgments:

We would like to thank very much to Mr. Karel Tachecí, the farmer who has provided the data, and to Mr. Tomáš Zidek from the Research Institute of Agricultural Economics for consultations about organic farming.

REFERENCES

- Bio Intelligence Service (2003): External environmental effects related to the life cycle of products and services. http://europa.eu.int/comm/environment/ipp/pdf/ext_effects_appendix2.pdf (read 10.12.2004)
- Haas G., Wetterich F., Kopke U. (2001): Comparing intensive, extensified and organic grassland farming in southern Germany by process life cycle assessment. Institute of Organic Agriculture, University of Bonn, Germany; www.sciencedirect.com
- Krausmann F. (2004): Milk, manure and muscle power. Livestock and the transformation of pre-industrial agriculture in Central Europe. *Human Ecology*, 32 (6): 735–772.
- Kušková P. (2001): Ekologická stopa České republiky. [Graduation thesis.] Ústav pro životní prostředí, PřF UK, Praha.
- Pastorek Z., Syrový O. (2001): Objektivizace normativů spotřeby pohonných hmot a energie na výrobu zemědělských produktů a tvorba jejich databáze. Research project of the Ministry of Agriculture CR QC 0009.
- Příručka pro zemědělce a poradce (2.díl) (1997): Technologické, technické a ekonomické normativní ukazatele pro zemědělství České republiky. MZ České republiky, odbor informatiky, Praha, 284 s.
- Urban J., Šarapatka B. et al. (2003): Ekologické zemědělství (1. díl – Základy ekologického zemědělství). Agroenvironment, MŽP Praha.
- Wackernagel M., Rees W. (1996): Our Ecological Footprint. Reducing Human Impact on the Earth. New Society Publishers, Gabriola Island, BC.

Arrived on 27th February 2006

Contact address:

Lucie Lustigová, University of Economics, Department of Environmental Economics, W. Churchill Sq. 4,
130 67 Prague, Czech Republic
tel: +420 224 095 111, +420 493 591 009, e-mail: Luclus@centrum.cz

IV) KUŠKOVÁ, P. (2008): Social metabolism within the Czechoslovak territory from a historical perspective – energy flow analysis. In: Szabó, P. and Hédli, R. (eds): Human Nature: Studies in Historical Ecology and Environmental History. Institute of Botany of the ASCR, Brno, s. 74–85.

Social metabolism within the Czechoslovak territory from a historical perspective – energy flows analysis

Petra Kušková

Abstract

This study is based on concepts of social metabolism and on methods of material and energy flow analysis (in this case we focus on energy flows which are material flows converted into energy units). The work is based on an existing database compiled by the author of this paper in cooperation with IFF Social Ecology in Vienna. The data have been collected and organized with respect to the development of land use and socio-economic material flows: domestic extraction, imports and exports of biomass and fossil fuels; and socio-economic parameters: gross domestic product (GDP) and population. The database has been compiled for the territory of the former Czechoslovak Republic from its very beginning (1918) to 1989 and after the Velvet Revolution in 1989 for Czechia plus Slovakia.

The present Czechia and Slovakia (Czechoslovakia before 1993) are successor countries of the Austrian-Hungarian Empire, which included, between 1867 and 1918, present-day Austria, Czechia, Slovakia, Slovenia, Hungary and Croatia (and also parts of present-day Poland, Italy and Romania). The Czechoslovak Republic, as the most industrialized part of the Empire, had a precondition to be a country with a high volume of material flows from its very beginning. Moreover, the post-war period (WWII) was largely characterized by a further development of heavy industry, coal extraction and massive intensification of agriculture. This resulted in volumes of energy (and material) flows of both biomass and fossil fuels, on which our work mainly focuses.

Several energy flows (EFA) indicators, such as DEC (domestic energy consumption) of fossil fuels and biomass, will be presented in relation to land use and its structural changes, population and GDP.

Keywords: material and energy flow analysis (MEFA), MFA-indicators, domestic energy consumption, domestic extraction, domestic energy input, domestic energy consumption, social metabolism, environmental history, land use change.

Introduction

There has been a growing interest among scientists in studying society-nature interactions in the last two decades. Many analyses have been carried out from a historical perspective to better understand the present state and possible future trends of the above mentioned society-nature interactions.

Interactions between human activities and natural processes have complex characteristics: human economy extracts materials from the earth and emits back its wastes. The economic system functions in an analogy to a living organism and those processes are called “industrial metabolism” (Ayres & Simonis 1994). The term “social metabolism” is also used (see for example Fischer-Kowalski & Weisz 1999).

This paper deals with the society-nature interactions within the territory of Czechoslovakia from 1920 to 1990. After the division of Czechoslovakia into Czechia and Slovakia, values are summed up for these two successor countries (1995–2003).

The work uses the concept of social metabolism – namely energy flow accounting (EFA) because it allows us to quantify society-nature relations and also to compare and analyse e.g. biomass flows and fossil fuels in one unit of measurement (Joules). This way we get closer to assessing the potential environmental impacts of energy flows in future research.

Social metabolism within the Czechoslovak territory from a historical perspective

Energy flows of biomass and fossil fuels are presented together with socioeconomic indicators (gross domestic product – GDP and population) and linked to land use, as land is the main productive resource to sustain economies – all resources for its functioning must be produced by productive land (or by the area of mines).

Methods and data

Energy Flow Accounting (EFA)

Energy Flow Accounting (or Analysis) (EFA) and indicators derived from it are supplemented to MFA (Material Flow Accounting/Analysis); both quantify materials and energy entering and leaving a socio-economic system. The main differences are units of expression of results: weight units (tones) in case of MFA and energy units (Joules) in case of EFA. In compliance with the first law of thermodynamics (conservation of energy/matter), MEFA (Material and Energy Flow Analysis) establishes balance sheets of physical flows: inputs, outputs and material accumulation of socio-economic systems (Eurostat 2001). MEFA methodology allows for both time series analysis and cross-country comparison (e.g. Eurostat 2002).

The main indicators derived from MEFA are domestic material/energy consumption (DMC/DEC) and direct material/energy input (DMI/DEI), the physical trade balance (PTB), domestic processed outputs (DPO) and net addition to stocks (NAS) (Krausmann et al. 2004). Standard Material Flow Accounting (MFA) aggregates material flows in tones and Energy Flow Accounting (EFA) converts these flows into energy, namely into gross calorific values of all items included. Material given in mass was converted into energy units applying the specific energy contents (gross calorific value) of the respective material (Haberl 1995). All MEFA data can be disaggregated with respect to physical characteristics: fossil fuels, biomass, fertilizers, etc. (Krausmann et al. 2004). For the purpose of this analysis, I have chosen the energy flow indicators of biomass and fossil fuels, namely domestic energy consumption (DEC), direct energy input (DEI) of biomass and fossil fuels, energy trade balance and supplemented them by population, GDP, yields and livestock units. All indicators are expressed in energy units: Joules (GJ – gigajoules, PJ – petajoules). The formulas for calculation of indicators are shown in the Table 1.

Indicator	Definition
Domestic extraction (DE)	Harvest, mining from the studied area
Domestic energy input (DEI)	$DEI = DE + \text{Import}$
Domestic energy consumption (DEC)	$DEC = DE + \text{Import} - \text{Export}$
Net trade	$\text{Net trade} = \text{Import} - \text{Export}$

Tab. 1 Main indicators of social metabolism and formulas of calculations. The unit of measurement is the Joule.

Data

This paper builds on the database on social energy metabolism which has been compiled from a number of different types of data sources. The most important sources of primary data were official publications by the national statistical offices of the respective states, for example annual publications of the respective statistical offices (Czechoslovak Statistical Office 1920–1939 and 1949–1968; Czechoslovak Federal Statistical Office 1969–1992; Czech and Slovak Statistical Offices since 1993). Statistics has a long tradition in Czechoslovakia and the Czech and Slovak Republics. After the downfall of the Austro-Hungarian Empire, the newly formed Czechoslovak Republic basically continued the elaborate and detailed system

Petra Kušková

of collection and publication of statistical data which was established by the “Central Statistical Commission” of the former empire. The system of reporting continued in its basic structure throughout the 20th century and has been taken over by the Czech and Slovak Statistical Offices after 1993 (see Table 2).

The international statistical sources are Faostat and the International Energy Agency (IEA). Please note that it was not possible to obtain reliable data for the war period, the data gap resulting in figures is quoted as empty spaces.

Period	Data	Sources
1920–1992	Land Use	1920–1932: Státní úřad statistický v Praze (ed.) 1920–1932
	Harvest	1932–1938: Státní úřad statistický v Praze (ed.) 1934–1938
	Live Stock	1920–1983: Federální statistický úřad (ed.) 1985
	Population	1950–1990: Federální statistický úřad (ed.) 1958–1989 1990–1992: Federální statistický úřad (ed.) 1990–1992
	Fossil Fuels	1920–1932: Státní úřad statistický v Praze (ed.) 1920–1932
	Production	1932–1938: Státní úřad statistický v Praze (ed.) 1934–1938
	Foreign Trade	1920–1983: Federální statistický úřad (ed.) 1985
		1950–1990: Federální statistický úřad (ed.) 1958–1989 1990–1992: Federální statistický úřad (ed.) 1990–1992 1961–1992: Data from International Energy Agency and Food and Agricultural Organization.
1993–2000	Land Use	1994–2002: Statistical Yearbooks of the Czech and Slovak Republics
	Harvest	
	Live Stock	1993–2002: Statistický úřad Slovenskej republiky (ed.) 2003
	Population	1993–2002: Ministry of the Environment of the Czech Republic (ed.) 2000
	Fossil Fuel	
	Production	1993–2002: Data from International Energy Agency and Food and Agricultural Organization and UN Energy statistics
	Foreign Trade	

Tab. 2 Data sources

The case of Czechoslovakia

The role of Czechia and Slovakia in the Austro-Hungarian Monarchy

Czechoslovakia was formed from several lands of the dismembered Austro-Hungarian Empire in 1918, at the end of WWI. Czechoslovakia basically encompassed the historic lands of Bohemia, Moravia and parts of Silesia (these together make up present-day Czechia, the politically correct name of which is the Czech Republic), Slovakia (then called Upper Hungary) and a small part of present-day Ukraine, called Sub-Carpathian Ruthenia (about 10 % of the Czechoslovak territory in 1918–1938). While Czechia was a strongly industrialized region already in the times of the Austro-Hungarian Empire, Slovakia was mainly characterized by extensive agricultural production and by a very small share of industry in its economy.

Major changes in nature-society interactions occurred in the territory of Czechia after the onset of the Industrial Revolution (1830). The second half of the 19th century brought about industrialisation followed by urbanization and demographic growth. Changes in the agricultural landscape were mainly driven by the impacts of the Agricultural Revolution. During the second half of the 19th century, entirely new industrial, demographic, and transportation systems came into existence along with the creation of specialised industrial and so-called production-agricultural regions (Bičík et al. 2001).

Social metabolism within the Czechoslovak territory from a historical perspective

Czechia was the most industrialised part of the Habsburg monarchy (Austro-Hungarian Empire from 1867). The western part of the Empire, Cisleithania, was composed mainly of the territories of present-day Austria, Czechia, Galicia, Slovenia and Istria and Dalmatia. Its eastern part, Transleithania, was composed of present-day Hungary, Slovakia, Croatia and Transylvania (the northern part of Romania) and parts of other regions. There is no space in this article for a more detailed description. The share of Czechia's production in the total production of Cisleithania in 1913 was as follows: hard coal 86.7 %, brown coal 84 %, sugar beet 95.3 %. In 1900, some 60.7 % of all steam engines used in the Cisleithanian industries were on the Czech territory; in 1913 this share was 59.3 %. Czechia covered only 26.4 % of Cisleithania, but it had 38.5 % of its arable land and 35.5 % of its population.

Czechoslovakia as a successor state of the Habsburg Monarchy

In the interwar period, Czechoslovakia became the most prosperous, politically stable and democratic country in Eastern Europe. However, at a national market level it faced a deep economic disparity between Czechia and Slovakia, though reduced in comparison with the pre-1918 period, aggravated by a serious economic crisis of the 1930s, and, last but not least, by serious problems with the numerous minority of Czechoslovak Germans (between one fourth and fifth of the total population), who lived mainly in borderlands. The process of industrial restructuring from the formerly dominant light to heavy industries began along with an increased coal extraction (Bičík et al. 2001).

In 1939–1945, Czechia was occupied by Nazi Germany and Slovakia became an “independent” state under the German rule. Dramatic societal and economic changes took place after the WWII during the Communist period (1948–1989) and under Soviet domination. The processes of nationalisation and industrialisation led to an enormous increase in the exploitation of natural resources (Jeleček 1995a).

The Velvet Revolution in 1989 brought further dramatic changes. The transformation from a centrally planned economy to a market oriented one caused a collapse of eastern markets and heavy industries and a restructuring of agriculture. In 1993, Czechoslovakia was divided into Czechia and Slovakia (the latest period is generally named “transformation”).

Results

GDP and population

GDP increased approximately five times in the discussed period. While over the whole period (except for a fall in the 1930s) it increased, dynamic development occurred after 1989 (with a fall between 1990–1993). After that the GDP raised again.

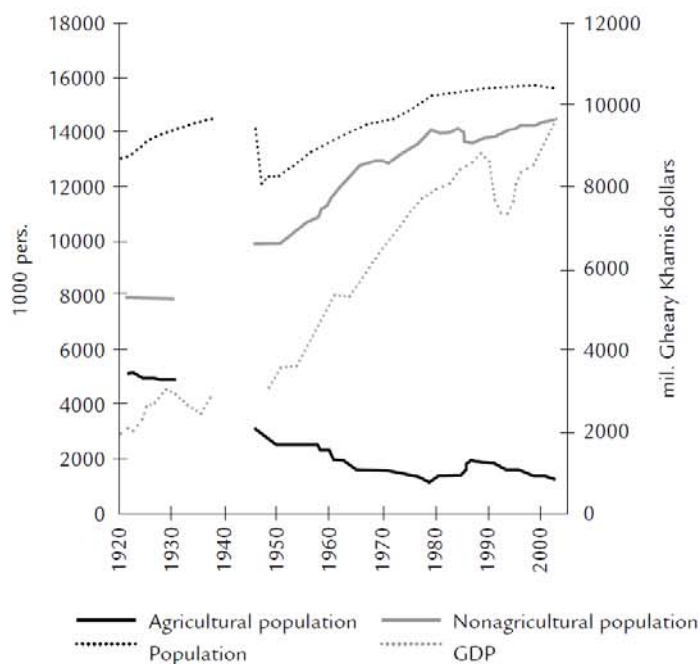


Fig. 1 Population and GDP (in Gheary Khamis dollars (Maddison 2003)) in the area of Czechoslovakia.

Petra Kušková

Population increased slowly, the highest growth occurred in the 1970–1980s (after a sharp decrease after WWII). An increase of non-agricultural population and a decrease of agricultural population are both typical for industrialization. While the agricultural population was about 5 million before WWII, after the war it decreased over the whole period concerned to 1.2 million in 2002. On the other hand, non-agricultural population increased from approx. 8 million before WWII to 14.3 million in 2002 (Fig. 1).

Land Use and yields

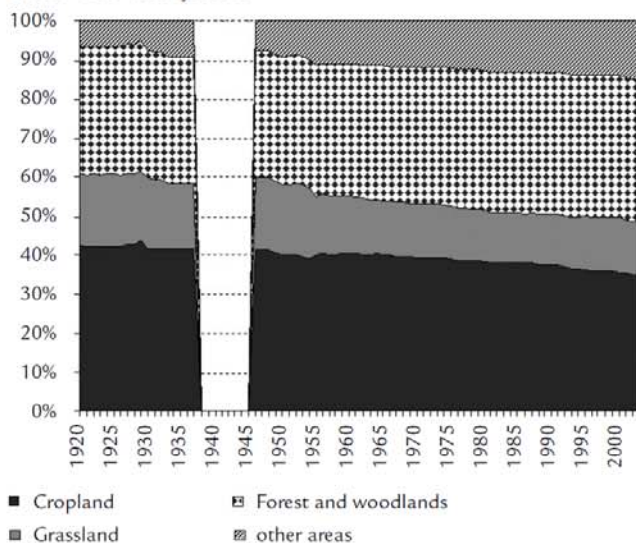


Fig. 2a Land use structure (% of total area)

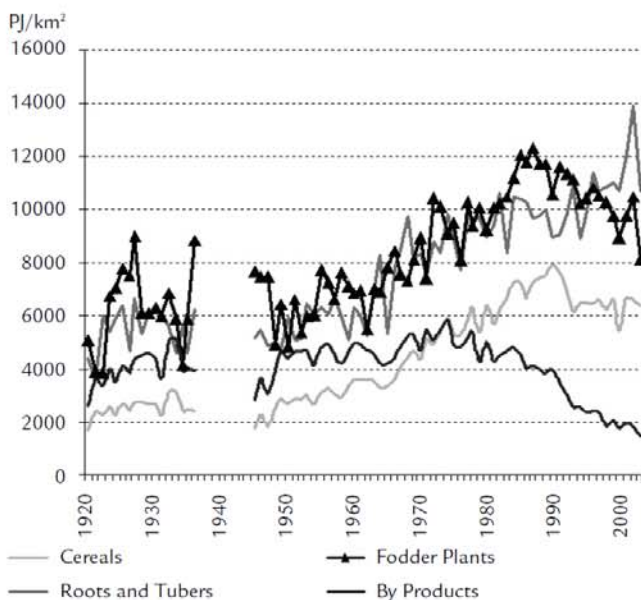


Fig. 2b Yields (in Petajoules per square kilometre)

Land (that is, soil) can be seen as a finite natural resource (at least from the viewpoint of human life) and a basis for all economic activities from food production to the building of homes and industrial sites. Changes in socio-economic or political conditions are reflected in changes in land use structure and, to some extent, also vice versa (see for example Jeleček 1995b).

Yields are closely related to land use; they were both influenced by the strong and dynamic industrialization in Czechoslovakia (which started already before 1918) during the last century. Yields are the result of land use practices, intensification, use of fertilizers and fossil fuels in agriculture. Along with increasing yields (Fig. 2b) (reached by an increasing use of fossil fuels and artificial fertilizers in agriculture) the area of productive agricultural land decreased (Fig. 2a). In spite of this decrease of productive land area, the domestic extraction could grow as a result of intensification (Fig. 2a).

With the intensification of agriculture, mainly the yields of fodder crops grew (following feed the demands of growing herds of livestock), along with roots and tubers (used e.g. for sugar production) and cereals (Fig 2b and 3b).

Social metabolism within the Czechoslovak territory from a historical perspective

During the first fifty years of the studied period, the agricultural area decreased by approx. 20% (there was, however, a temporary increase in permanent cultures) and in next thirty years decreased by approx 10%. Cropland was reduced by 16%, above all in the area of root crops, tubers and cereals. Forest areas increased by 10 % from 1945 to 2000. The extent of other land more than doubled, resulting from a conversion of agricultural land to construction land, mining areas and land used for other artificial purposes (Bartos 1987).

The reduction in cropland accelerated significantly after the Velvet Revolution indicating the structural adaptation of the agricultural sector. Farming, which had previously been subsidized by the national budget, declined significantly with the transfer to market economy, which led to a reduction in cropland (Bičík et al. 2001).

Energy flow accounting (EFA) of biomass and fossil fuels

Fig. 3a shows the domestic extraction (DE) of agricultural biomass and Fig. 3b livestock intensity per area (livestock units per Czechoslovak area). Both figures show that with increasing feed availability also the livestock increased, namely the number of pigs and cattle. Domestic extraction of biomass (DE of biomass) reached its pre-war volume in the 1960s, which was also the case of cattle, but the number of pigs increased in an unprecedented way while that of horses was decreasing through the whole period. This trend was escalating during the 1970s and 1980s.

DE of both biomass and livestock fell dramatically after the Velvet Revolution in 1989 with the collapse of eastern markets, restructuring of agriculture, changing consumption patterns and growing imports of food. After the industrialization of agriculture, which started in the

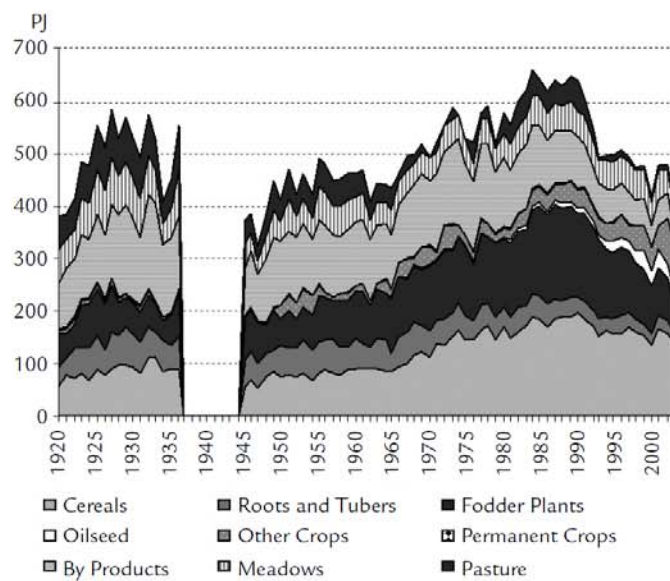


Fig. 3a Domestic extraction (DE) of agricultural biomass

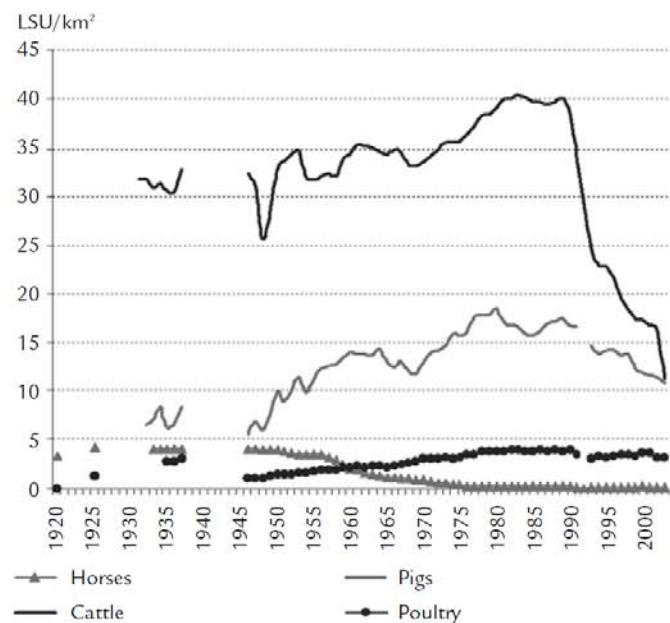


Fig. 3b Livestock units per area. (1 LSU = 500 kg)

Petra Kušková

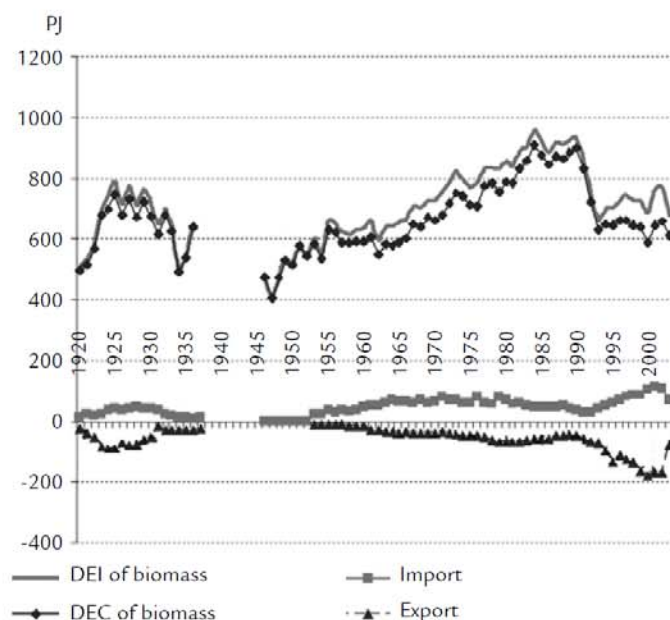


Fig. 4 Domestic energy input (DEI), domestic energy consumption of biomass (DEC). DEI is calculated as DE plus import and DEC is calculated as DEI minus export.

per area (Czechoslovak territory) that oscillated in the 1930s around 30 LSU/km² grew after the war significantly to values of about 40 LSU/km² in the 1980s. After 1990, it fell dramatically to approximately 10 LSU/km² in 2003. The case of pigs was similar: the growth between the 1920s and 1930s was of below 10 LSU/km². After WWII, it grew from 6–10 in 1940s to between 15 and 10 LSU/km² in 1975–1985, with a maximum in 1980 (almost 20 LSU/km²).

The development of domestic energy input (DEI) of biomass (Fig. 4) was in its main characteristics similar to the previous indicators presented here. In the first stage, DEI grew from approximately 500 PJ in 1920 to the pre-war maximum of between 750 and 800 PJ around 1930. Then it dropped to about 650 PJ in 1936. After WWII, it started below 500 PJ and in comparison with DE (which reached pre-war level in 1960s), it reached the pre-war level in the 1950s (between 650 and 700 PJ in 1955). (It should be mentioned here that imports also played a key role in the post-war growth. The negative trade balance (net imports) of agricultural biomass oscillated around 10% of DEC of agricultural biomass over the 1960s and 1970s). Then DEI reached its maximum in the mid-1980s – between 950 and 1000 PJ. After 1989, it oscillated around 700 PJ (a value comparable to the 1960s).

The domestic energy consumption (DEC) of biomass grew from a little less than 500 PJ in 1920 to about 700 PJ at the beginning of 1930s, then it started to decrease slowly over the next ten years and then dropped before WWII with the economic crisis. The same volume as the highest pre-war one occurred after the war in the 1960s–1970s, growing from less than 700 PJ to almost 800 PJ in the 1980s. After a maximum in the mid-1980s (almost 900 PJ) the growing trend of DEC of biomass was reversed. After stagnation in the 1980s there came a rapid decrease after the Velvet Revolution in 1989 to a level lower than 500 PJ in 2000.

Fig. 5a shows that in spite of the intensification of agriculture and the increasing volume of domestically extracted biomass in the studied period, import played also an important role –

2nd half of the 19th century, extraction was rising until the crisis in the 1930s. DE of agricultural biomass grew from almost 400 PJ in 1920s to almost 600 PJ in 1930s, when it reached its maximum around the year 1932, then until WWII it oscillated approximately between 400 and 500 PJ (Fig. 3a). After the war DE began to grow again. DE reached its pre-war volumes only in the 1960s. Then it grew to reach its maximum in the middle of the 1980s (over 600 PJ). After 1989, it started to decline to less than 500 PJ in 2000 and then it fluctuated below 500 PJ.

After WWII there was an increase in the intensity of animal husbandry (Fig. 3b). The livestock units (LSU) of cattle

Social metabolism within the Czechoslovak territory from a historical perspective

especially that of cereals, feedstuff and fruits. On the other hand, Czechoslovakia exported a significant amount of wood (Fig. 5a). In net wood export, there were three important peaks: in the 1920s exports oscillated around 40% of DEC of wood, in the 1970s–1980s also about 30 – 40% of DEC of wood and then after 1989 (1997–2001) the net export of wood was more than 40% of DEC of wood.

Similar trends as in all other presented indicators can be seen in the case of total domestic energy consumption (DEC) (Fig. 6). DEC raised from approx. 1100 PJ in 1920 to almost 1500 PJ in the beginning of 1930s and during the economic crisis dropped again to around 1200 PJ in the middle of the 1930s. Then it increased rapidly to its maximum higher than 4500 PJ in the mid-1980s. After 1989 a sharp decrease to a value a little higher than 3000 PJ just before 2000 (after a small growth between 1994 and 1996) followed and since then DEC has been slightly increasing.

After the Velvet Revolution DEC dropped dramatically when eastern markets collapsed and heavy industries and agricultural production declined.

Discussion

Land use and biophysical flows (in our terms energy) are closely interrelated. Jeleček (1995b) distinguishes two main phases in land use structure development, which were driven by different driving

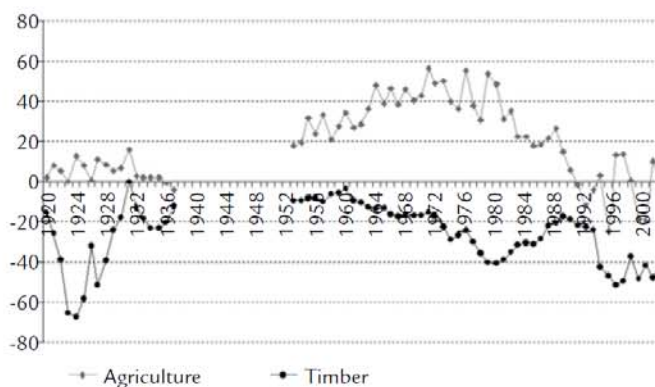


Fig. 5a Net Trade Biomass

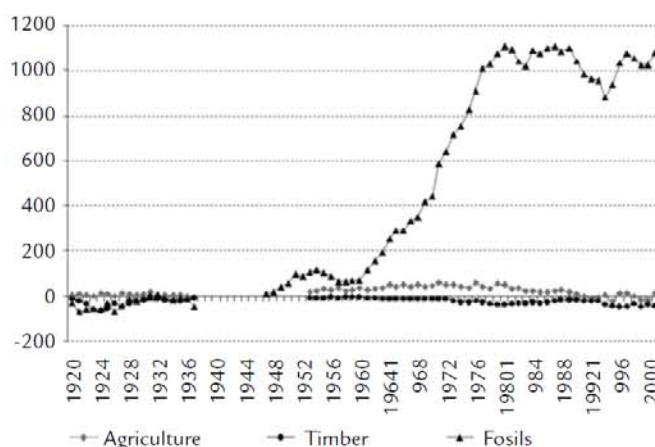


Fig. 5b Net trade biomass and fossil fuels

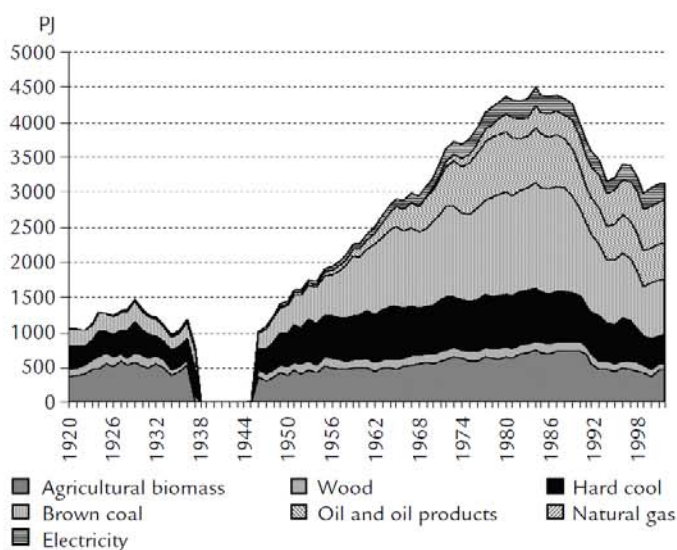


Fig. 6 Total Domestic Energy Consumption (DEC)

Petra Kušková

forces. The first phase lasted from the 19th century to 1948 when the main influence was that of agricultural economy. During the second phase after 1948 (1948–1990) the main driving force was capital construction in industry, agriculture (establishment of areas of animal husbandry), transport, housing and opencast mining. The other reason was the transfer of approximately three million Czech Germans after WWII leaving large border areas uncultivated, which resulted in reforestation. This particular demographic development in Czechia was subject to a number of land use studies (see for example Bičík & Štěpánek 1994; Jeleček 1995b).

The above-mentioned changes could be disaggregated in more detail into the following periods corresponding to political and economical changes. According to Jeleček (1995b) there are three main stages (during the period 1920–1990):

1921–1948 land reforms, the beginning of farmer's cooperation (merging of fields) the great economic crisis of the 1930s and the impact of occupation by Nazi Germany.

According to (Jeleček 1995b), arable land slightly increases over this period in Czechia (according to cadastral data sources).

1948–1970: extensive development of economy, deep changes in land use, reforestation in border areas, high losses of arable and agricultural land in general in favour of built-up and other areas, deterioration of biogeochemical soil quality.

1970–1990: period of economic stagnation and unsuccessful attempts of intensification of the economy, arrangements made against losses of agricultural land in favour of other areas, smaller changes in land use structure.

Because our analysis provides a wider time span, we can identify another stage after

1990 (or rather after 1993, the division of Czechoslovakia into Czechia and Slovakia) which is also defined in more detail in the literature (see for example Bičík & Jančák 2005). This phase is called "transformation". The decrease of agricultural land continues along with the increase of grasslands and forests (Bičík & Jančák 2005).

In case of energy flows, we can define main periods according to historical events which more or less correspond to changes in the biophysical regime – the prosperous phase during the so-called First Republic (after the creation of Czechoslovakia in 1920), then the economic crisis in the 1930s. The attempt to rebuild the damaged economy after the WWII is reflected in an increase of the main indicators. After the communist takeover in 1948, the increase was less dynamic and in some points rather none in biophysical terms during the 1950s. The collectivisation of agriculture during the communist regime seems to have had a negative effect on the level of agricultural production.

Increase slowed down, although not very significantly, again in the 1970s (the so-called normalization after the Soviet invasion in 1968). Then, even during the economic stagnation in the 1980s (for more details, see Jeleček 1995b), a rapid growth followed with its maximum during the whole studied period in the middle or late 1980s. This was followed by a historically unprecedented fall of all indicators after the Velvet Revolution in 1989, then a short growth in the 2nd half of the 1990s and then stagnation again.

The comparison of domestic energy consumption (DEC) (Fig. 7) of Czechoslovakia and Austria suggests that under similar socio-economic conditions these indicators for both countries are comparable, while in Czechoslovakia during communism and in Austria with market oriented economy (1945–1989) we can find different trends. Communist Czechoslovakia focused strongly on heavy industry with a huge consumption and extraction of fossil fuels and its maximum DEC exceeds the DEC of Austria by more than one third. After the Velvet Revolution, with a similar socio-economic organisation of present-day Austria and Czechia/Slovakia, trends of DEC seem to be on a similar level.

Social metabolism within the Czechoslovak territory from a historical perspective

Conclusions

The socio-economic metabolism and the political and economic situation are closely related. In the case of Czechoslovakia we witnessed an extreme growth of domestic energy consumption during the “building of socialism” mainly due to massive coal extraction and oil and gas imports to support heavy industry and the intensification of agriculture. The latter, together with the fact that Czechoslovakia was historically an economy strongly focused on the extraction of coal and on heavier industries, also resulted into the presented flows of biomass and fossil fuels.

This increase in energy flows and yields was accompanied by a decrease in agriculturally productive land and an increase of built-up areas and other land uses.

Almost all investigated indicators fell dramatically after the Velvet Revolution in 1989 with the collapse of eastern markets and heavy industries and with the restructuring of the agriculture and consumption patterns. The time series unfortunately do not allow us to interpret what happened after the slowing down of this stagnation and decrease, as a longer time line would be needed. However, these energy flows seem to have risen again.

It should be also assessed if “apparently” more economically “prosperous” phases are linked to higher exploitation of natural resources while lower demand was registered only during more complicated periods or crises as could be simply interpreted from our figures. Economic effectiveness is in contrast to overexploitation in basic terms. This hypothesis raises the question of how these changing phases of exploitation and stagnation are related, if there exists any kind of causality at all, and how strong a role the internal and external political and economical influences play. Another, no less important question is how (if at all) sustainability can be reached with lower exploitation of nature during economically prosperous phases.

Acknowledgements

This article is the output of a grant project funded by the Grant Agency of the Academy of Sciences of the Czech Republic (project no KJB301110705 “Land use of model regions in the context of social metabolism of Czechoslovakia”) and the research programme “Geographical systems and Risk Processes in the Context of Global Changes and European Integration” (MSM0021620831).

I would like to thank to Fridolin Krausmann and Simone Gingrich for valuable comments and supervising of the compilation of the background database for Czechoslovakia. Last but

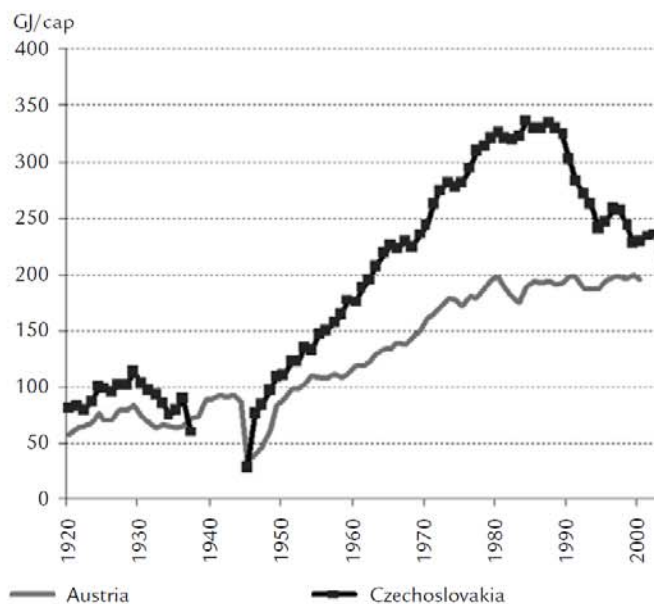


Fig. 7 Comparison of domestic energy consumption (DEC) of Czechoslovakia and Austria. Source: own calculations and Krausmann (2004).

Petra Kušková

not least I would like to thank to Leoš Jeleček and Pavel Chromý, grant co-operators and last but not least Jan Kabrda for valuable comments, all from Department of Social Geography and Regional Development, Charles University in Prague.

References

- I Ayres, R.U. & Simonis, U.E. (1994): *Industrial metabolism: restructuring for sustainable development*. United Nations University Press, Tokyo, New York & Paris.
- I Bičík, I. & Jančák, V. (2005): *Transformační procesy v českém zemědělství po roce 1990*. [Transformation processes in Czech agriculture after 1990.] Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Katedra sociální geografie a regionálního rozvoje, Praha.
- I Bičík, I., Jeleček, L. & Štěpánek, V. (2001): Land-use changes and their social driving forces in Czechia in the 19th and 20th centuries. *Land Use Policy* 18: 65–73.
- I Eurostat (2001): *Economy-wide material flow accounts and derived indicators. A methodological guide*. Eurostat, Luxembourg.
- I Eurostat (2002): *Material use in the European Union 1980–2000. Indicators and analysis*. Working Papers and Studies. Luxembourg.
- I FAOSTAT (2004): *FAO Statistical Databases: Agriculture, Fisheries, Forestry, Nutrition*. FAO, Rome.
- I Federální statistický úřad (ed.) (1958–1989): *Statistická ročenka Československé socialistické republiky*. [Statistical yearbook of the Czechoslovak Socialist Republic.] SNTL – Nakladatelství technické literatury, Praha.
- I Federální statistický úřad (ed.) (1985): *Historická statistická ročenka ČSSR*. [Historical statistical yearbook of the Czechoslovak Socialist Republic.] SNTL – Nakladatelství technické literatury, Praha.
- I Federální statistický úřad (ed.) (1990–1992): *Statistická ročenka České a Slovenské federativní republiky*. [Statistical yearbook of the Czech and Slovak Federal Republic.] SNTL – Nakladatelství technické literatury, Praha.
- I Fischer-Kowalski, M. & Weisz, H. (1999): Society as hybrid between material and symbolic realms, toward a theoretical framework of society-nature interrelation. *Advances in Human Ecology* 8: 215–251.
- I Haberl, H. (1995): *Menschliche Eingriffe in den natürlichen Energiefluß von Ökosystemen: Sozio-ökonomische Aneignung von Nettoprimärproduktion in den Bezirken Österreichs*. IFF Social Ecology, Wien.
- I Häufner, V. (1984): *Ekonomická geografie Československa*. [The Economic Geography of Czechoslovakia.] Academia, Praha.
- I Jeleček, L. (1995a): Changes in production and techniques in the agriculture of Bohemia 1870–1945. In: M.A. Havinden & E.J.T. Collins (eds.), *Agriculture in the industrial state*. University of Reading, Rural History Centre, Reading, pp. 126–145.
- I Jeleček, L. (1995b): Využití půdního fondu České republiky 1845–1995: hlavní trendy a širší souvislosti. [Land use changes in the Czech Republic 1845–1995: main trends and some broader consequences.] *Sborník České Geografické Společnosti* 100, no. 4: 276–291.
- I Krausmann, F., Haberl, H., Erb, K. & Wackernagel, M. (2004): Resource flows and land use in Austria 1950–2000: Using the MEFA framework to monitor society-nature interaction for sustainability. *Land Use Policy* 21, no. 3: 215–230.
- I Kušková, P., Gingrich, S. & Krausmann, F. (2007): Long term changes in energy flows and land use in Czechoslovakia 1830 to 2000: A socio-ecological transition under changing political regimes. Paper submitted to *Ecological Economics*.
- I Maddison, A. (2003): *The world economy: historical statistics*. OECD, Paris.
- I Ministry of the Environment of the Czech Republic (ed.) (2000): *Mineral commodity summaries of the Czech Republic*. Geofond of the Czech Republic.
- I Ministry of the Environment of the Czech Republic (ed.) (2003): *Zpráva o stavu zemědělství ČR za rok 2002 "Zelená zpráva"*. [Report on the state of agriculture in the year 2002. "The Green Report".] Prague.
- I *Přehled dějin Československa II/2*. (1960) [An outline of the history of Czechoslovakia.] Nakladatelství ČSAV, Praha.
- I Statistický úřad Slovenskej republiky (ed.) (2003): *Pol'nohospodarstvo v Slovenskej republike: vybrane ukazovatele v rokoch 1970–2002*. [Agriculture in the Slovak Republic: various indicators in the years 1970–2002.] Bratislava.
- I Státní úřad statistický v Praze (ed.) (1920–1932): *Statistická příručka republiky Československé I–IV*. [Statistical handbook of the

Social metabolism within the Czechoslovak territory from a historical perspective

Czechoslovak Republic I–IV.] Praha.
I Státní úřad statistický v Praze (ed.)
(1934–1938): *Statistická ročenka republiky
Československé*. [Statistical handbook of the

Czechoslovak Republic.] Praha.
I United Nations Statistical Division (2004): *UN
Commodity Trade Statistics Database (UN Comtrade)*.
<http://comtrade.un.org/>

Author's affiliation

Petra Kušková I Charles University I Department of Social Geography and Regional
Development I Albertov 6, 12000 Prague 2 I Czech Republic I email: p.kuskova@centrum.cz

V) KUŠKOVÁ, P., GINGRICH, S., and KRAUSMANN, F. (2008): Long term changes in social metabolism and land use in Czechoslovakia, 1830–2000: An energy transition under changing political regimes. *Ecological Economics*, 68, č. 1-2, s. 394-407.

available at www.sciencedirect.comwww.elsevier.com/locate/ecolecon

ANALYSIS

Long term changes in social metabolism and land use in Czechoslovakia, 1830–2000: An energy transition under changing political regimes

Petra Kuskova^a, Simone Gingrich^{b,*}, Fridolin Krausmann^b

^aDepartment of Social Geography and Regional Development, Faculty of Science, Charles University in Prague, Czech Republic

^bInstitute of Social Ecology, Faculty for Interdisciplinary Studies Vienna, Klagenfurt University, Austria

ARTICLE INFO

Article history:

Received 27 February 2008

Received in revised form

11 April 2008

Accepted 13 April 2008

Available online 16 July 2008

Keywords:

Social metabolism

Energy flow analysis

Land use

Czechoslovakia

Industrialization

Physical economy

ABSTRACT

Industrialisation goes along with sweeping changes in society's interrelations with its environment. The transition from an agrarian to an industrial society leads to fundamentally new patterns in social metabolism, a process which has been described as socio-metabolic transition. This paper investigates this transition for the case of the current Czech and Slovak Republics and presents a dataset on the development of key variables related to social metabolism during the last 170 years. The dataset includes time series data on the extraction of biomass and fossil fuels, energy consumption and land use. Combining data on Bohemia and Moravia (1830–1915) with data on Czechoslovakia (1918–1992) and the Czech and Slovak Republics (1993–2002), the study covers a period of consecutive political and institutional changes. It includes the feudal regime of the late period of the Habsburg Empire and its disintegration with WWI, the short period of the Czechoslovak Republic in the interwar period, the era of a planned economy under a communist regime, the collapse of this regime and the subsequent turn towards a market economy and European integration in the 1990s. The period was characterized by economic and physical growth. It saw a doubling of population and a growth in GDP by a factor 20. Domestic energy consumption (DEC) increased by a factor 10 and the share of biomass in DEC declined from more than 98% to less than 20%. All in all the observed changes closely resemble the characteristic path of the socio-metabolic transition as observed in other Western European economies. Major political and economic changes did not result in fundamental alterations of the socio-metabolic transition until the mid-20th century. The communist era (1945–1989) was characterized by rapid physical growth and changes in the energy and land use system very similar to those of other Western European economies in the same period, however leading to DEC values substantially higher than those of other European countries at around 300 GJ/cap in the mid-1980s. The disturbances caused by the Velvet Revolution resulted in short term turbulences in social metabolism and structural adaptations, and around the year 2000, the Czech and Slovak Republics show biophysical features very similar to those of other Western European countries.

© 2008 Elsevier B.V. All rights reserved.

* Corresponding author. Institute of Social Ecology, Schottenfeldgasse 25, 1070 Wien, Austria. Tel.: +43 1 5224000 418; fax: +43 1 5224000 477. E-mail address: simone.gingrich@uni-klu.ac.at (S. Gingrich).

1. Introduction

The concept of social or industrial metabolism (Fischer-Kowalski, 1998; Fischer-Kowalski and Hüttler, 1998; Ayres and Simonis, 1994) captures biophysical aspects of the economy and allows to investigate interactions between societies and their natural environment. It has proven useful to study sustainability problems related to the use of natural resources (emerging both on the input and the output side) and social metabolism has been established as a key concept in sustainability science. During the last decades the investigation of patterns, structure and dynamics of the socio-economic use of materials and energy in relation to economic development has made significant progress and an increasing body of literature dealing with different aspects of social metabolism is published (see for example Weisz et al., 2006; Bringezu et al., 2004; Behrens et al., 2007). It has been argued repeatedly that a historical perspective on society–nature interactions supports the understanding of current patterns and dynamics (Martinez-Alier and Schandl, 2002; Hornborg et al., 2007; Costanza et al., 2007) and a few studies have so far focussed on the long term historic development of social metabolism, contributing case studies on the social metabolism of pre-industrial societies and the impact of industrialization on the use of energy, materials and land (cf. Hornborg, 2006; Kander, 2002; Lindmark, 2002; Iriarte-Goñi and Ayuda, 2008; Schandl and Schulz, 2002; Krausmann and Haberl, 2002; Malanima, 2002; Gales et al., 2007; Cusso et al., 2006).

From such a biophysical perspective, the historical process of industrialization appears as a transition from an agrarian socio-metabolic regime with a land based controlled solar energy system towards an industrial regime with a fossil fuel based energy system (Sieferle, 2001; Krausmann et al., in press). During this socio-metabolic transition, the strong linkage between land, energy and labour is abolished and important biophysical limits for growth are relieved and new patterns of socio-economic material and energy use (metabolic profiles) prevail (Fischer-Kowalski and Haberl, 2007; Krausmann et al., in press). So far, most long term historical studies have focussed on Western European countries. Knowledge about the dynamics of social metabolism in communist countries and in particular the relation between industrialization, economic growth and social metabolism in the centrally planned economies of Eastern Europe is still very limited. This paper presents a new case study on biophysical aspects of industrialization in the former Czechoslovakia and Bohemia and Moravia, respectively, an Eastern European region with a distinct economic and political history. In a comprehensive view, it discusses changes in the social metabolism in the region of today's Czech and Slovak Republics from 1830 to 2000 by combining information on Bohemia and Moravia (1830–1915) with Czechoslovakia (1918–1992) and later the Czech and Slovak Republics (1993–2000). With this 170 year time span the study covers the social and economic changes related to the transition from a feudal state, when Bohemia and Moravia were lands of the Austro-Hungarian Empire, to a centrally planned economy and the post-communist stage. These transitions were related to periods of severe economic and political crises and economic disruption. The Czechoslovak

case allows to investigate how different political and economic regimes are reflected in socio-metabolic patterns. By complementing the set of existing case studies on long term changes in social metabolism with a new one with very specific socio-economic characteristics, this paper contributes to the advancement of a biophysical reading of industrialization and the understanding of socio-metabolic transition processes.

The paper presents annual time series data for a number of key variables related to the socio-metabolic transition (including extraction, trade and consumption of biomass, coal, oil, natural gas, electricity; land use, agricultural yields and livestock) in Bohemia and Moravia/Czechoslovakia for the period 1830 to 2000. The complete dataset can be downloaded from our web page (<http://www.uni-klu.ac.at/socec/inhalt/1088.htm>). We present empirical results on changes in land use, biomass production and energy consumption and a discussion of these results in the context of the socio-metabolic transition. We investigate the changes in energy and land use in relation with economic development and population growth and in comparison with other European case studies. With this analysis we a) provide insights into the long term dynamics of social metabolism and the metabolic regime transition in Bohemia and Moravia/Czechoslovakia and b) we highlight how abrupt changes in economic and institutional settings and economic–political crises are reflected in biophysical parameters.

2. Materials and methods

This study empirically assesses long term changes in social metabolism and land use for the territory of today's Czechia and Slovakia in the time period from 1830 to 2000. Based on the methodological framework of material and energy flow accounting (MEFA, see e.g. Haberl, 2002), we compiled data for (used) domestic extraction, imports and exports of biomass and fossil fuels, hydropower and nuclear heat and calculated aggregate MEFA indicators including domestic extraction (DE), physical trade balance (PTB) and domestic energy consumption (DEC). In order to fully capture the transition from a biomass based, controlled solar energy system towards an area independent fossil fuel based energy system in the course of industrialization (Sieferle et al., 2006), a dataset comprising a number of key variables related to the land use system was compiled. This includes detailed information on changes in land use, biomass production and livestock. Outputs of the socio-economic system (dissipated energy) and related substance flows, such as carbon emissions, were not empirically assessed in this study.

The compilation of time series data is based on official statistical records, national and regional data compilations and international data sets. Annually published statistical records and data from special surveys are available from the early 19th century for the lands of the Austrian part of the Austro-Hungarian Empire, including Bohemia and Moravia which basically form the territory of the current Czech Republic. For current Slovakia, which was then part of the Hungarian Kingdom, no aggregate data are available. For most of the 20th century we refer to national statistical yearbooks of

the respective political-administrative entities, data compilations edited by the Statistical Office of the Czechoslovak Socialist Republic and also international data sources, above all the statistical database of the Food and Agricultural Organisation (FAO, 2004), the energy statistics database of the International Energy Agency (IEA, 2004) and the energy statistics yearbooks and COMTRADE database of the United Nations (UN, 2004; United Nations Statistical Division, 2004). Table 1 presents an overview of all sources which were used for the compilation of time series data.

For items not covered in statistics, data estimation procedures were performed. The most important estimates concern grazed biomass and used crop residues throughout the entire time series, and foreign trade in those periods when no trade was reported for the reference system. For the estimate of grazed biomass, we use a "grazing gap" approach (Krausmann et al., 2008a), calculating the amount of grazed biomass by subtracting known amounts of feed supply from estimated feed demand. Feed supply measured in tons dry matter includes fodder crops, hay, crop residues used as feed, and market feed. Used crop residues, i.e. straw and beet

leaves, are estimated by applying species-specific harvest indices and recovery rates. Feed demand is estimated using species-specific feed demand factors which are adjusted over time to reflect gains in animal production and live weight (Sandgruber, 1978). No trade data was reported for the Austro-Hungarian lands Bohemia and Moravia. Based on literature (e.g. Lorenz von Liburnau, 1878; Mrazek, 1964) we estimated net trade for the period 1830 to 1915 assuming that in the mid-19th century Bohemia and Moravia began to export a significant share of their production of coal, sugar and cereals. For the period from 1992 to 2000, net trade of the Slovak and Czech Republics is calculated as the difference between the sum of Czech and Slovak imports and exports that is, not considering trade between the two countries.

For the calculation of energy flows, all material categories were aggregated to consistent categories (seven categories for agricultural biomass, one for wood, and five for fossil fuels: brown coal, hard coal, crude oil and natural gas). Material given in mass was converted into energy units applying the specific energy contents (gross calorific value) of the respective material (Haberl, 1995). Electricity generated from nuclear

Table 1 – Data sources

Period	Data	Sources
1830–1915	Land use, harvest, livestock Population, fossil fuel production	1822/1856: Summary tables of the Franciscan Cadastre (k.k.Finanz-Ministerium (Editor), 1858) 1830: Sandgruber, 1978 1831–1865: Tafeln zur Statistik der österreichischen Monarchie (Anonymus, 1831–1865) 1868–69: Landwirtschaftliches Wochenblatt des k.k. Ackerbau-Ministeriums, Volume I, Nr.1, 1869, and Volume II, Nr.13, 1870 1870–1881: Statistisches Jahrbuch der österreichischen Monarchie (K.K. Statistische Central-Commission (Editor), 1870–1881) 1874–1913: Statistisches Jahrbuch des k.k. Ackerbauministeriums (K.K. Ackerbauministerium (Editor), 1874–1913), 1874–1913) 1881–1913: Österreichisches Statistisches Handbuch für die im Reichsra the vertretenen Königreiche und Länder (K.K. Statistische Central-Commission (Editor), 1881–1913) 1828–1871: Tafeln zur Statistik der österreichischen Monarchie (Anonymus, 1828–1871) 1866–1874: Statistisches Jahrbuch der österreichischen Monarchie (K.K. Statistische Central-Commission (Editor), 1866–1874) 1875–1917: Hwaletz (2001)
1920–1992	Land use, harvest, livestock, population fossil fuel production, foreign trade	1920–1932: Statistická príručka republiky Československe I-IV (Státní úrad statistický v Praze (Editor), 1920–1932) 1932–1938: Statistická ročenka republiky Československe (Státní úrad statistický v Praze (Editor), 1934–1938) 1920–1983: Historická ročenka CSSR (Federální statistický úrad (Editor), 1985) 1950–1990: Statistická ročenka Československe socialisticke republiky (Federální statistický úrad (Editor), 1958–1989) 1990–1992: Statistická ročenka Ceske a Slovenske federativni republiky (Federální statistický úrad (Editor), 1990–1992) 1961–1992: Data from International Energy Agency (IEA, 2004) and Food and Agricultural Organization (FAO, 2004)
1993–2000	Land use, harvest, livestock, population, fossil fuel production, foreign trade	1994–2002: Statistical Yearbooks of the Czech and Slovak Republics 1993–2002: Poľnohospodarstvo v Slovenskej republike (Statistický úrad Slovenskej republiky (Editor), 2003) 1993–2002: Mineral commodity summaries of the Czech Republic (Ministry of the Environment of the Czech Republic (Editor), 2000) 1993–2002: Data from International Energy Agency (IEA, 2004) and Food and Agricultural Organization (FAO, 2004) and UN Energy statistics (United Nations Statistical Division, 2004)

Table 1 Data sources

Table 2 – Regional reference systems

Period	Name	Territory	System
1830–1918	Bohemia and Moravia (1830–1847 incl. Silesia)	75,000 km ² (85,000 km ²)	Lands of the Habsburg Monarchy and from 1867 Austro-Hungarian Monarchy
1918–1938	Czechoslovak Republic: consisting of Bohemia, Moravia including part of Silesia, Slovakia and Ruthenia	140,000 km ²	Republic
1939–1945	Protectorate Bohemia and Moravia, Slovak state	49,000 and 38,000 km ²	The Protectorate was occupied by Nazi-Germany. Slovakia independent
1948–1989	Czechoslovak Republic: consisting of Bohemia, Moravia including part of Silesia and Slovakia (in 1960 renamed to Czechoslovak Socialistic Republic)	128,000 km ²	Centrally planned economy; Comecon
1989–1992	Czechoslovak Federal Republic	130,000 km ²	Market economy
1992–	Czech Republic; Slovak Republic	79,000 and 49,000 km ²	Market economy; since 2004 EU members

power was converted into nuclear heat (that is the respective type of primary energy) by assuming an efficiency of 30%; for electricity from hydropower the assumed efficiency was 95% (Krausmann and Haberl, 2002). Data on GDP in purchasing power parities were taken from the Groningen data base (Maddison, 2003). Data on population for the respective reference system were compiled from the above mentioned national statistical sources.

A major difficulty in compiling consistent time series data appeared to be the change of administrative boundaries of the case study region. Table 2 gives an overview of the political and administrative changes which occurred in the region from 1830 to 2002. From 1830 to 1918 the territory of Czechia and Slovakia was part of the Austro-Hungarian Empire. After the collapse of the Empire the Czechoslovak Republic was established, consisting of Bohemia, Moravia, Slovakia and a small part of current Ukraine (Ruthenia). In 1938, Bohemia and Moravia were occupied by Nazi-Germany and formed the *Protectorate Bohemia and Moravia*, while Slovakia became an independent state. After World War II the Czechoslovak Republic united Bohemia, Moravia and Slovakia in one administrative unit. After 1948 the Czechoslovak Republic was under communist rule and was renamed to Czechoslovak Socialistic Republic in 1960. This lasted until 1989 when the so-called *Velvet Revolution* ended the communist rule and the new Czechoslovak Republic was formed. Three years later, Czechoslovakia split into the Czech and Slovak Republics, both of which joined the European Union in 2004.

For the interpretation of the entire time series from 1830 to 2000, we attempted to avoid major statistical breaks resulting from territorial changes. For the period 1830 to 1915 the reference system includes the lands Bohemia and Moravia (that is, approximately the territory of the current Czech Republic) and for the period 1920 to 2000 it also includes the Slovak Republic (that is, the territory of the Czechoslovak Republic). The inclusion of Slovakia into the dataset as from 1920 leads to some distortions due to structural differences between Czechia and Slovakia in the early 20th century: Slovakia had a more pronounced rural character compared to industrializing Czechia, population density was lower (61 cap/km² compared to 127 cap/km² in Czechia), the share of agricultural production was higher and industrial production was less developed (see Pavlinek, 1995). Despite the structural differences between the two regions, intensive variables correspond surprisingly well before and after World War I, and the long term time series results in plausible trends.

For reasons of simplicity, we will refer to the region of reference as Czechia for the period 1830 to 1915 and as Czechoslovakia for the period 1920 to 2002 throughout the rest of the paper. In order to minimize the resulting break in the data, we present most data recalculated as intensive variables, that is, either per unit of total area and year or per capita and year or as percentage of total (land use). For the periods of World War I and II and a number of subsequent years (1915 to 1919 and 1938 to 1950) no satisfactory data are available — these periods were thus excluded from the time series analysis.

3. Results

3.1. Biomass production system

The biomass production system is described on the grounds of data on domestic extraction (DE) of biomass, land use, agricultural yields, and the livestock. Fig. 1 shows the development of biomass extraction; data are presented in energy units and, in order to reduce the impact of the changing territorial system, are expressed per unit of total

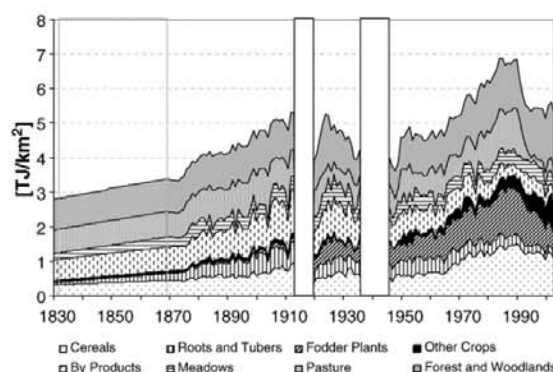


Fig. 1 – Domestic extraction of biomass in Czechia (1830–1915) and Czechoslovakia (1920–2002), in unit of energy per unit of total area. Data between 1830 and 1869 were interpolated due to lack of reliable sources (shaded area). Sources: own calculations, see text.

area (TJ/km²). In 1830, total DE of biomass amounted to 2.8 TJ/km². Biomass production grew continuously throughout the 19th and early 20th century and doubled to 5.3 TJ/km² by 1914. Most of this increase was due to a growing harvest of agricultural biomass, above all on cropland. Harvest of crops and by products tripled during this period from 1.1 to 3.0 TJ/km². Wood harvest and extraction from grasslands (including grazing) increased only modestly. Further increases in crop harvest only occurred after World War II when production recovered quickly and grew from 2.2 TJ/km² in 1945 to 3.8 TJ/km² in the 1980s. In this period, the main drivers were increases in cereal and fodder crop harvest. Also extraction of wood went up significantly, doubling from 0.7 TJ/km² in 1945 to 1.5 TJ/km² in 1989. After the Velvet Revolution, total biomass harvest slumped dramatically from 6.9 TJ/km² in 1989 to 5.4 TJ/km² in the mid-1990s, owing largely to a steep decline in the harvest of forage and grazed biomass. Since then biomass extraction seems to have stabilized due to slight increases in the harvest of wood, oil seeds and other crops. At the end of the 20th century, agricultural harvest was at a similar level as in the interwar period. Overall, biomass harvest grew by 50% between 1830 and 2000; however two distinct periods of growth, which are followed by periods of stagnation or decline, are discernible in Fig. 1: A period of moderate growth between 1830 and World War I, and a period of rapid growth from around 1960 to the late 1980s. Fig. 2 shows the development of land use, data are presented as % of total area. In the early 19th century cropland was by far the most important land use type, covering just under half of the total land area. Grassland (meadows and pastures) accounted for 18% and forests for another 27% around 1830. The remainder (9%) was occupied by other land use types, including built-up land and associated areas and unused land. Throughout the 19th and early 20th century, the distribution of cropland, grassland and forests was comparatively stable. Major shifts of land use only occurred within cropland: The area of new crops such as root and tuber crops and leguminous fodder crops gradually was expanded and grew from 6% of the total area in 1830 to 16% in 1910. The expansion of cropped area was made at the expense of fallow

which decreased from 9% to below 1% in the same period. The statistical break related to the changes in the territorial system after World War I (the territory of the reference system increases by 86% due to the inclusion of Slovakia, see Table 2) causes only minor distortions in the overall distribution of land use: Due to the higher share of forest and grassland area in Slovakia the share of cropland decreased, while the proportion of forest and grassland was somewhat higher in the new republic. Major changes in land use occurred after WWII: Between 1945 and 1989, agricultural area decreased by 15% (arable land was reduced by 9% and grassland by 30%) while forest area grew by 10% and the extent of other land more than doubled, resulting from a conversion of agricultural land to construction land, mining areas and land used for other purposes (Bartos, 1987). In the 1990s, the decline in agricultural areas accelerated and by 2000 cropland was reduced to 35% of the total area (most of the reduction was due to a decline in the area of fodder crops), grassland to 14%, while forests had grown to 36% and other areas accounted for as much as 15%. It can be assumed, however, that a significant amount of land recorded in land use statistics as agricultural land (arable land or grassland) has actually been unused since 1989. The estimates of the amount of abandoned agricultural land in 2002 oscillate around 300,000 ha, of which about 100,000 are former arable land (Ministry of the Environment of the Czech Republic (Editor), 2003). That is, the reduction of land used for agriculture is even more dramatic than it appears in Fig. 2.

Increases in biomass harvest and changes in land use are related to dramatic changes in agricultural yields (i.e. production per unit of cropped area). In the 19th and early 20th century, yields of most crops grew gradually. Cereal yields more than doubled from 1.2 TJ/km² (63 tons dry matter per km², t_{DM}/km²) in 1830 to 3.0 TJ/km² (166 t_{DM}/km²) in 1910 and yields of roots and tubers increased threefold from 1.8 TJ/km² to 6.3 TJ/km². Also wood yields increased during this period, however more slowly, from 3.2 TJ/km² to 3.8 TJ/km. In the interwar period yields stagnated and began to increase again only after World War II. Between 1945 and 1989 cereal yields increased four fold to 7.3 TJ/km², the yields of most other crops show a similar development. After the Velvet Revolution cereal yields declined by 15% until the mid-1990s and have hardly recovered since. Wood yields however, which had grown more slowly than yields of agricultural products, increased in the 1990s to 4.1 TJ/km². Thus, while in the 19th and early 20th century, rises in DE of biomass were related to both increases in area and yields, after World War II, increases in harvest can be attributed solely to rising yields for most agricultural products. The slump of DE of biomass after 1989 went along with both a decline in agricultural areas and yields.

Livestock is a key element in the agricultural system. The size of biomass flows and their socio-economic use are closely linked to the stock of domesticated animals. Throughout the observed period 65–70% of all agricultural biomass (and more than 60% of total biomass harvest) was used as feed or bedding material in the livestock sector. Fig. 3 shows major trends in livestock structure: Numbers of livestock are expressed in large animal units (LSU) and are presented as livestock density that is as LSU per unit of total area. Throughout the whole period cattle were the dominant livestock species in Czechia/

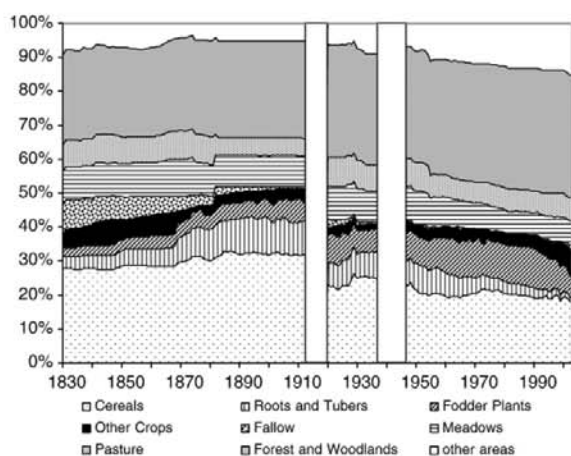


Fig. 2 – Land use in Czechia (1830–1915) and Czechoslovakia (1920–2002) [% of total area]. Sources: own calculations, see text.

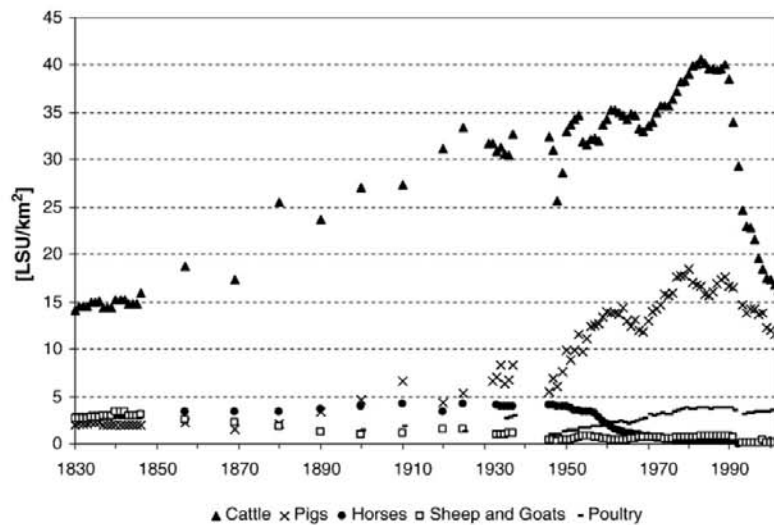


Fig. 3 – Livestock in Czechia (1830–1915) and Czechoslovakia (1920–2002) in livestock units (LSU) per km² total area. Sources: own calculations, see text.

Czechoslovakia. In 1830 cattle density amounted to 14 LSU/km² while that of all other species ranged between 2 and 3 LSU/km². Cattle density increased continuously throughout the period due to both increases in numbers and weight and reached a level of around 40 LSU/km² in the 1980s. The stock of pigs began to grow in the late 19th century and in particular after World War II (from 5 LSU/km² in 1945 to 19 LSU/km² in 1980). Similar trends can be observed in poultry stocks. The stock of horses, the major source of draught power in the 19th and early 20th century, doubled between 1830 and 1910 and then roughly stayed at this level until it rapidly declined after World War II. After 1989, stocks of the two most important livestock species, cattle and pigs, decreased dramatically: pig stocks were reduced by almost 40% and cattle stocks by even 70%, reaching levels similar to those of the 19th century. Even though the rate of decline has gone down, no stabilization in cattle and pig stocks has occurred. Overall, between 1830 and 1989 livestock density grew from 21 to 63 LSU/km²; feed demand grew by 66% from 1830 to 1914 and by 50% from 1920 to 1989.

3.2. Energy system

Total energy flows, including domestic extraction (DE), domestic energy consumption (DEC) and the physical trade balance (PTB) are displayed in Fig. 4a to d, data are given in TJ per unit of total area and GJ per capita, respectively. Between 1830 and the beginning of WWI total DE grew four fold (from 2.6 TJ/km² to 11.9 TJ/km²). Until the mid 19th century biomass accounted for more than 90% of DE. From the 1860s onwards the extraction of coal (in the beginning hard coal, but later increasingly brown coal) increased at a rapid pace, while biomass harvest continued to grow slowly. By 1895, extraction of coal surpassed that of biomass. Peak production of coal before World War I reached 6.6 TJ/km² (60% of which were brown coal). In the interwar period no clear trend is discernable and coal and biomass production roughly remained at a constant level.

After WWII a new dynamic of growth set in. Within four decades coal production grew five fold, reaching a level of more than 18 TJ/km² (or 150 GJ/cap) in the mid-1980s. During this period, energy supply shifted from (high quality) hard coal to (lower quality) brown coal and by 1989 brown coal accounted for 70% of coal production. The extraction of biomass grew at a much slower pace in this period, leading to an increasing share of coal extraction of total DE: in the late 1980s coal accounted for 70% of total DE. The regime change in 1989 had dramatic impacts on the energy system: Coal production slumped and within a few years was down to about 50% of the level of the mid 1980s, biomass production declined by more than 25%. DE of other energy types (crude oil, natural gas, hydro- and nuclear power) was of minor quantitative importance throughout the period until 1989 (below 10% of total DE). Throughout the period hydropower played only a minor role in domestic energy production; in 1972 Czechoslovakia opened its first nuclear power plant and since the contribution of nuclear heat to total DE increased gradually. In 2002 hydropower and nuclear heat accounted for 18% of total DE (3 TJ/km²).

Foreign trade was low compared to DE in the 19th century, but increased continuously throughout the time period. Throughout the 19th century Czechia appeared as a net exporting region. Exports consisted largely of brown coal, agricultural products such as sugar and cereals only gained some importance towards the end of the 19th century. In the interwar period, exports stagnated, and some imports (mostly hard coal) are reported. Foreign trade grew moderately until the 1960s. Then imports of crude oil took off, rising quickly from 1 TJ/km² in 1960 to 5 TJ/km² in the early 1970s. From the 1970s onwards natural gas imports added on, rising slowly from 1 TJ/km² in 1970 to 2 TJ/km² in 1980. Imports of biomass played a minor role in energetic terms as compared to fossil fuels. Exports were significantly lower than imports in energetic terms from the 1960s, never exceeding 4 TJ/km², and in 1963 Czechoslovakia turned into a net-energy-

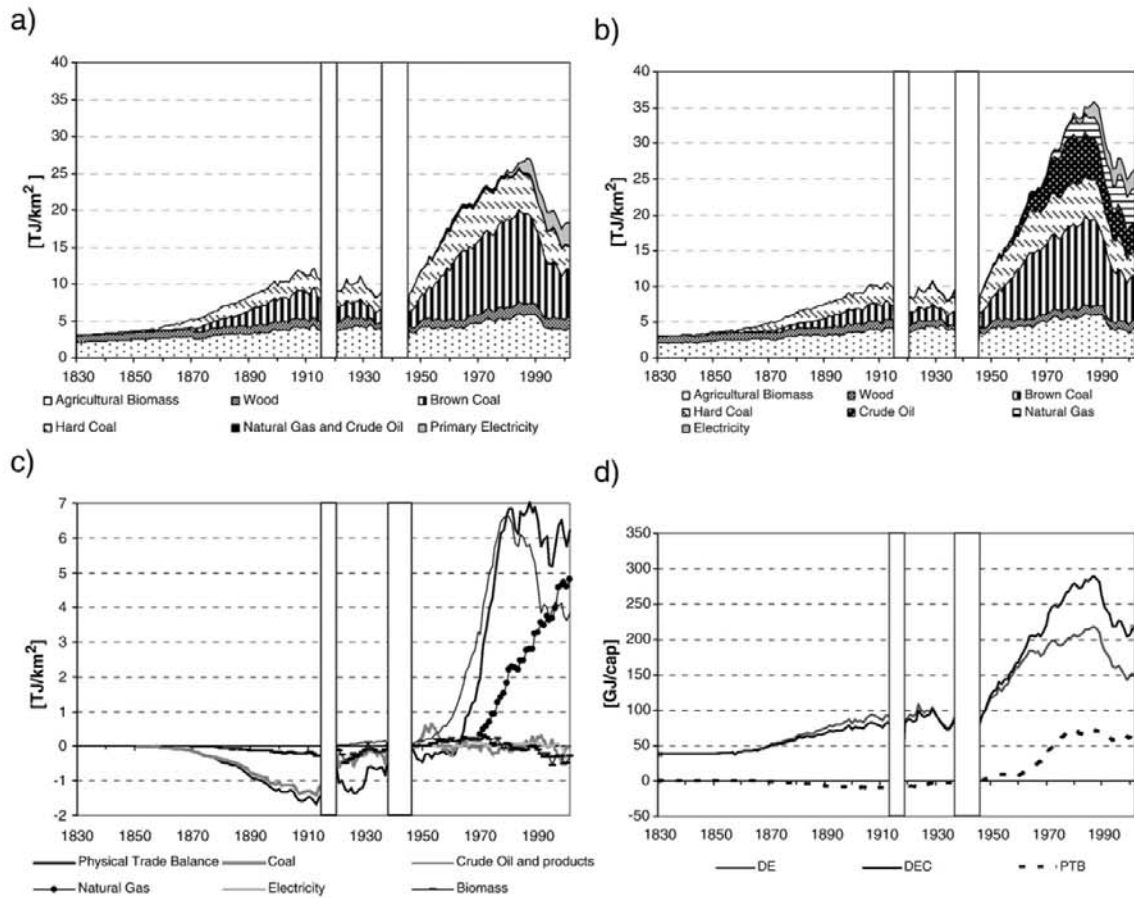


Fig. 4 – Socio-economic energy flows of Czechia (1830–1915) and Czechoslovakia (1920–2002). a) Domestic extraction (DE) per unit of area. b) Domestic energy consumption (DEC) per unit of area. c) Physical trade balance (PTB) per unit of area. d) Domestic extraction (DE), domestic energy consumption (DEC) and physical trade balance (PTB) per capita. Sources: own calculations, see text.

importing country. Import dependency grew rapidly and by 1989 net imports accounted for 21% of domestic energy consumption (DEC). As opposed to DE which slumped after the Velvet Revolution, imports recovered quickly after 1989 and grew throughout the 1990s (from 9.3 TJ/km² in 1991 to 10.9 TJ/km² in 2000), contributing increasing shares to energy supply. Exports were dominated in the 20th century by hard coal. Some crude oil in the form of refined petroleum products was (re-)exported in the late 20th century. Also wood exports gained significance from the mid-1970s, making up for around 10% of exports.

Domestic energy consumption (DEC) is defined as DE plus imports minus exports — trends in DEC thus comprise the combined effects of all previously discussed energy flows. DEC grew gradually in the early and mid-19th century, from 2.6 TJ/km² in 1830 to 4.7 TJ/km² in 1870. Only from the late 1860s, driven by the massive exploitation of first hard coal and then increasingly brown coal deposits, DEC began to increase more rapidly and doubled until 1910 to 10 TJ/km² — by this time, fossil fuels made up for around 50% of total DEC, distributed equally between brown coal and hard coal. The upward trend continued until the economic crisis in 1929 when DEC declined from 11 to 8 TJ/km² in just a few years. The decades after

World War II saw a surge in energy consumption. Between 1950 and 1981 DEC grew more than four fold and reached 35 TJ/km². During this period, the share of biomass in DEC declined from 41% to 20%, while the share of fossil fuels went up. In the 1950s and 60s, the main driver for the increasing DEC of fossil fuels was increasing brown coal extraction, while from the 1970s onwards, imports of crude oil and natural gas contributed more and more to DEC. In the 1980s growth of DEC slowed down and DEC even began to decline in 1985. The regime change in 1989 was related to a dramatic slump in DEC. Between 1989 and 2000 DEC declined by roughly one third to 23 TJ/km² and has increased slightly since then. Imports contributed greatly to DEC at up to 40%. Fossil fuels made up for 81% of DEC, of which just over one half consisted of coal.

The per capita trends of energy use differ from the per-area calculation presented above in periods of dynamic population development. Between 1830 and 1860 DEC per capita remained fairly constant around 40 GJ/cap, indicating that physical growth was mainly driven by population growth in the first half of the 19th century. Only then did physical growth substantially outpace population growth, and by 1910, DEC had doubled to 80 GJ/cap. The break resulting from the inclusion of Slovakia into the dataset after WWI did not

significantly distort values of per capita DEC. In the decades after WWII, the rapid physical growth was accompanied by modest population growth and per capita DEC increased rapidly and reached a peak in the late 1980s at almost 300 GJ/cap. Since the population in Czechoslovakia remained more or less constant since 1980, the slump in Energy consumption after the Velvet Revolution is just as pronounced in per capita as in total values: DEC per capita went down by almost one third. In the late 1990s the steep downward trend came to a halt at around 220 GJ/cap.

4. Discussion: the socio-ecological transition in Czechia/Czechoslovakia

The 170 year time period observed in this paper was a period of tremendous economic, political and socio-ecological change for Czechia and Czechoslovakia. Appearing as an agriculturally dominated region with only little manufacturing at the beginning of the 19th century, the region experienced extensive industrialization and economic growth under changing political conditions.

Between 1820 and 2000, according to Angus Maddison's (2003) estimate, per capita GDP grew ten fold from 849 \$/cap to

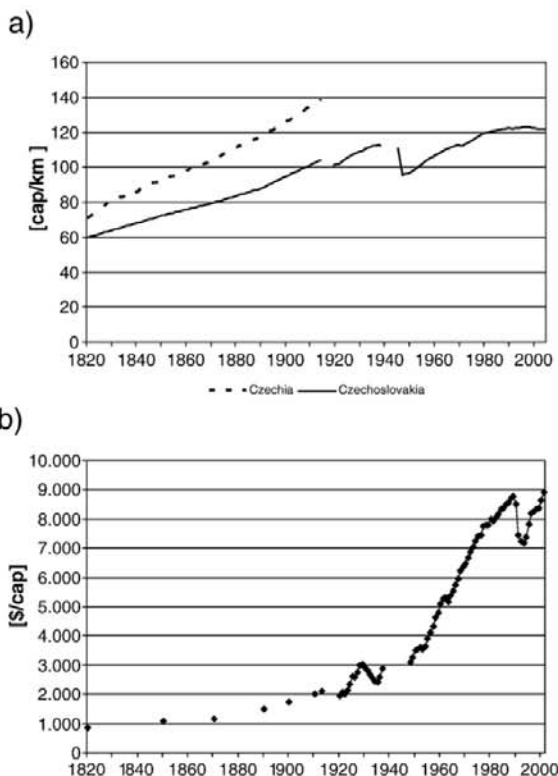


Fig. 5 – Demographic and economic development in Czechia/Czechoslovakia 1820–2000. a) Population density in Czechia (1820–1915) and Czechoslovakia (1820–2002). Sources: own calculations, see text. b) Gross domestic product in Czechoslovakia in international Geary–Khamis-\$ per capita 1820–2002. Source: Maddison, 2003.

Table 3 – Long term trends and periods of disruption in Czechoslovakia: GDP, population and energy use

	GDP	Population	GDP/cap	DEC
	[intl. \$]	[number]	[intl \$/cap]	[TJ/ha]
<i>Long term trends</i>				
1820–1910	298%	70%	135%	224%
1948–1989	258%	26%	189%	238%
1920–2000	439%	21%	346%	211%
<i>Periods of disruption</i>				
1914–1920	-10%	-2%	-8%	-7%
1929–1934	-17%	3%	-20%	-26%
1937–1948	-8%	-14%	7%	9%
1989–1993	-18%	1%	-18%	-19%

Source: Maddison, 2003 (GDP and population); own calculations (DEC).

8629 \$/cap, population doubled from 7.7 mio. to 15.7 mio., and total GDP increased by a factor of 21 (see Fig. 5a and b). Economic growth, however, was not a continuous process but was interrupted by periods of severe disruption and radical political change (Table 3): In the 19th century (1820 to 1910), GDP grew by 223% and population by 59%, per capita income (GDP/cap) doubled. World War I and the collapse of the Habsburg Empire caused a decline in GDP and population between 1913 and 1920 by 10 and 2%, respectively and after only a few years of rapid recovery, the economic crisis of 1929 saw a slump in GDP by 17%. WWII and the post war struggles caused economic disruptions similar to those of WWI, leading to a decline in GDP of 8%, while population slumped by 14%, which was largely due to the transfer of between 2 and 3 mio. (mostly German speaking) inhabitants. World War II and the subsequent strong decrease in population left Czechoslovakia's agricultural output surprisingly unharmed. While agricultural production per area was 10 to 20% lower directly after the war than it had been before, per capita values stayed fairly constant. Production of wood and fossil fuels was even less affected by war disruptions.

During the communist period the economy grew rapidly (260%) and population grew by over 25% until it stabilized in the 1970s. The Velvet Revolution marks a significant economic disruption in the whole period with a GDP decline similar to that of the economic crisis in 1929. Between 1989 and 1993 GDP (absolute and per capita) slumped by 18%, but recovered quickly and reached the former level in the year 2000. The whole period between 1920 and 2000 saw an increase in GDP by 429% and of population by 21%, per capita GDP grew by 346%. In the following section, we will discuss how economic growth and disruptions and political change are reflected in changes of the social metabolism and the biophysical variables investigated in our study.

Four periods of change with distinct biophysical dynamics were identified: The “long 19th century”, from the beginning of our analysis until the outbreak of World War I, the interwar period, the communist era from 1945 until 1989, and the restructuring as a market economy from then on. The long term trends in these periods will be discussed below. Table 4 presents a number of key indicators for Czechia/Czechoslovakia's industrialization.

Table 4 – Industrialization in Czechia (1850–1910) and Czechoslovakia (1950–2000)

		1850	1880	1910	1950	1985	2000
Population density ^a	[cap/km ²]	92	111	135	95	121	123
GDP/cap ^b	[USD/cap]	1079	1334	1990	3501	8367	8630
DEC per capita	[GJ/cap]	39	59	78	121	283	207
Share of biomass in DEC	[%]	94	64	51	39	20	18
Share of fallow in cropland	[%]	14	6	1	1	0	2
Agricultural population ^c	[%]	59	49	38	20	12	8
Coal extraction ^a	[t/cap]	0.1	1.3	2.9	3.5	8.3	4.6
Iron production ^d	[kg/cap]	8	13	81	252	975	635
Fertilizer application ^d	[kg/ha agricultural land]				43	348	82
Railroads ^d	[m/km ²]	–	65	119	103	103	74
Motorization ^d	[cars/100 P]				1.0	18.0	31.1
Draught animals ^c	[horses/100 P]	4.8	4.1	4.2	5.1	0.3	0.2

Sources: ^a statistical yearbooks, see text, ^b Maddison, 2003, ^c Sandgruber, 1978, ^d Mitchell, 2003 (1850–1880 pig iron; 1950–2000 crude steel).

4.1. 1830–1914: coal based growth

The gradual changes of the late 19th and early 20th century represent the take-off phase of Czechia's transition from an agrarian to an industrial socio-ecological regime. During this period, Bohemia and Moravia were lands of the Habsburg Empire and its system of gradually increasing internal division of labour. Like the rest of the Empire, Bohemia and Moravia were late comers with respect to the industrial revolution: In the mid-19th century, around 60% of the population were engaged in agriculture, urbanisation was low and iron production amounted to less than 10 kg/cap (Table 4). Biomass was the most important energy carrier until the mid-19th century accounting for more than 95% of DEC until 1840. Only then, the exploitation of Bohemia's and Moravia's coal deposits gained significance, exceeding a level of 100 kg/cap and year in 1846 and gradually increasing domestic extraction and domestic energy consumption to unprecedented levels until the collapse of the Empire. In the 1860s, the economic boom of the *Gründerzeit* affected the economy of the Czech lands (Bideleux and Jeffries, 2007). Bohemia and Moravia had been connected to the steam railway system since the 1830s, but increased railway construction took place from 1848 to 1867, extending the network to over 5000 km of railway lines (Mrázek, 1964). Only from the 1860s on, Czechia rapidly replaced Styria as the centre of the Empire's iron industry (Hwaletz, 2001). The once backward lands Bohemia and Moravia evolved as dynamically growing industrial regions with a boosting coal production.

At first, the use of coal was restricted to industrial processes, replacing (and adding to) wood as a key resource and significant amounts of coal were exported to other provinces of the Empire, above all to Vienna and Lower Austria. During the 19th century population increased by 60% and the pressure on agriculture to raise the production of food and feed grew. Like in many other central European regions, agricultural output was increased by a series of technological innovations and an optimization process generally termed the first agricultural revolution (Sandgruber, 1978). New crops, above all potato, clover, fodder and later also sugar beet allowed to replace the traditional three field rotation by more sophisticated crop rotations and the share of fallow of total cropland declined from 19% in 1830 to 2% in 1900 (Table 4). The

surge in available fodder allowed to increase the number of draught animals and livestock densities in total almost doubled. More manure, better fertilizer management and nitrogen inputs from leguminous crops helped to raise agricultural yields by 50% and more, and the annual growth rate of cereal output even exceeded that of population growth in that period. Czech agriculture increasingly supported other parts of the empire with agricultural production.

At the outbreak of WWI, Czechia appears to be a typical industrializing Central European region: During the long 19th century GDP had grown by 300%, population by 70% and per capita GDP by 135% to a level similar to that of the Austrian lands of the Empire (Table 3). Coal production per capita had increased from 20 kg in 1830 to more than 3000 kg and total DEC had more than doubled to a level of 81 GJ/cap, coal accounting for roughly half of its total (Tables 3 and 4). Agricultural population had declined to a third of total population and iron output surged to more than 100 kg/cap. Agricultural production by and large kept pace with population growth, despite the fact, that throughout the 19th century, the agricultural production system did not yet substantially benefit from the new energy source. The supply of agriculture with power still fully relied on draft animals and humans (only 2% of all agricultural machinery used fossil fuels, see Sandgruber, 1978). Industrial sources for the replacement of plant nutrients were hardly existent.

4.2. 1914–1948: major disruptions: decline and recovery

World War I ended a long period of economic and physical growth and marked the beginning of a series of severe disruptions. After the disintegration of the Austro-Hungarian Monarchy, the former Austrian lands Bohemia and Moravia together with Slovakia (formerly Hungarian territory) now formed the new Czechoslovak Republic. According to Maddison (2003), the period 1914 to 1920 saw a 10% decline in GDP but only 2% in population (Table 3). The economic starting position of the newly founded Republic was favourable: Czechoslovakia was endowed with large deposits of coal and, as it contained the monarchy's centres of heavy industry, a large industrial legacy. This contributed to the fact that Czechoslovakia's energetic metabolism was surprisingly little affected by the collapse of the Austro-Hungarian Empire: despite the inclusion

of the less industrialized Slovakia, DEC (per unit of area) in 1920 was only 7% lower than in the years preceding the war (Fig. 4b). After the war growth continued until the economic crisis in 1929 severely hit the Czechoslovak economy (Häufler, 1984). Within only five years GDP slumped by 17% and DEC declined even by 26% (Table 3). The period of recovery was short and World War II and its aftermath constituted the next major disruption. Three years after the war, in 1948 GDP was still 8% below the value of 1937, while energy consumption, which had rapidly recuperated after 1945 was already 8% above the pre-war level. The period, however, saw a 14% decline in population which was mostly due to the transfer of 2–3 mio. people, mostly Germans from borderlands (see Fig. 5a). This had a considerable impact on land use and agriculture, as it left large border areas uncultivated and enforced reforestation (see e.g. Bicik and Stepanek, 1994). However, agricultural output was comparatively constant before and after the war. This might be a result of farmers' organisation efforts for cooperation which continued until 1948 and could have alleviated the war damages (Kubacak, 1995). Overall, the period 1914 to 1948 experienced a considerable growth with respect to GDP (37%) and a less pronounced increase in DEC (17%) but a decline in population (–7%) (see Table 3). The disruptions were severe, but were followed by periods of steep economic and physical growth.

4.3. 1948 to 1989: the socio-ecological transformation under communist rule

Profound changes in Czechoslovakia's physical economy only occurred after World War II. Industrialization and boosting industrial and agricultural production were among the key priorities of the communist administration and Czechoslovakia became tightly integrated into the system of spatial division of labour among the members of the Council for Mutual Economic Assistance (Comecon, see Bideleux and Jeffries, 2007). Economic development focussed on the expansion of coal mining and heavy industry and the Czechoslovak Socialist Republic became a centre for industry (iron, steel and chemical industry) and manufacturing within the Comecon (Blazek, 1959): steel production increased by almost 300% between 1950 and 1985 (Table 4).

Coal production and consumption was greatly enhanced and in 1955 low quality brown coal replaced hard coal as key energy carrier (Fig. 4a). In the 1960s imported crude oil and

later also natural gas, both available at low prices from Russia (Bideleux and Jeffries, 2007; Sirucek, 2007), began to supplement domestic coal in significant quantities, but coal (and above all brown coal) remained the quantitatively most important source of technical energy (Fig. 4b). The extensive use of coal went along with CO₂-emissions much higher than those of oil-based industrialized countries (Kuskova, 2004). Until the 1980s, energy consumption went up very steeply (annual growth rates of 3%), reaching levels around 300 GJ/cap which by far exceeded those of other industrialized countries (see Table 5); a significant share of this energy was used for the production of industrial export products aimed for the Comecon markets. Also agriculture was subject to far reaching restructuring and was industrialized at a fast pace in the decades after World War II. Collectivisation was rapidly enforced. Between 1950 and 1980 the proportion of farm land in cooperatives and state farms increased from less than 10 to more than 80%, a development which created huge farm enterprises: In 1980 the average size of a cooperative was 2500 ha and that of a state farm 6800 ha (Bartos, 1987). Between 1955 and 1975 the number of tractors increased to 137,000, draught animals disappeared and agricultural labour force declined by 50% (Table 5). The application of artificial fertilizer surged to 350 kg/ha of agricultural area. This allowed for the tremendous increases in agricultural yields, biomass output and livestock numbers and the decline in agricultural areas observed in the decades after WWII (see Figs. 1 and 3). Mining land and built-up land used for infrastructure or urban areas also contributed to decreasing agricultural land (Stys, 1987). Between 1963 and 1979 almost 500,000 ha of farmland (7%) were lost, a significant fraction for construction and mining (Bartos, 1987; see also Bicik et al., 2007). Wood extraction also increased considerably during the 20th century. While wood was successively replaced by fossil fuels for combustion in the early 20th century, it was used more and more for non-energy purposes such as timber and paper production — by 1980, the non-energy use of wood accounted for 90% of domestic wood consumption (Kubacak, 1995). Wood also became an increasingly important export product with up to 40% of domestic extraction used for exports.

The dynamics of biophysical growth which prevailed in centrally planned Czechoslovakia in the decades following WWII very much resembles the picture which has been observed in Western European countries (Gales et al., 2007; Kander, 2002; Krausmann and Haberl, 2002; Schandl and

Table 5 – International comparison: income (GDP/cap), energy consumption (DEC/cap) and energy intensity (DEC/GDP) for selected industrialized countries in 1989 (5a) and 2000 (5b)

5a: 1989		Czechoslovakia	Austria	United Kingdom	EU15	Japan
GDP/cap	[intl \$/cap]	8709	15,762	16,110	15,633	17,185
DEC/cap	[GJ/cap]	281	194	191	199	148
DEC/GDP	[MJ/intl \$]	32	12	12	13	9
5b: 2000		Czechoslovakia	Austria	United Kingdom	EU15	Japan
GDP/cap	[intl \$/cap]	8630	20,097	19,817	19,160	21,069
DEC/cap	[GJ/cap]	201	199	189	209	193
DEC/GDP	[MJ/intl \$]	22.8	9.7	9.4	10.9	9.1

Sources: Haberl et al., 2006; Krausmann et al., 2008b; Maddison, 2003.

Schulz, 2002; Krausmann et al., 2008b): During a comparatively short period of two to three decades, GDP, material and energy throughput multiplied and a new type of social metabolism emerged. In contrast to the 19th century when population growth determined the pattern, growth in this period was driven by per capita growth and led to a completely new level of per capita income and energy use. Christian Pfister refers to this period of socio-ecological restructuring as 1950s Syndrome (Pfister, 1995). The particular dynamic of growth has been attributed to a transition towards a society of mass production and consumption and was facilitated by new, petroleum and electricity based technologies, declining energy prices and massive political efforts (Grübler, 1998; Krausmann et al., 2008b). Czechoslovakia followed this basic pattern in many ways. It seems that the surge in energy use, the industrialization of agriculture and the trends in land use were even more pronounced under the conditions of the planned economy than in Western Europe. Compared to Austria and the UK, where comparable data exist (Krausmann et al., 2008b) per capita DEC grew at extremely high rates (2.4% per year) to a significantly higher level (see Table 5). While the first oil price shock in 1973 marks the beginning of a period of stabilization in DEC in many countries (Haberl et al., 2006), it hardly had any effect on the Czechoslovak economy. The system of low price oil transfers within the Comecon countries prevailed even after 1973 (Bideleux and Jeffries, 2007; Sirucek, 2007) and Czechoslovak oil imports and DEC continued to grow at a high rate until 1979 (Fig. 4b and c). Only the period after the second oil price shock in 1979 was characterized by a stabilization of DEC at a very high level, and a modest decline after 1985. The immoderate energy throughput may partly be attributed to the specialised role of the Czechoslovak economy as a centre for heavy industry within the Comecon, but in its later phase it is also related to over industrialization, a lag in technological development and obsolescing industrial facilities. Although the Czechoslovak economy grew at high annual rates, GDP not even nearly reached the level of Western European economies such as Austria or the UK. In contrast to Austria or the UK, Czechoslovakia's energy intensity (unit of DEC per unit of GDP) did not decline substantially during this period. In 1989, immediately before the regime change, it was 2.7 times higher than in Austria or the UK (Table 5).

4.4. 1989–2000: the Velvet Revolution and its impact on the biophysical economy

The end of communism was accompanied by dramatic changes in Czechoslovakia's economy (Scasny et al., 2003) which are in its economic and physical dimensions only comparable to the economic crises of the 1930s (see Table 3). The period 1989 to 1993 saw a massive decline in GDP in absolute terms and per capita (–18%). The shift from a planned to a market economy was related to temporary recession and massive restructuring of the economy: with the collapse of the Soviet Union the major trading partner vanished and Czechoslovakia had to adopt to new export markets. High volumes of industrial and agricultural production were reduced, inefficient production and allocation structures eliminated and industries restructured. The recession in the years after the Velvet Revolution and the subsequent economic restructuring



Fig. 6—Energy intensity (DEC/GDP) in the Czechoslovak economy 1950 to 2002. Source: own calculations based on domestic energy consumption (DEC) and gross domestic product (GDP) in international Geary–Khamis-\$ from Maddison, 2003.

resulted in a significant decline in energy consumption. DEC was diminished by almost one third during the 10 years following the Velvet Revolution (Figs. 4b and 5b): coal production slumped by 19% between 1989 and 1993, and also agricultural production declined significantly (Fig. 4a). Primary energy supply shifted from domestic coal towards imported crude oil and natural gas, a shift which also helped to drastically reduce CO₂-emissions from 19 t/cap in 1989 to 12 t/cap in 2000 (Kuskova, 2004).

The changes in agricultural production, i.e. declining agricultural production and livestock numbers (Figs. 1 and 3), reflect the end of high agricultural subsidies as they prevailed under communist rule (Bicik et al., 2001, 2007). The privatisation of agriculture triggered a process of structural change. Large areas, especially grasslands were abandoned, agricultural production in general was de-intensified (Bicik and Jancak, 2005).

The aggregate effect of declining GDP and DEC was a significant reduction in the energy intensity of the Czechoslovak economy. The restructuring of the economy after 1989 accelerated a process of declining energy intensity which can be recognized as a general trend since the 1950s (Fig. 6). In the years between 1989 and 2000 energy intensity declined by 25%, however, with 23 MJ/\$ energy intensity was still twice as high as in Austria or the UK (Table 5b; Krausmann et al., 2008b). Per capita DEC declined to a level of 200 GJ/cap, very similar to that of other industrialized economies (see Table 5b).

A similar development as in Czechoslovakia's energy system has been observed for material flows. According to material flow accounts which have been compiled for the Czech Republic (Scasny et al., 2003), domestic material consumption (DMC) declined by 40% during the five years after the Velvet Revolution. Since then, DMC remained stable at a level very similar to those of Austria and the EU15 average (ca. 17 t/cap, Weisz et al., 2006).

5. Summary and conclusions

During the 170 year period investigated in this paper, Czechia/Czechoslovakia went through a fundamental transition process which resulted in a new size and pattern of social metabolism. The observed development resembles some of the key characteristics of the socio-metabolic transition process during which the exploitation of fossil fuels allowed to abrogate traditional limits of growth related to a land based controlled solar energy system of the agrarian metabolic regime (Sieferle et al., 2006; Krausmann et al., 2008b). We discern two distinct phases of this transition in Czechia/Czechoslovakia, each characterized by specific patterns of change of both the agricultural production system and the energy system. (1) The take-off of industrialization in the "long 19th century" under Austro-Hungarian rule when the exploitation of coal deposits began to boost energy use. This period saw considerable population growth and an intensification of the traditional land use system. Increases in DEC were met by a growing population and energy use per capita grew only modestly. This development is very similar to what has been observed for other lands of the Habsburg Empire and other late coming economies (e.g. Krausmann and Haberl, 2007). (2) The period of rapid industrialization and growth in per capita energy use during the communist era. In contrast to Western European countries coal remained the most significant energy carrier for a long time but increasingly imported crude oil and natural gas changed the energy system and boosted agricultural production. The Velvet Revolution and the subsequent turn towards a market economy in the last decade of the 20th century constituted a turning point which resulted in structural adaptations and an acceleration of already ongoing changes in the energy system: The economic restructuring adapted the energy system and the size and structure of social metabolism to typical Western European patterns (cf. Scasny et al., 2003). Despite fundamental institutional and political differences, the path of the metabolic transition in Czechia/Czechoslovakia appears very similar to that observed in Western European economies and resulted in a comparable metabolic profile (cf. Haberl et al., 2006; Krausmann et al., 2008b).

In the case of Czechia/Czechoslovakia radical political change had only limited effect on the overall socio-ecological pattern. Even very different institutional and economic settings compared to Western European economies led to similar general patterns of material growth. Although the development over time saw a number of periods of severe disruption and dramatic changes in the general economic-political conditions it seems that the biophysical impact of these events remained of limited significance. World War I, the Economic Crisis, WWII and the Velvet Revolution all had dramatic short term impacts on GDP and DEC but after a short period of time growth prevailed again, often at a faster pace than before. Surprisingly, the relative impact of the Velvet Revolution on biophysical parameters was the most significant disruption during the whole time period. The remarkable similarity in the pathway of the metabolic transition and the resulting metabolic profile support the hypothesis that industrialization constitutes a very general socio-metabolic transition pattern (Krausmann et al., in press; Fischer-Kowalski and Haberl, 2007).

Acknowledgements

This study is the result of a cooperation between the Department of Social Geography and Regional Development of the Faculty of Sciences of Charles University, the Charles University Environment Center and the Institute of Social Ecology (Klagenfurt University, Vienna). The authors acknowledge the support of Leos Jelecek, Pavel Chromy, Tomas Hak and Marina Fischer-Kowalski. The research has been supported by The Grant Agency of The Academy of Science of the Czech Republic (project no KJB301110705, Land use of model regions in the context of social metabolism of Czechoslovakia), research programme "Geographical systems and Risk Processes in the Context of Global Changes and European Integration" (MSM002162083), the Austrian Science Fund (project no P16759, The Transformation of Society's Natural Relations) and the AKTION project 42p10 „Comparative analysis of the long term development of land use and industrial metabolism in Austria and Czech Republic". The authors thank Karl Heinz Erb, Jan Kabrda and one anonymous reviewer for their comments.

REFERENCES

- Anonymous, 1828–1865. *Tafeln zur Statistik der österreichischen Monarchie*. Wien.
- Ayres, R.U., Simonis, U.E., 1994. *Industrial Metabolism: Restructuring for Sustainable Development*. United Nations University Press, Tokyo.
- Bartos, M., 1987. Influence of large scale farming methods on soil exploitation in Czechoslovakia. In: Wolman, M.G., Fournier, F.G.A. (Eds.), *Land Transformation in Agriculture*. John Wiley & Sons, Chichester, pp. 319–357.
- Behrens, A., Giljum, S., Kovanda, J., Niza, S., 2007. The material basis of the global economy: worldwide patterns of natural resource extraction and their implications for sustainable resource use policies. *Ecological Economics* 64, 444–453.
- Bicik, I., Stepanek, V., 1994. Long-Term and Current Tendencies in Land-Use: Case Study of the Prague's Environs and the Czech Sudetenland. *Praha. Acta Universitatis Carolinae Geographica* 29 (1), 47–66.
- Bicik, I., Jancak, V., 2005. Transformační procesy v českém zemědělství po roce 1990. *Univerzita Karlova, Praha*.
- Bicik, I., Jelecek, L., Stepanek, V., 2001. Land-use changes and their social driving-forces in Czechia in the 19th and 20th centuries. *Land Use Policy* 18, 65–75.
- Bicik, I., Chromy, P., Jancak, V., Jelecek, L., Kupková, L., Stepanek, V., Winlerova, V., 2007. Land use/land cover changes in Czechia over the past 150 years — an overview. In: Anonymous (Editors), *Land Use/Cover Change in Selected Regions in the World*. IGU SG LUCC and Institute of Geography, Hokkaido Univ. of Education, Asahikawa, pp. 29–39.
- Bideleux, R., Jeffries, I., 2007. *A History of Eastern Europe. Crisis and Change*. Routledge, Abingdon.
- Blazek, M., 1959. *Ökonomische Geographie der Tschechoslowakischen Republik*. Verlag Die Wirtschaft, Berlin.
- Bringezu, S., Schutz, H., Steger, S., Baudisch, J., 2004. International comparison of resource use and its relation to economic growth: the development of total material requirement, direct material inputs and hidden flows and the structure of TMR. *Ecological Economics* 51, 97–124.

- Costanza, R., Graumlich, L.J., Steffen, W., 2007. Sustainability or Collapse? An Integrated History and Future of People on Earth. The MIT Press, Cambridge, MA.
- Cusso, X., Garrabou, R., Tello, E., 2006. Social metabolism in an agrarian region of Catalonia (Spain) in 1860 to 1870: flows, energy balance and land use. *Ecological Economics* 58, 49–65.
- FAO, 2004. FAOSTAT 2004, FAO Statistical Databases: Agriculture, Fisheries, Forestry, Nutrition. FAO, Rome.
- Federální statistický úřad (Editor), 1958–1989. Statistická ročenka Československé socialistické republiky. SNTL — Nakladatelství technické literatury, Praha.
- Federální statistický úřad (Editor), 1985. Historická ročenka CSSR. SNTL — Nakladatelství technické literatury, Praha.
- Federální statistický úřad (ed.), 1990–1992. Statistická ročenka Česka a Slovenské federativní republiky. SNTL — Nakladatelství technické literatury, Praha.
- Fischer-Kowalski, M., 1998. Society's metabolism. The intellectual history of material flow analysis, Part I: 1860–1970. *Journal of Industrial Ecology* 2, 61–78.
- Fischer-Kowalski, M., Haberl, H., 2007. Socioecological Transitions and Global Change: Trajectories of Social Metabolism and Land Use. Edward Elgar, Cheltenham, UK.
- Fischer-Kowalski, M., Hüttler, W., 1998. Society's metabolism. The intellectual history of material flow analysis, Part II: 1970–1998. *Journal of Industrial Ecology* 2, 107–137.
- Gales, B., Kander, A., Malanima, P., Rubio, M.d.M., 2007. North versus south: energy transition and energy intensity in Europe over 200 years. *European Review of Economic History* 11, 219–253.
- Grübler, A., 1998. *Technology and Global Change*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Haberl, H., 1995. Menschliche Eingriffe in den natürlichen Energiefluß von Ökosystemen: Sozio-ökonomische Aneignung von Nettoprimärproduktion in den Bezirken Österreichs. *Social Ecology Working Paper* 43. IFF Social Ecology, Vienna.
- Haberl, H., 2002. Economy-wide energy flow accounting. In: Schandl, H., Grünbühel, C.M., Haberl, H., Weisz, H. (Eds.), *Handbook of Physical Accounting. Measuring Bio-Physical Dimensions of Socio-Economic Activities*. MFA — EFA — HANPP. Federal Ministry of Agriculture and Forestry, Environment and Water Management, Vienna.
- Haberl, H., Weisz, H., Amann, C., Bondeau, A., Eisenmenger, N., Erb, K.-H., Fischer-Kowalski, M., Krausmann, F., 2006. The energetic metabolism of the EU-15 and the USA. Decadal energy input time-series with an emphasis on biomass. *Journal of Industrial Ecology* 10, 151–171.
- Häufler, V., 1984. *Ekonomická geografie Československa*. (The Economic Geography of Czechoslovakia). Academia, Praha.
- Hornborg, A., 2006. Footprints in the cotton fields: the Industrial Revolution as time-space appropriation and environmental load displacement. *Ecological Economics* 59, 74–81.
- Hornborg, A., McNeill, J.R., Martinez-Alier, J. (Eds.), 2007. *Rethinking Environmental History: World System History and Global Environmental Change*. Alta Mira Press, Lanham.
- Hwaletz, O., 2001. *Die österreichische Montanindustrie im 19. und 20. Jahrhundert*. Böhlaus, Wien.
- IEA, 2004. *Energy Statistics of OECD countries* (CDRom version). International Energy Agency (IEA), Organisation of Economic Co-Operation and Development (OECD), Paris.
- Iriarte-Goñi, I., Ayuda, M.I., 2008. Wood and industrialization: evidence and hypotheses from the case of Spain, 1860–1935. *Ecological Economics* 65 (1), 177–186.
- K.K. Ackerbauministerium (Editor), 1874–1913. *Statistisches Jahrbuch des k.k. Ackerbauministeriums*. k.k. Ackerbauministerium, Wien.
- K.K. Statistische Central-Commission (Editor), 1870–1881. *Statistisches Jahrbuch der österreichischen Monarchie*. K.k. Hof- und Staatsdruckerei, Wien.
- K.K. Statistische Central-Commission (Editor), 1881–1913. *Österreichisches Statistisches Handbuch für die im Reichsrathe vertretenen Königreiche und Länder*. K.k. Hof- und Universitäts-Buchhändler, Wien.
- k.k. Finanz-Ministerium (Editor), 1858. *Tafeln zur Statistik des Steuerwesens im österreichischen Kaiserstaate mit besonderer Berücksichtigung der directen Steuern und des Grundsteuerkatasters*. Wien.
- Kander, A., 2002. Economic Growth, Energy Consumption and CO₂ Emissions in Sweden 1800–2000. Lund University, Lund.
- Krausmann, F., Haberl, H., 2002. The process of industrialization from the perspective of energetic metabolism. *Socioeconomic energy flows in Austria 1830–1995*. *Ecological Economics* 41, 177–201.
- Krausmann, F., Haberl, H., 2007. Land-use change and socio-economic metabolism. A macro view of Austria 1830–2000. In: Fischer-Kowalski, M., Helmut Haberl, H. (Eds.), *Socioecological transitions and global change: Trajectories of Social Metabolism and Land Use*. Edward Elgar, Cheltenham, UK, pp. 31–59.
- Krausmann, F., Erb, K.-H., Gingrich, S., Lauk, C., Haberl, H., 2008a. Global patterns of socioeconomic biomass flows in the year 2000: a comprehensive assessment of supply, consumption and constraints. *Ecological Economics* 65, 471–487.
- Krausmann, F., Schandl, H., Siefert, R.P., 2008b. Socio-ecological regime transitions in Austria and the United Kingdom. *Ecological Economics* 65, 187–201.
- Krausmann, F., Fischer-Kowalski, M., Schandl, H., Eisenmenger, N., in press. The global socio-metabolic transition: past and present metabolic profiles and their future trajectories. *Journal of Industrial Ecology*.
- Kubacak, A., 1995. *Dejiny zemědělství v českých zemích*. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha.
- Kuskova, P. (Ed.), 2004. *Czech Republic 2003. A Decade of Sustainable (?) Development*. Charles University Environment Center, Prague.
- Lindmark, M., 2002. An EKC-pattern in historical perspective: carbon dioxide emissions, technology, fuel prices and growth in Sweden 1870–1997. *Ecological Economics* 42, 333–347.
- Landwirtschaftliches Wochenblatt des k.k. Ackerbau-Ministeriums, 1869, 1: 12–13.
- Landwirtschaftliches Wochenblatt des k.k. Ackerbau-Ministeriums, 1870, 2: 152–155.
- Lorenz von Liburnau, J.R., 1878. *Atlas der Urproduktion Oesterreichs*. R. von Waldheim, Wien.
- Maddison, A., 2003. *The World Economy. Historical Statistics*. Paris.
- Malanima, P., 2002. *Energy Systems in Agrarian Societies: The European Deviation*. Consiglio Nazionale della Ricerche, Istituto di Studi sulle Società del Mediterraneo (CNR – ISSM). OECD, Napoli.
- Martinez-Alier, J., Schandl, H., 2002. Special section: European environmental history and ecological economics. *Ecological Economics* 41, 175–176.
- Ministry of the Environment of the Czech Republic (Editor), 2000. *Mineral commodity summaries of the Czech Republic*. Geofond of the Czech Republic.
- Ministry of the Environment of the Czech Republic (Editor), 2003. *Zpráva o stavu zemědělství ČR za rok 2002 "Zelená zpráva"*. Report on the state of agriculture in the year 2002. "The Green Report". Prague.
- Mitchell, B.R., 2003. *International Historical Statistics Europe 1750–2000*. Palgrave Macmillan, New York.
- Mrazek, O., 1964. *Vyvoj průmyslu v Českých zemích a na Slovensku od manufaktury do roku 1918*. Nakladatelství politické literatury, Praha.
- Pavlinek, P., 1995. Regional development and the disintegration of Czechoslovakia. *Geoforum* 26, 351–372.
- Pfister, C., 1995. *Das 1950er Syndrom. Der Weg in die Konsumgesellschaft*. Bern, Stuttgart, Wien.
- Sandgruber, R., 1978. *Österreichische Agrarstatistik 1750–1918*. Verlag für Geschichte und Politik, Wien.
- Scasny, M., Kovanda, J., Hak, T., 2003. Material flow accounts, balances and derived indicators for the Czech Republic during

- the 1990s: results and recommendations for methodological improvements. *Ecological Economics* 45, 41–57.
- Schandl, H., Schulz, N.B., 2002. Changes in United Kingdom's natural relations in terms of society's metabolism and land use from 1850 to the present day. *Ecological Economics* 41, 203–221.
- Sieferle, R.P., 2001. *The Subterranean Forest. Energy Systems and the Industrial Revolution*. The White Horse Press, Cambridge.
- Sieferle, R.P., Krausmann, F., Schandl, H., Winiwarter, V., 2006. *Das Ende der Fläche. Zum Sozialen Metabolismus der Industrialisierung*. Böhlau, Köln.
- Sírúček, P., 2007. *Hospodarske dejiny a ekonomicke teorie: vyvoj, súčasnosť, výhľedy*. Melandrium, Slany.
- Statistický úrad Slovenskej republiky (Editor), 2003. *Pol'nohospodarstvo v Slovenskej republike: vybrane ukazovatele v rokoch 1970–2002*. Bratislava.
- Státní úrad statistický v Praze (Editor), 1920–1932. *Statistická příručka republiky Československé I–IV*. Praha.
- Státní úrad statistický v Praze (Editor), 1934–1938. *Statistická ročenka republiky Československé*. Praha.
- Stys, S., 1987. Reclamation of areas affected by open-cast mining in the North Bohemian brown coal basin, Czechoslovakia. In: Wolman, M.G., Fournier, F.G.A. (Eds.), *Land Transformation in Agriculture*. John Wiley, Chichester, New York, pp. 453–493.
- UN, 2004. *Energy Statistics Yearbook 2001*. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, New York.
- United Nations Statistical Division, 2004. *UN Commodity Trade Statistics Database (UN Comtrade)*. <http://comtrade.un.org/>.
- Weisz, H., Krausmann, F., Amann, C., Eisenmenger, N., Erb, K.-H., Hubacek, K., Fischer-Kowalski, M., 2006. The physical economy of the European Union: cross-country comparison and determinants of material consumption. *Ecological Economics* 58, 676–698.

VI) KUŠKOVÁ, P. (2009): A case study of the Czech agriculture since 1918 from the social metabolic perspective – from land reform through nationalisation to privatisation. Land Use Policy, v recenzním řízení.

A case study of the Czech agriculture since 1918 from the social metabolic perspective – from land reform through nationalisation to privatisation

Abstract

This article explores the development of the social metabolism of the Czech agriculture over the last 80 years. Being a Central European country, the Czech Republic has undergone a number of breaks and changes in its political system throughout its history. The social metabolism concept and the method of material and energy flow analysis looks at a studied system from a biophysical perspective and explores the interactions between the economic system and nature. The present Czechia and also Slovakia (Czechoslovakia before 1993) are successor countries of the Austro-Hungarian Empire. From 1918 to 1938, Czechia was part of market-oriented, capitalist and democratic Czechoslovakia, which turned into a socialist centrally planned system in 1948 and then back to a market-oriented economy in 1989. Czechia and Slovakia then entered the European Union in 2004. This article presents selected indicators such as energy inputs of fossil fuels, tractor work, human and animal work, and domestic extraction (DE) expressed in energy units and land use or numbers of agricultural workers and livestock covering the period between 1920 and the present. We then link these indicators to political and economic historical events.

Key words: social metabolism, material and energy flow analysis (MEFA), land use, Czechia, environmental history

1. Introduction

This article looks into the development of the Czech agriculture under different political and economic conditions from a social metabolic point of view and this paper explores an eighty-year period from 1920 to the present (2005).

The Czech agriculture underwent great changes in its history not only in the sense of changes associated with the industrialization that occurred in other countries too, but also specific changes linked to abrupt changes in political regimes. It was especially the shift from the capitalist mode of production to a centrally planned large-scale agricultural system. The study covers the capitalist era of the Czechoslovak Republic in the interwar period, the era of a centrally planned economy under the communist regime, the collapse of this regime and the subsequent turn towards a market economy and European integration in the 1990s.

The history of the Czech agriculture is viewed in this study from the perspective of social metabolism. The concept of social metabolism has been developed to describe interactions between human activities and the natural environment (Ayres and Simonis, 1994).

Fischer-Kowalski and Haberl (2007) have defined the shift from the agrarian to the industrial social-metabolic regime as a socioecological transition. Generally speaking, the social metabolic transition was a result of industrialization in many cases. In this sense, the sociometabolic changes in the 20th century have its roots a hundred years before. During the 19th century, the Czech agriculture was influenced by the transition from the agricultural revolution into a technological and scientific revolution in agriculture as in many other countries. Nevertheless, the process of industrialisation was greatly converted into the so-called “socialist industrialisation” in post-war Czechia. This meant nationalisation of most production (industry and agriculture) and the installation of a rigidly planned economy (Bicik et al., 2001).

The sociometabolic transition of the Czech agriculture started already in 19th century with the onset of the industrial revolution as a result of industrialisation, urbanisation and demographic growth.

This article treats the biophysical aspects of the Czech agriculture as trends in inputs of human and animal work or inputs of fossil fuels or development of land use, and links these trends to political and economic events in history.

It is an attempt to contribute to the understanding of transition processes by tracing the biophysical organization of the Czech agriculture throughout a long period of dramatic political and economic changes. It complements studies referring to Czechia investigating long-term changes in land use, agriculture and social metabolism (Bicik et al., 2001; Feranec et al., 2000; Jelecek, 1984; Kuskova et al., 2008; Cusso et al., 2006; Lustigova and Kuskova, 2006; Kuskova, 2008) and relates also to growing body of the Long-Term Socio-Ecological Research (LTSER) which focuses on socioecological systems, i.e., complex, integrated systems that emerge through the continuous interaction of human societies with ecosystems (Redman et al. 2004 in Haberl et al., 2006) and also aims to contribute to discussion in the field of Industrial and Social Ecology mainly in the field of material and energy flows accounting, biomass metabolism (e.g. (Haberl, 2001; Eurostat, 2001, Erb et al., 2007)). Selected indicators are presented and help us identify and understand the changing role of the Czech agriculture over time.

1.1. Historical background

The Czechoslovak Republic was established in 1918 as one of the successor countries of the collapsed Austro-Hungarian Empire. After World War I, the first Czechoslovakia was a democratic capitalist country. Czechoslovakia basically encompassed the historic lands of Bohemia, Moravia and parts of Silesia (the present-day Czech Republic - Czechia), Slovakia and a small part of present-day Ukraine called Sub-Carpathian Ruthenia. Czechia was a strongly industrialized region already in the times of the Austro-Hungarian Empire. Czechia has traditionally been an industrial and agricultural region belonging to countries with a high level of concentration of agricultural production and mechanization of agricultural work. Before World War I, Bohemia, Moravia and Silesia occupied one quarter of the agricultural land of the „Austrian countries“ (i.e., Cisleitania – one half of the Austro-Hungarian Empire); it produced more than one third of the wheat (35%), almost one half of the rye (48%), and more than one half of the barley (59%), 32% of the potatoes and 80% of the sugar beet (Kubacak, 1995).

In 1939–1945, Czechia was occupied by Nazi Germany. Dramatic societal and economic changes took place after World War II during the Communist period (1948–1989) and under the Soviet domination.

Before the communist coup in 1948, small-sized farms dominated. After 1948, state farms had the highest share (almost 34% in 1984) and this share was higher than in most other socialist countries. These kind of farms usually cultivated thousands of hectares of agricultural land, and kept tens of thousands of animals (Haufler, 1984). The fast nationalisation and industrialization process led to extremely high exploitation of natural resources.

The Velvet Revolution in 1989 brought further dramatic changes. The transformation from a centrally planned economy to a market-oriented one caused a collapse of eastern markets and heavy industries and agriculture were restructured again. In 1993, Czechoslovakia was divided into Czechia and Slovakia (the latest period is generally termed “transformation”).

Table 1: Political entities of which Czechia has been a part

Period	Name	System
1918- 1938	Czechoslovak Republic: consisting of Bohemia, Moravia including parts of Silesia (collectively Czechia), Slovakia and Ruthenia	Republic, market economy
1939- 1945	Protectorate of Bohemia and Moravia (part of present Czechia), Slovak State	The Protectorate was occupied by Nazi-Germany. Slovakia independent.
1948- 1989	Czechoslovak Republic: consisting of Bohemia, Moravia including parts of Silesia (present-day Czechia) and Slovakia (in 1960 renamed to the Czechoslovak Socialist Republic)	Centrally planned economy; Comecon
1989- 1992	Czechoslovak Federal Republic / Czech and Slovak Federal Republic	Market economy
1992-	Czech Republic; Slovak Republic	Market economy; EU members since 2004

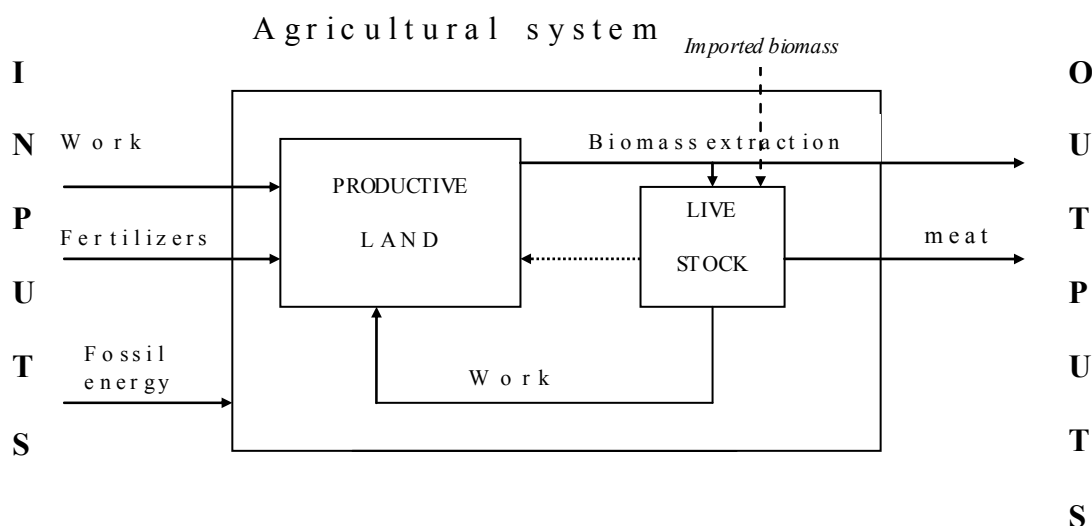
2. Materials and methods

This study empirically assesses the long-term changes in the social metabolism and land use of the Czech agriculture in the time period from 1920 to 2005. Based on available statistical data, we used the concept of social metabolism and its methodological framework of material

and energy flow accounting (MEFA; see e.g. Haberl, 2002) namely energy flow accounting (EFA) – because it allows us to quantify society-nature relations as well as to compare and analyze e.g. biomass flows and fossils fuels in a single unit of measurement (Joules). We compiled data on domestic extraction, live stock, agricultural workers, machinery, land use and consumption of energy in agriculture, and calculated aggregate MEFA indicators including domestic extraction (DE), and inputs of energy into the agricultural system (e.g. work of animals, humans and tractors). Material given in mass was converted into energy units applying the specific energy contents (gross calorific value) of each respective material (Haberl, 1995).

We slightly modified the original MEFA approach which concerns inputs as to the socio-economic system (i.e. harvest, mining, fossil fuel extraction,...) while outputs are outputs to nature (including outputs to the land, i.e. fertiliser, work (for details see Haberl, 2002). We consider the base to be the agricultural land and measured inputs in the form of energy, work and fertilizers on the one hand, and the output in the form of agricultural harvest on the other hand (see diagram 1). Outputs in the form of waste were not assessed in this study.

Diagram 1. The studied system. Agricultural system consists of productive land which is managed by inputs in the form of work and energy. Special sub-compartment is animal husbandry (livestock) which is linked to productive land.



Embodied energy of fertilizers.

Our calculation of the embodied energy of fertilizers used conversion factors from Pimentel et al. (1973).

Human labour

Our calculation of the human labour assumed an output per worker of 40 W at the beginning of the studied period, and 35-30 W in the later years, while working 3,000 hours per year in the 1920s – 1950s; 2,900 in the 1960s; and 2,500 in the 1970s - 2000s (compare also to Krausmann and Haberl, 2002).

Animal work

Our calculation of the animal work adopted the factors and assumptions from Krausmann and Haberl (2002). We assumed that 80% of all the oxen and 20% of the cows worked. Horses worked 600 hours per year and their output was 720 W; oxen and bulls worked 500 hours per year and their work output was 480 and 400 W respectively. Draught cows worked 300 hours per year at 200 W per cow (Krausmann, 2001 in Krausmann and Haberl, 2002, Krausmann, 2004).

Fossil energy input into the agricultural system

Our assessment of the fossil energy input into the agricultural system is based on several data sources plus our own calculations. For the years 1955 - 1969 the value has been estimated from data on energy capacity of machinery installed given by the Statistical Office in kW, multiplied by the assumed days in operation (50 days per year on average). Data for the years 1970-1981 were taken from a study published by the Federal Statistical Office; data for the year 1990, from a detailed inventory carried out by the Czech Statistical Office; for the years 1999-2004, from data published by the Czech Ministry of Agriculture; and for 2005 and 2006, by the Czech Statistical Office.

Work of tractors

The work of tractors was calculated from the average value of output per tractor given in statistical yearbooks and multiplied by the estimated hours in use per year (approx. 700 hours per year and tractor).

Table 2: Data sources

Period	Data	Sources
1920-1992	Land Use, Harvest, Live Stock, Agricultural workers	1920–1932: Statistická příručka republiky Československé I-IV (Státní úrad statistický v Praze (Editor), 1920–1932) 1932–1938: Statistická ročenka republiky Československé (Státní úrad statistický v Praze (Editor), 1934–1938) 1920–1983: Historická ročenka CSSR (Federalní statistický úrad (Editor), 1985) 1950–1990: Statistická ročenka Československé socialistické republiky (Federalní statistický úrad (Editor), 1958–1989) 1990–1992: Statistická ročenka České a Slovenské federativní republiky (Federalní statistický úrad (Editor), 1990–1992) 1961-1992: Data from Food and Agricultural Organization (FAO, 2004)
	Energy Consumption	1970-1981: Federalní statistický úrad (Editor) 1983. Vyvoj materialne technicke základny zemedelstvi a její zabezpečení v souvislosti s energetickou narocností tvorby zemedelske produkce.
1993-2005	Land Use, Harvest, Live Stock, Agricultural workers	1994–2002: Statistical Yearbooks of the Czech Republic 1994-2002: Statistical Yearbooks of the Czech Republic 1993-2002: Ministry of the Environment of the Czech Republic (Editor),
	Energy Consumption	1998 – 2005: Vyzkumny ustav zemedelske ekonomiky (Editor). Zprava o stavu zemedelstvi CR: zelena zprava.

Domestic extraction

Domestic extraction (DE) means the harvested biomass given in statistics in weight units (tonnes). Domestic Extraction (DE) of biomass refers to all biomass extracted within the territory of the considered system.

The data were mainly adapted from the Czech Statistical Office. Data from 1938 to 1945 were not available because of World War II, when Czechoslovakia did not exist. Table 2

presents an overview of all the sources that were used for the compilation of the time series data.

For items not covered in statistics, data estimation procedures were performed. The most important estimates concern grazed biomass and used crop residues throughout the entire time series. Used crop residues, i.e., straw and beet leaves, are estimated by applying species-specific harvest indices and recovery rates (Krausmann and Haberl, 2002). For the estimation of grazed biomass we used the calculation for Czechoslovakia (see Kuskova et al., 2008) and extrapolated it from grazing per LSU in Czechoslovakia (multiplied by LSU in Czechia). For Czechoslovakia we use a “grazing gap” approach (Krausmann et al., 2008), calculating the amount of grazed biomass by subtracting known amounts of feed supply from estimated feed demand (Kuskova et al., 2008).

The main methodological difficulties were establishing the system boundary. It was not possible to separate the inputs in form of energy into animal and plant production. Therefore the animal production was treated as part of agricultural system. Another difficulty stems from the fact Czech Republic was part of then existing Czechoslovak Republic and because of it the data on foreign trade for Czechia doesn't exist until 1994. Therefore the possibility of the analysis is restricted in sense to look at all inputs and outputs. However the missing information in form of data was obtained from secondary literature and will be discussed further.

3. Results

3.1. The production system; land use

Cereals have been the main crops in the Czech agricultural system; fodder crops have been the second most important. Some of the roots and tubers were also used as fodder (sugar beet leaves and, to some extent, potatoes). In comparison with other European countries, the Czechoslovak agriculture produced more potatoes and sugar beet per capita than most comparable countries; the amounts of cereals, meat and milk per capita have been average (Kubacak, 1995).

Figure 1 shows the development of the structure of agricultural land in per cent. The share of cereals remained stable over the time at around 40% of all the agricultural land, and the share of fodder crops grew from about 20% in the 1920s to about 30% in the 1980s; since then, it has been losing its importance with the falling numbers of livestock; today it is about

10% of the agricultural land. Areas for rape cultivation have been growing significantly (an increase of some 600% over the period studied). The decrease in the agricultural land as a whole, and mainly the diminishing area of arable land, are a very important trend. Only areas of permanent crops grew temporarily. Agricultural land decreased by 16% between 1920 and 2005, and arable land decreased by 20%. Agricultural land decreased both between the World Wars and during World War II, and particularly in the period of conversion from small-scale agricultural production to large-scale production mostly as a consequence of new capital construction.

The share of permanent grassland decreased until the 1980s and then increased by 20% from 1990 to 2005. In per capita values, the area of agricultural land decreased from 0.5 to 0.4 ha per capita. It can be assumed, however, that a significant amount of land recorded in the land use statistics as agricultural land (arable land or grassland) has actually been unused since 1989. The estimate of the amount of abandoned agricultural land in 2002 oscillates around 300,000 ha, of which about 100,000 is former arable land (Ministry of the Environment of the Czech Republic (Editor), 2003).

Fig. 1: Land use in Czechia (%). Source: own calculations; see text.

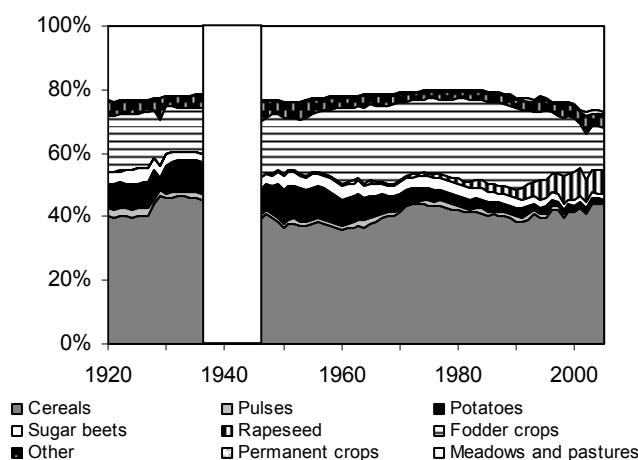
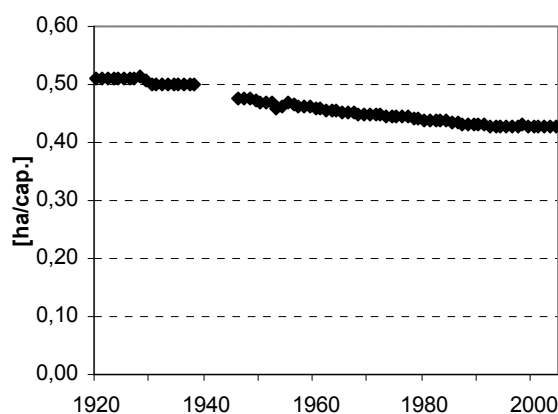
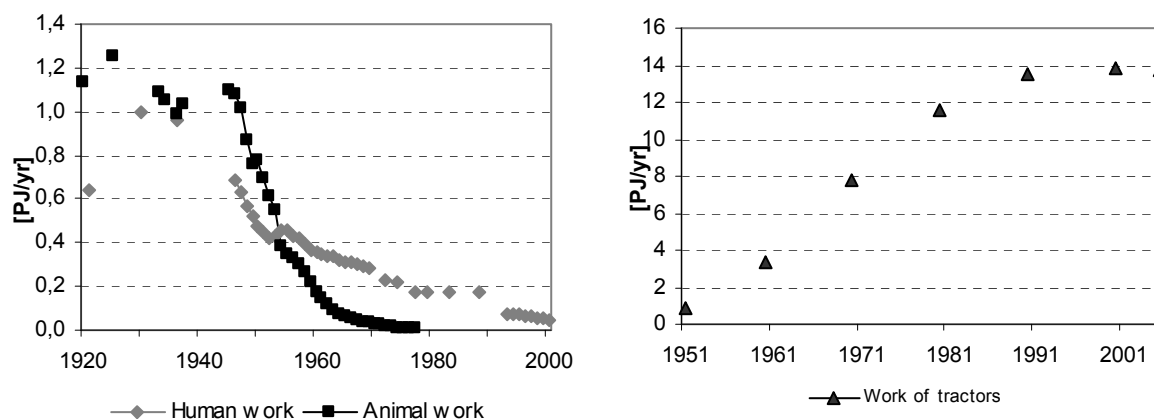


Fig 2: Agricultural land per capita (ha/cap.). Source: own calculations; see text.

3.2. Inputs into agricultural system

One of the main processes occurring during the studied time period was the replacement of animal and human work by work of machines. It started already before World War II, but at a very slow pace. The trend accelerated after the War, when the structure of the agriculture changed completely, and also with the overall modernization occurring throughout the developed world (see Figure 3). The work of tractors increased by the factor of 8 in only two decades after World War II; by the factor of 14 by the end of the studied period (the work of tractors increased from about 1 PJ in the 1950s to 14 PJ after 2000; see Figure 3b); the work of horses decreased from around 1 PJ in the 1930s practically to zero, and human work halved between the end of World War II and the Velvet Revolution in 1989 (from 0.6 PJ in the 1920s it grew to 0.9 PJ in the 1930s and then continually decreased to less than 0.05 PJ after the year 2000) (see Figure 3a).

Fig. 3: Inputs of work into the agricultural system [PJ]: (a) Human and animal work [PJ]; (b) Work of tractors [PJ]. Sources: own calculations; see text.



Growing mechanization allowed to migration of workers from agriculture to industry and the numbers of workers in the agriculture were continuously decreasing throughout the period approximately by 80% (At the last time period after the Velvet revolution the statistical values shows bigger decrease than in reality because of the restructuralization of agricultural sector. Before revolution statistics contain also so called “adjoint production”. So in the reality the decrease of agricultural workers was not so fast after 1989.)

The consumption of fossil fuels and other external energy uses (e.g., energy used to produce fertilizers etc.) grew with the increase in mechanization. The input of fossil fuels into the agriculture peaked in the 1980s with almost 60 PJ and was about 5-6 times higher than in the 1960s, when it amounted to some 10 PJ (see Figure 4a). The input of fossil fuel decreased rapidly after the Velvet Revolution with a restructuring of the agricultural production. After 2000, both the energy input indicators stabilized at the 1970s level: 20-30 PJ of fossil energy input. Chemization went hand in hand with mechanization. Figure 4a shows the embodied energy used to produce applied fertilizers, which grew from 10 PJ in the 1960s to over 40 PJ in the 1980s. It fell after 1989, and stabilized below 20 PJ around 2000. Inputs of both fossil fuels and embodied energy of fertilizers per unit of agricultural land reached their maximums around the year 1980 at 23 TJ/ha, while it was only 4.3 TJ/ha in 1960. Then they fell slightly to 17.3 TJ/ha in 1990, whereafter the decrease accelerated. The energy input per unit of agricultural land was around 12 TJ/ha in 2001, and 10 TJ/ha in 2005 (Figure 4b).

The chemization caused an unprecedented increase in the yields. Nevertheless, the 35 years of doubling yields (1955-1990) were accompanied by an increase in the application of artificial fertilizers by the factor of 13 (see Figure 5).

Fig. 4: Inputs of fossil energy into the agricultural system: (a) Inputs of fossil energy and energy input from fertilizers (embodied energy used for production of fertilizers) [PJ]; (b) Inputs of fossil energy and embodied energy of fertilizers per unit of agricultural land [TJ/ha]. Sources: own calculation; see text.

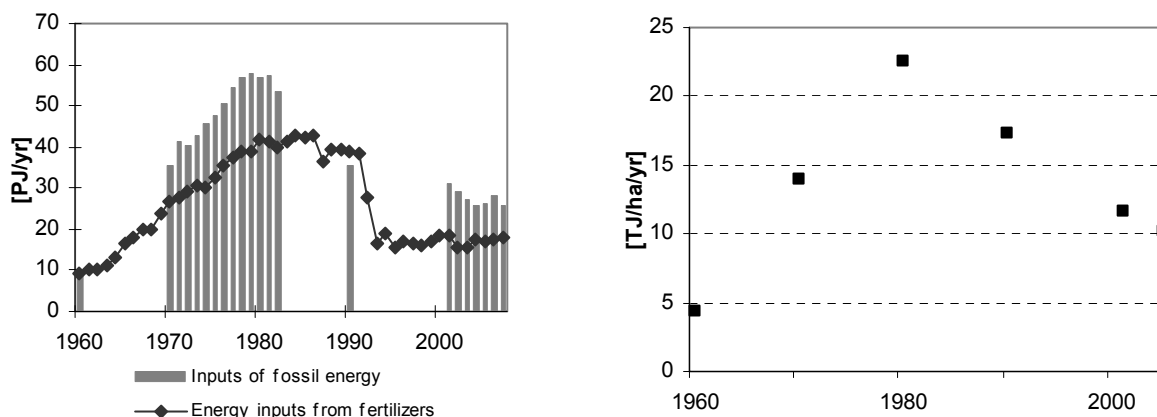
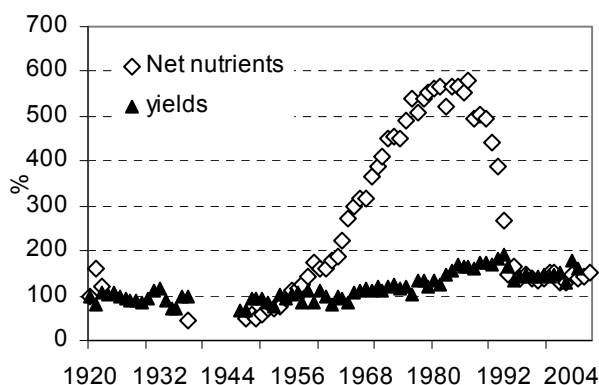


Fig. 5: Trend in fertilizers use and yields [%]. Sources: own calculations; see text.



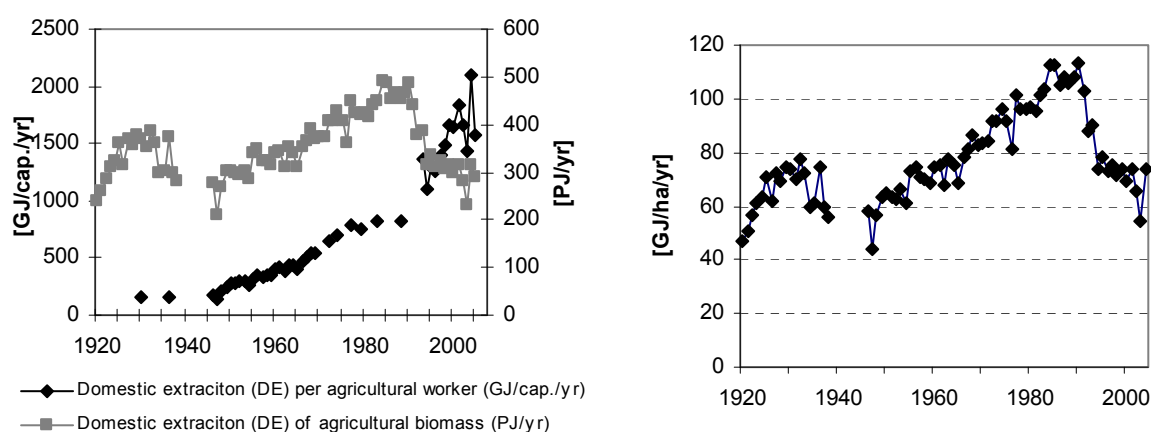
3.3. Agricultural production

The main indicators of agricultural production presented here are the domestic extraction (DE) of agricultural biomass (DE), and density of livestock.

DE of agricultural biomass grew from around 240 PJ (around 50 GJ/ha) in the 1920s to almost 400 PJ (80 GJ/ha) in the 1930s, when it reached its maximum around the year 1932; then until World War II it oscillated approximately around 300 and 350 PJ (60-75 GJ/ha). After the War, the DE began to grow again. The DE reached its pre-war volumes only in the 1960s. Then it grew in the 1980s to reach its maximum in 1990 (490 PJ; 114 GJ/ha). After

1990, it started to decline to less than 300 PJ in 2000 (80 GJ/ha) and then it fluctuated around 300 PJ (60 GJ/ha) (Figure 6). While the DE in absolute values and the DE per unit of agricultural land reached its pre-war volumes only in the 1960s, the DE per agricultural worker continued to grow as a result of modernization and growing inputs of fossil fuels into the agricultural system. The labour productivity and DE of agricultural biomass per worker increased by the factor of 9 over the observed period, from around 160 GJ/worker to almost 2,000 GJ/worker after the year 2000 (see Figure 6).

Fig.6: (a) Domestic extraction (DE) of agricultural biomass [PJ] and domestic extraction (DE) of agricultural biomass per agricultural worker [GJ/cap.]. Sources: own calculations; see text; (b) Domestic extraction (DE) of agricultural biomass per unit of agricultural land [TJ/ha]. Sources: own calculations; see text.



3.4. Livestock

The concentration of agricultural production enabled more effective animal production. As a result of the population's growing welfare, the animal production also grew throughout the studied period, peaking in the 1980s as well. Figure 7 shows the development of animal husbandry, or more precisely, the livestock units per area of agricultural land. While the numbers of cattle were more or less stable (around 3 million heads, increasing only slightly in the 1970s and 1980s to around 5 million heads, and decreasing after 1989 back to about 3 million heads), its concentration grew with decreasing agricultural land (mainly meadows and pastures decreased until the 1980s). Hence the cattle density grew from 60 to 65 LSU/km² and then slightly to 78 LSU/km² in the 1980s. Rapid growth started in the 1980s, when the density of cattle reached its maximum in 1990 at 82 LSU/km². After the Velvet Revolution, the cattle density fell to 33 LSU/km² in 2005 due to the agricultural restructuring.

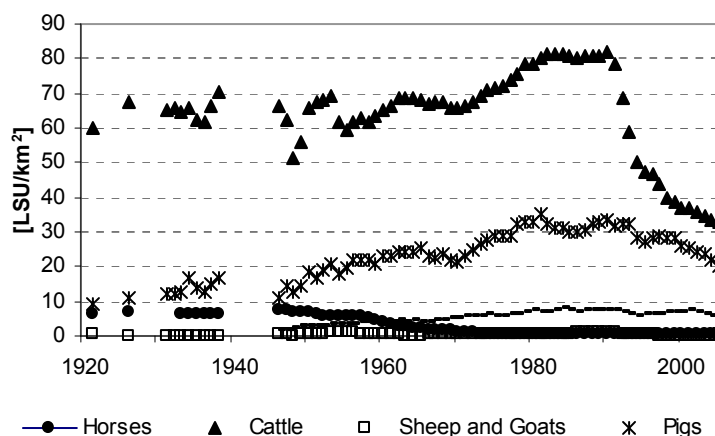
The stock of pigs grew from around 10 LSU/km² in the 1920s to over 30 LSU/km² in the 1980s, then fell to about 20 LSU/km² after the year 2000. Other animals ranged between 0.1 and 8 LSU/km².

The livestock volumes were higher than the agricultural system could support within the country's boundary during the communist period. The demand for fodder led to high imports of agricultural biomass, above all cereals.

The Czech agriculture imported cereals throughout the studied period but the level of imports peaked from the 1950s to the 1970s, when they reached around 40 PJ. This amounted to around 10% of all the domestic extraction of agricultural biomass in the same period.

Fig 7: Livestock in Czechia in livestock units (LSU) per km² of agricultural land.

Sources: own calculations; see text.



4. Discussion – socio-ecological processes in the Czech agriculture

The eighty-year period studied in this paper was a period of numerous political breaks and changing political regimes, which also influenced the agricultural system; this has projected in its energy profile and had heavy impact on the environment during the communist period. The Czech agricultural production was highly intensified already before World War II. This is evident from the increasing areas of root crops and feed grains, which in Bohemia, for example, had amounted to only 8% in 1848, rose to 29.9% by 1875 and to 37.2% in 1937 (Bartos, 1987). The most noticeable change in the intensity of cultivation is seen in the decrease of fallow fields from 21.6% to 4.8% in 1875, while by 1937 fallow fields had disappeared entirely. Yields per hectare more than trebled in the period 1800-1937 (Bartos,

1987). Similarly as in other countries, decreasing agricultural land is a trend occurring throughout studied period. Agricultural land decreased by 16% between 1920 and 2005 and arable land decreased by 20%. The main reason was newly built-up land, mining, transfer to other categories of agricultural as well as non-agricultural land.

Though the agricultural land reduction in the period 1948–1990 was substantial, the complex system of state subsidies and also the Agricultural Land Protection Act (1976) temporarily slowed the process (Bicik, 2001). Especially less fertile regions enjoyed a high level of subsidies, which helped many agricultural cooperatives of different forms and state companies survive economically. But agricultural land changes have been even faster under the market economy conditions after 1989 (see e.g. Bicik et al., 2007).

During the big changes, the agriculture lost huge numbers of workers. Many of them went into industry and this trend could be seen throughout the postwar period. This decrease in labour was offset by mechanization.

Together with East Germany, the Czech agriculture was on the top of the socialist countries in terms of its mechanization. Higher fertilizer use occurred only in East Germany. But both were lower than in Western Europe (Haufler, 1984).

In spite of the massive industrialization and rising efficiency, Czechia was never self-sufficient in food production (if we consider also animal production which were dependent on feed imports). These processes never balanced the growing consumption and the influence of decreasing agricultural land.

In 1936, the share of food importation to Czechoslovakia was only 7% of the population's total calorific consumption. The satisfaction of the nutritional needs was only about 85% between the Wars. After World War II, domestic food production covered 91% of the needs in 1948 and 72.7% in 1962. Higher percentage was reached later in 1966 (82.6%) and in 1967 (86.5%) (Houska, 1971). At the beginning of the 1980s, the food consumption from domestic production was over 85% (about 95% for animal products) (Haufler, 1984). Czechia covered its population's protein needs with pork, which is highly demanding in terms of inputs of grain for fodder. Concentration and intensification of animal production occurred mainly after the 1960s. Because of the prevalent consumption of pork over beef, grazing was of a relatively little importance in the Czech agriculture (pigs were fed mainly by cereals). More important were fodder crops cultivated on the arable land and hay from the meadows and cereals for fodder (Haufler, 1984). The share of the land devoted to fodder production grew in its importance until the 1980s and then with the decreasing numbers of livestock after the Velvet Revolution, the grasslands began to be unused although their share grew further. The ratio of arable land and grassland reached its maximum in the 1980s at around 4%. It was 3.25% in 1920 and 2.76% in 2005 (see Table 3).

Table 3: Changes in the Czech agricultural system between 1920 and 2005: development in the numbers of agricultural workers, arable/grassland ratio, arable land per inhabitant, number of horses, tractors, application of fertilizers, harvest of cereals, fodder crops, numbers of cattle and pigs. Sources: Czech Statistical Office.

	Agri- cultural workers ¹²	Arable/ grassland	Arable/ inhabitant	Horses	Tractors	Fertilizers	Cereals	Fodder crops	Cattle	Pigs
	(1,000)		(ha/person)	(1,000)	(1,000)	(1,000 tonnes)	(1,000 tonnes)	(1,000 tonnes)	(1,000)	(1,000)
1920	1,474	3.25	0.38	386	-	-	2,259	2,723	3,043	1,563
1925	-	3.27	0.37	456	-	-	3,667	3,384	3,451	1,831
1930	972	3.57	0.36	402	3	-	4,265	3,000	3,266	2,066
1935	-	3.61	0.35	402	-	-	3,807	2,575	3,105	2,310
1945	1,588	3.50	0.37	449	-	101	-	2,795	3,025	1,724
1950	1,093	3.16	0.38	400	18	115	3,185	2,339	3,077	2,911
1955	1,066	3.25	0.36	333	24	228	3,360	4,346	2,783	3,033
1960	848	3.39	0.35	236	53	322	3,778	3,926	2,987	3,499
1965	755	3.56	0.35	115	88	551	3,442	5,049	3,065	3,859
1970	688	3.60	0.34	75	99	782	4,710	5,955	2,940	3,169
1975	609	3.72	0.33	35	103	985	5,934	6,314	3,188	4,307
1980	556	3.90	0.32	25	101	1,128	6,972	7,060	3,429	4,797
1985	546	4.02	0.32	27	100	1,110	7,884	8,488	3,503	4,299
1990	551	3.93	0.32	27	102	888	8,947	7,444	3,506	4,790
1995	257	3.44	0.30	18	90	279	6,602	5,346	2,030	3,867
2000	181	3.18	0.29	24	95	301	6,454	4,060	1,574	3,688
2005	184	2.76	0.26	21	87	287	7,660	3,047	1,397	2,877

Note: - no available data.

This made the Czech agriculture dependent on imports of cereals and lowered the energy efficiency of the entire agricultural system. Moreover, the population's cereal consumption has been above the European average (Houska, 1971).

Czechoslovakia imported more than 2 million tonnes of cereals per year from the Soviet Union for a long time. But the Soviet Union itself had problems fulfilling the contracted imports (Kubacak, 1995). According to calculations by Houska (1971), the coverage of this deficit from domestic production would have required about 12 thousand ha of additional agricultural land (Houska, 1971).

The postwar period of development in the Czech agriculture can be divided into several periods (see also Kubacak, 1995).

¹² At the last time period after the Velvet revolution the statistical values shows bigger decrease than in reality because of the restructuring of agricultural sector. Before revolution statistics contain also so called "adjoint production". So in the reality the decrease of agricultural workers was not so fast after 1989.

4.1. 1920–1938: capitalist agriculture

In spite of the implications of World War I, which ended in 1918, the trend of intensification that had started already in the 19th century continued in this period. Growing mechanization, chemization and application of scientific knowledge were the main driving forces in this period.

The economic crisis of the 1930s was preceded by the agrarian crisis at the end of the 1920s. The fall in prices of agricultural products caused increasing agricultural production (Kubacak, 1995).

This was part of the technological and scientific revolution, especially of its second phase (1900–1945), and created the preconditions for the additional increases in fertility and economic value of land and, consequently, also of the intensification and specialisation in agricultural production (Bicik et al., 2001).

In terms of the structure of agricultural system, small-sized farms under 20 ha prevailed (64%), and farms larger than 50 ha constituted only 1% but operated on one fifth of the agricultural land (Sirucek, 2007). Considerable changes in land holding occurred in this period on the basis of the Land Reform. The land of the gentry and large estate owners, i.e., all arable land exceeding holdings of 150 ha and other land over and above 250 ha, was confiscated. Under this reformation process, arable land increased by 4.1% in the period 1921-1929 (Bicik, et al., 2001).

4.2. 1949–1960: destruction of the old relations: collectivization

Profound changes in Czechia's physical economy only occurred after World War II. Industrialization and boosting industrial and agricultural production were among the key priorities of the communist administration. Czechia became tightly integrated into the system of spatial division of labour among the members of the Council for Mutual Economic Assistance (Comecon; see Bideleux and Jeffries, 2007; Kuskova et al., 2008).

These changes occurred during a historically short period – not only with regard to the introduction of new production methods, but primarily with regard to the introduction of new organization of production relations. The socialization of agriculture and rural life was completed within a very few years. This transformation of the Czechoslovak villages into cooperative-based farming communities cannot be compared with any similar schemes in the world (Bartos, 1987). This period was characterized by state intervention into agriculture and radical change of production and its relations. On the one hand, the state helped by providing finance and materialization for agricultural mass production, and on the other hand,

it produced huge material and human victims (see e.g. Jech, 2008). One of the tools for collectivization was mechanization subsidized by the state.

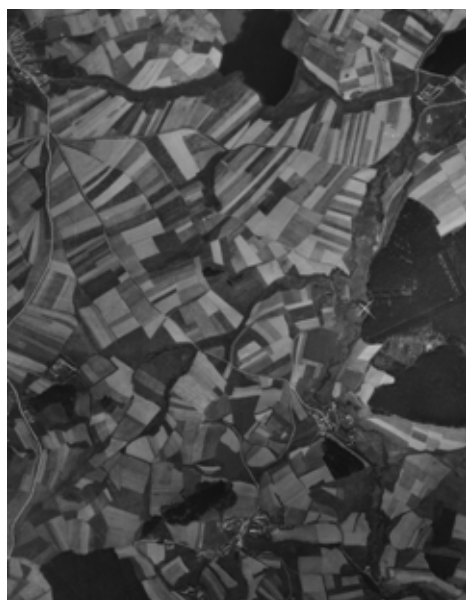
The structure of the Czech agriculture was changed dramatically over a single decade of the nationalisation. Instead of hundreds of thousands of small-sized farms, a total of less than 10,000 cooperatives on an average size of 420 ha of agricultural land, and approximately 150 state farms on an average size of 7,000 ha of agricultural land were created.

With few exceptions, private husbandry disappeared and private farmers were disadvantaged and administratively persecuted by the state and the communist party structures (Kubacak, 1995).

There were three types of ownership of agricultural land: state ownership, cooperative, and private ownership, which was formally kept but in reality more and more restricted to the profit of cooperative ownership (Kubacak, 1995).

The drastic and fast changes had huge impacts on the environment. An overall destruction of the natural and semi-natural linear elements in the agricultural landscape, drainage of wet plots, and a general landscape simplification occurred. The growing average plot size led to soil erosion and decreasing biological diversity. The average size of a field in Czechoslovakia was 0.25 ha in 1950 and 34 ha in 1980 (Lipsky, 1994) (see also Image 1).

Image 1: Changing landscape structure. Before collectivization (a) and after (b). Sedlcansko Region, Czech Republic. Source: Stych et al. 2005.



4.5. 1960–1975: building socialism

The transformation of the agricultural system was followed by a deepening and further widespread of the socialist modes of production. The main objective was to accelerate the growth in agricultural production and to reach self-sufficiency through the provision of material and technical equipment. Agriculture had to be able to provide enough food for the population and materials for industry. The merging of cooperatives and their production specialization started hand in hand with this objective.

In addition to all the measures taken by the Czechoslovak state in order to increase the agricultural productivity, the Czech agriculture was also influenced by the position of Czechoslovakia in the COMECON. The main task of Czechoslovakia was to quickly develop its machinery and heavy industry to be able to contribute to the industrialization of other COMECON countries. This was happening at the expense of the agriculture. One of the results was the acceleration in the decreasing the numbers of agricultural workers. The high preference of industry also deepened the intense decrease in agricultural land in this period. It led also to a high dependency on the Soviet Union in the case of imports of cereals and other agricultural products (Kubacak, 1995).

Moreover, animal husbandry (mainly production of pork, which is part of the national diet) gained a high importance within the agricultural production. Animal husbandry showed a long lag behind the population's needs, but no change occurred until the turn of the 1960s. Meat consumption grew with the development of intensive animal husbandry, which was „record-breaking“ – e.g., 86.6 kg per capita in 1982 (Haufler, 1984: 314).

4.6. 1975–1989: the final stage of the socialist agriculture

In this period, the Czech agriculture had already passed through a relatively long time of socialist centrally planned mode of production, and we can say that it had reached its limits. Similarly to other socioeconomic indicators (see Kuskova et al., 2008), most of the agricultural indexes also reached their maximums in the mid 1980s. The Czech agricultural system entered this period already highly intensified but with all manner of positive and negative effects. The main factors were the concentration of the agricultural production and its specialization. Between 1975 and 1980, Czechoslovakia was one of the biggest producers of rye, potatoes, hops, barley, and sugar beet in the world in absolute terms (Haufler, 1984: 269).

4.7. 1989–2004: transformation

The Velvet Revolution in 1989 brought about a new political regime and with it, new economic conditions, mainly a slump in the subsidies, which was accompanied by a slump in the agricultural production. Subsidies geared towards increased agricultural production have been cut and, on the contrary, money is now spent on promoting non-production functions of farms (aforestation, conversion of arable land to grassland, etc.) (Bicik, 2007).

The land confiscated from private farmers after 1948 has been the subject of restitution. Much of the agricultural land has been returned to its original owners. The cooperatives were transformed on the basis of land ownership into two types: (a) 'transformed' co-operatives, where the legal rights of landowners are respected; and (b) agricultural stock companies or limited liability companies. Only a few farmers have reverted to individual private farming due to the small sizes of the farms they had owned before 1948 (Bicik et al., 2001) (Table 4 shows the basic characteristics of Czech farms in 2005 shows).

The major driving forces behind the agricultural changes have been economic after 1989. The share of arable land has continued to decrease; on the other hand, the forest area has been increasing. Of prime importance, however, is the rapid increase in permanent grassland (by 13.8%, i.e. by 115,000 ha, between 1990 and 1999; see Image 2) (Bicik et al., 2001). For the arable land/grassland ratio, see Table 3.. There are estimates that agricultural land may have been reduced by up to 20–30 % compared to the acreage in 1990 (Bicik, 2007).

The Czech agriculture, now open to competition from EU states and North America, has been leading to a more intensive use of fertile land. Less fertile soils are gradually being converted back into permanent grassland or forests. Similar processes have also occurred in Austria (see Krausmann, 1999, quoted in Bicik et al., 2001) and farmers now must respond to national and international market conditions in the EU.

Image 2: Permanent Grassland Index of change, 1990-2000 (1990 = 100 %). Source: The database of long-term land use changes in Czechia. http://lucc.ic.cz/lucc_data/

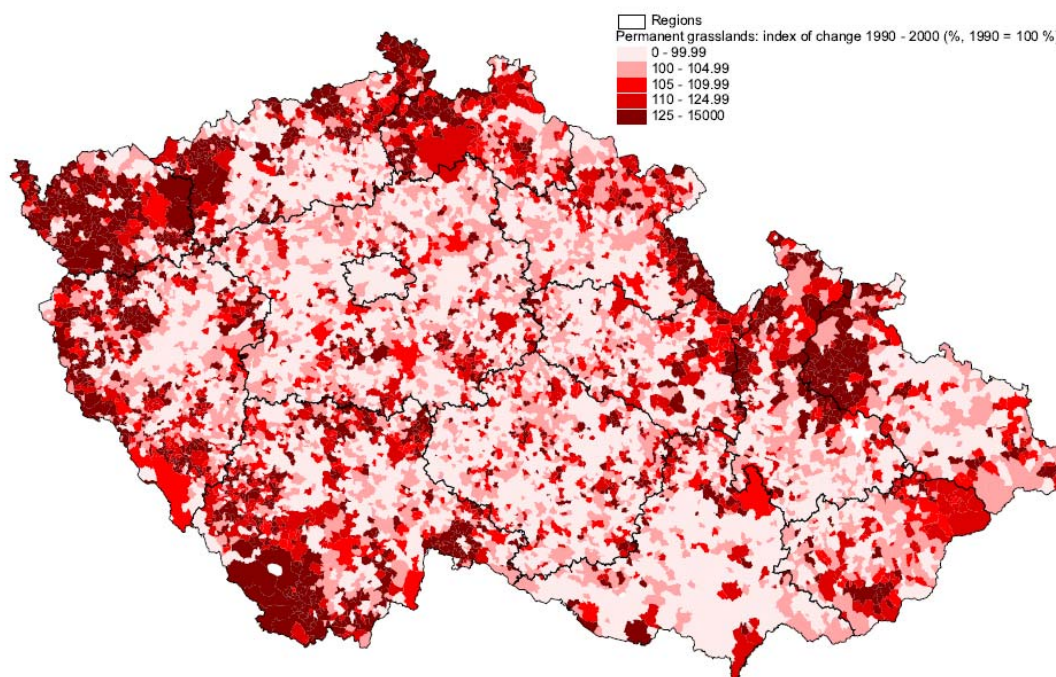


Table 4: Basic characteristics of Czech farms (2005):

	Private (family) farms	Limited liability companies	Joint-stock companies	Cooperatives	Total
Share of agricultural land (%)	26.4	22.3	22.7	22.4	95.8
Average area of agricultural land (ha)	32.7	561.1	1,518.1	1,476.2	80
Share of own agricultural land (%)	26.5	1.5	0.7	0.6	8.1

Source: Czech Statistical Office

5. Summary and conclusions

The social metabolism concept enables us to better understand the current state of the agriculture and its role in the environmental and sustainability implications. Speaking in the sociometabolic language, the Czech agriculture has undergone the final stage of the transition from an agricultural system dependent mainly on solar energy and human and animal labour with closed nutrient cycles - a controlled solar energy system (see e.g. Siefertle, 2001) - to a so-called "area independent" industrialized agricultural driven by fossil energy. This new form of agricultural mode of production could be characterized by open energy and nutrient cycles with a high input of fossil-fuelled mechanization, artificial fertilizers and concentration of production influenced by modern knowledge.

A huge increase in new knowledge and improvements have occurred since the last quarter of the 19th century and brought about fast modernization. The capitalist mode of production has spread into all sectors of agriculture. Production and capital have concentrated and new monopolies have occurred. Industry has assumed more importance since the 20th century and the economic importance of agriculture has decreased. The Czech lands have been losing their agrarian nature and changed from agro-industrial to industrial similarly to other economically more developed countries of Europe (Kubacak, 1995). From the biophysical point of view, the Czech agriculture has undergone similar changes to other developed agricultural systems. Nevertheless, the changes have been sharper and mostly extremely destructive. The collectivization after World War II has had no parallel in the world and has left behind profound negative effects on the Czech agriculture until the present. Although the Czech agriculture was not destroyed as much as in neighbouring countries after the War, the agricultural system recovered from the negative impact of the War and collectivization and reached its pre-war volumes of production only in the 1960s. The period between the 1970s and the 1980s was the most intensive in its history, but the gains were outweighed by the negative environmental effects. Pollution from the high use of fertilizers, and erosion caused by the plot amalgamation were serious impacts of the massive industrialization of Czech agriculture at all costs. The collapse of the COMECON in 1989 put the Czech agriculture in a difficult position as well. Not only the lack of subsidies but the very fast transformation to new ways of ownership and production and competition on open markets put Czech agriculture to the position with low ability to compete with imported agricultural products from other countries.

It is characterized by the permanent tendency to export products with a lower value added and to import products with a higher value added. This reality has the negative impact on the trade balance (Doucha, 2004).

In spite of the growing productivity, mechanization etc., and the growing domestic extraction of agricultural biomass throughout most of the studied period, the Czech agriculture was never self-sufficient because of high volumes of livestock. It was the main objective of the communist government already in the years after World War II. Today, the agricultural system is experiencing an ongoing transformation and there is no objective to provide the population with a prevalent proportion of food: high quantities of food are imported. The Czech agricultural system is now in a difficult position as it has faced new economic conditions such as global markets since joining the EU. The open markets lead to the importation of cheaper agricultural products into the Czech Republic, which has negative effects on the Czech agriculture and may have negative impacts into distant future.

Compared with the situation in the developed countries (with exceptions like the market of agricultural machinery), Czech agrarian market is not developed in the whole chain (inputs – primary agricultural production – processors – sale) (Doucha, 2004).

Agricultural land is also often built up at present. Very often its role is rather that of landscape formation than food provision. The changing role of the Czech agriculture has also led to a very negative unsustainable trend of building of new factories on “greenfields”; moreover, on the highest quality soils. The trend of importing agricultural products from abroad and devoting agricultural land to other purposes such as building, etc., is not sustainable in the long term.

Acknowledgements

This study was supported by the research programme “Geographical Systems and Risk Processes in the Context of Global Changes and European Integration” (MSM0021620831). The author is grateful to Fridolin Krausmann, Simone Gingrich, and Jan Kabrda.

6. References

- Ayres, R.U., Simonis, U.E. 1994. *Industrial Metabolism: Restructuring for Sustainable Development*. United Nations University Press, Tokyo, 376 pp.
- Bartos, M. 1987. Influence of large scale farming methods on soil exploitation in Czechoslovakia. In: Wolman, M.G., Fournier, F.G.A. (Eds.), *Land Transformation in Agriculture*. JohnWiley & Sons, Chichester, pp. 319–357.
- Bicik, I., Jelecek, L., Stepanek, V. 2001. Land-use changes and their social driving-forces in Czechia in the 19th and 20th centuries. *Land Use Policy* 18(1), 65-75.

- Bicik, I., Chromy, P., Jancak, V., Jelecek, L., Kupkova, L., Stepanek, V., Winklerova, J. 2007. Land use/land cover changes in Czechia over the past 150 years — an overview. In: Anonymus (Eds.), *Land Use/Cover Change. In: Selected Regions in the World*, IGU SG LUCC and Institute of Geography, Hokkaido Univ. of Education, Asahikawa, pp. 29–39.
- Bicik, I., Jancak, V. 2005. Transformation processes in Czech Agriculture after 1990. Charles University in Prague, Faculty of Sciences, Department of Social Geography and Regional Development, Prague, 104 pp.
- Bideleux, R., Jeffries, I., 2007. *A History of Eastern Europe. Crisis and Change*. Routledge, Abingdon.
- Cusso, X., Garrabou, R., Tello, E., 2006. Social metabolism in an agrarian region of Catalonia (Spain) in 1860 to 1870: flows, energy balance and land use. *Ecological Economics* 58, 49–65.
- Doucha, T. 2004. Czech agriculture and the EU accession – a need for a new strategy. *Agricultural Economics* 50(3), 94-99.
- Erb, K.-H., Gaube, V., Krausmann, F., Plutzer, C., Bondeau, A., Haberl, H., 2007. A comprehensive global 5min resolution land-use dataset for the year 2000 consistent with national census data. *Journal of Land Use Science* 2 (3).
- Haberl, H., 2001. The energetic metabolism of societies, part I: accounting concepts. *Journal of Industrial Ecology* 5, 11–33.
- Federalni statisticky urad (Ed.), 1985. *Historicka rocenka CSSR*. SNTL - Nakladatelstvi technicke literatury, Praha.
- Federalni statisticky urad (Ed.), 1990–1992. *Statisticka rocenka Ceske a Slovenske federativni republiky*. SNTL — Nakladatelstvi technicke literatury, Praha.
- Federalni statisticky urad (Ed.) 1983. *Vyvoj materialne technicke zakladny zemedelstvi a její zabezpeceni v souvislosti s energetickou narocnosti tvorby zemedelske produkce*. (Zpravy a rozbor 1983 ; c. 28. Rada - Zem). Praha, . 26 p.
- Feranec, J., Suri, M., Ot'ahel', J., Cebecauer, T., Kolar, J., Soukup, T., Zdenkova, D., Waszmuth, J., Vajdea, V., Vijdea, A. M., Nitica, C., 2000. Inventory of major landscape changes in the Czech Republic, Hungary, Romania and Slovak Republic 1970s – 1990s. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 2(2), 129–139.
- Fischer-Kowalski, M. and Haberl, H., 2007. *Socioecological transitions and global change: Trajectories of Social Metabolism and Land Use*. Cheltenham, UK, Northampton, USA, Edward Elgar.
- Haberl, H., 1995. *Menschliche Eingriffe in den natürlichen Energiefluß von Ökosystemen: Socio-ökonomische Aneignung von Nettoprimärproduktion in den Bezirken Österreichs*. Social Ecology Working Paper 43. Iff, Social Ecology, Vienna.

- Haberl, H., 2001. The energetic metabolism of societies, part I: accounting concepts. *Journal of Industrial Ecology* 5, 11–33.
- Haberl, H., 2002. Economy-wide energy flow accounting. In: Schandl, H., Grünbühel, C.M., Haberl, H., Weisz, H. (Eds.), *Handbook of Physical Accounting. Measuring Bio-Physical Dimensions of Socio-Economic Activities*. MFA—EFA—HANPP. Federal Ministry of Agriculture and Forestry, Environment and Water Management, Vienna.
- Haberl, H. et al. 2006. From LTER to LTSER: Conceptualizing the Socioeconomic Dimension of Long-term Socioecological Research. *Ecology and Society*. Vol. 11(2):13 [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss2/art13/>
- Häufler, V., 1984. *Ekonomická geografie Československa*. (The Economic Geography of Czechoslovakia). Praha, Academia, 640 pp.
- Jech, K. 2008. *Kolektivizace a vyhanení sedlaku z pudy*. Praha: Vysehrad. 331 pp.
- Jelecek, L., 1984. Main historical changes in spatial organisation of agriculture in Bohemia in the 2nd half of the 19th century. *Historical Geography* 23, pp. 171-218.
- Jelecek, L. 1995. Changes in production and techniques in the agriculture of Bohemia 1870–1945. In: M.A. Havinden & E.J.T. Collins (eds.), *Agriculture in the industrial state*. University of Reading, Rural History Centre, Reading, pp. 126–145.
- Krausmann, F. 2004. Milk, Manure and Muscular Power. *Livestock and the Transformation of Preindustrial Agriculture in Central Europe*. *Human Ecology*, 32 (6), 735-772.
- Krausmann, F. and Haberl, H., 2002. The process of industrialization from the perspective of energetic metabolism. *Socioeconomic energy flows in Austria 1830-1995*. *Ecological Economics* 41(2), 177-201.
- Krausmann, F., Erb, K.-H., Gingrich, S., Lauk, C., Haberl, H., 2008. Global patterns of socioeconomic biomass flows in the year 2000: a comprehensive assessment of supply, consumption and constraints. *Ecological Economics* 65, 471–487.
- Kubes, J. 1994. Bohemian agricultural landscape and villages, 1950 and 1990: land use, land cover and other characteristics. *Ekologia (Bratislava)*, 13 (2), 187-198.
- Kuskova, P. 2009. The long term industrial transformation study for the territory of Czechoslovakia. In: Malhotra. G.(Eds.), 2009. *Environmental Growth. A Global Perspective*. Macmillan Publishers India Ltd., New Delhi. 202-215.
- Kuskova, P. 2008. Social metabolism within the Czechoslovak territory from a historical perspective – energy flow analysis. In: Szabo, P. and Hedl, R. (Eds.), 2008. *Human Nature: Studies in Historical Ecology and Environmental History*. Institute of Botany of the ASCR, Brno, 74-85.
- Kuskova, P., Gingrich, S., and Krausmann, F.(2008): Long term changes in social metabolism and land use in Czechoslovakia, 1830–2000: An energy transition under

changing political regimes. *Ecological Economics*, Volume 68, Issues 1-2, 1 December 2008, Pages 394-407

Lustigova, L., Kuskova, P., 2006. Ecological footprint in organic farming system. *Agricultural Economics* 52(11), 35–41.

Pimentel et al. 1973. Food Production and the Energy Crisis. *Science* 2(182) no. 4111, 443 – 449.

Redman, C. L., J. M. Grove, and L. H. Kuby.(2004): Integrating social science into the long-term ecological research (LTER) network: social dimensions of ecological change and ecological dimensions of social change. *Ecosystems* 7: pp.161-171.

Sandgruber, R., 1978. *Österreichische Agrarstatistik 1750–1918*. Verlag für Geschichte und Politik, Wien. Siefert, R. P., *The Subterranean Forest. Energy Systems and the Industrial Revolution* (Cambridge: The White Horse Press, 2001), 230 pp.

Sirucek, P., 2007. *Hospodarske dejiny a economicke teorie: vyvoj, soucasnost, vyhledy*. Melandrium, Slany.

Statni urad statisticky v Praze (Editor), 1920–1932. *Statisticka prirucka republiky Ceskoslovenske I–IV*. Praha.

Statni urad statisticky v Praze (Editor), 1934–1938. *Statisticka rocenka republiky Ceskoslovenske*. Praha.

Stych, Premysl , et al. 2005. Historical Changes in Czech Landscape in 1845-2000 and Their Natural and Social Driving Forces Studied at Different Spatial Level. In: Milanova, E., Himiyama, Y., Bicik, I., 2005. *Understanding Land-use and Land Cover Changes in Global and Regional Context*. Science Publisher, Plymouth, 107-134 pp.

Vyzkumny ustav zemedelske ekonomiky (Ed.). 1998-2005. *Zprava o stavu zemedelstvi CR: Zelena zprava*. Report on the state of the Czech Agriculture: The Green Report. Czech Ministry of Agriculture). Ministerstvo zemedelstvi, Prague.

VII) GINGRICH, S., KUŠKOVÁ, P., STEINBERGER, J. K. (2010): Long-term changes in CO₂ - emissions in Austria and Czechoslovakia - identifying the drivers of environmental pressures. Energy Policy, v tisku.



Contents lists available at ScienceDirect

Energy Policy

journal homepage: www.elsevier.com/locate/enpol

Long-term changes in CO₂ emissions in Austria and Czechoslovakia—Identifying the drivers of environmental pressures

Simone Gingrich^{a,*}, Petra Kušková^b, Julia K. Steinberger^a

^a Institute of Social Ecology, Faculty for Interdisciplinary Studies Vienna, University of Klagenfurt, Schottenfeldgasse 29/5, 1070 Wien, Austria

^b Department of Social Geography and Regional Development, Charles University in Prague, Czech Republic

ARTICLE INFO

Article history:

Received 8 March 2010

Accepted 5 October 2010

Keywords:

Carbon dioxide emissions

Decomposition analysis

Energy transition

ABSTRACT

This study presents fossil-fuel related CO₂ emissions in Austria and Czechoslovakia (current Czech Republic and Slovakia) for 1830–2000. The drivers of CO₂ emissions are discussed by investigating the variables of the standard Kaya identity for 1920–2000 and conducting a comparative Index Decomposition Analysis. Proxy data on industrial production and household consumption are analysed to understand the role of the economic structure. CO₂ emissions increased in both countries in the long run. Czechoslovakia was a stronger emitter of CO₂ throughout the time period, but per-capita emissions significantly differed only after World War I, when Czechoslovakia and Austria became independent. The difference in CO₂ emissions increased until the mid-1980s (the period of communism in Czechoslovakia), explained by the energy intensity and the composition effects, and higher industrial production in Czechoslovakia. Counterbalancing factors were the income effect and household consumption. After the Velvet revolution in 1990, Czechoslovak CO₂ emissions decreased, and the energy composition effect (and industrial production) lost importance. Despite their different political and economic development, Austria and Czechoslovakia reached similar levels of per-capita CO₂ emissions in the late 20th century. Neither Austrian “eco-efficiency” nor Czechoslovak restructuring have been effective in reducing CO₂ emissions to a sustainable level.

© 2010 Elsevier Ltd. All rights reserved.

1. Introduction

Global climate change is one of the most severe global environmental consequences of industrialization. Since about 1750, when the use of fossil fuels took off with the onset of industrialisation in the United Kingdom, the atmospheric CO₂ concentration has risen from its long-term average of around 280 ppm to 379 ppm in the year 2005 (IPCC, 2007). This increase is the largest contributor to global climate change. Most of the atmospheric CO₂ increase (75%) can be attributed to the burning of fossil fuels and cement production, while the remainder is caused by land use change (IPCC, 2007).

In recent years, CO₂ emissions have increased at an even faster pace than expected in scenarios of the intergovernmental panel on climate change (IPCC) due to strong economic growth, an increase of carbon intensity (i.e. the amount of carbon emitted per unit of economic output) and increased population growth (Canadell et al., 2007; Raupach et al., 2007). Different nations and regions have contributed to global CO₂ emissions in very different ways. Raupach et al. (2007) assessed that the US, Europe and Japan

account for more than 60% of all CO₂ emissions that have accumulated in the atmosphere between 1751 and 2004.

In order to develop effective policy measures to combat climate change, an understanding of the underlying causes of CO₂ emissions is indispensable. Previous comparative studies have shown that the drivers for CO₂ emissions in the late 20th century differ substantially in different countries (Ang and Zhang, 1999; Sun and Malaska, 1998; Luukkanen and Kaivo-oja, 2002; Ebohon and Ikeme, 2006; Ang and Liu, 2006). One conclusion of these studies is that the level of economic development has a great impact not only on the amount of CO₂ emissions, but also on the drivers behind them (see Fan et al., 2006).

While a number of studies investigates the drivers for CO₂ emissions for specific countries (Diakoulaki et al., 2006; Friedl and Getzner, 2003; Zhang et al., 2009; Kojima and Bacon, 2009) or sectors in specific countries (Diakoulaki and Mandaraka, 2007; Liaskas et al., 2000) in recent decades, usually starting from around 1970, comparatively little work has been undertaken to understand the long-term changes of CO₂ emissions since the beginnings of industrialisation (Bartoletto and Rubio, 2008; Tol et al., 2009; Lindmark, 2002; Lindmark, 2004). Long-term analyses of CO₂ emissions shed light not only on specific industrialisation patterns of particular countries, but also generate insights regarding the industrialisation process itself, that today's industrialised countries have pursued and that developing countries

* Corresponding author. Tel.: +43 1 5224000 418; fax: +43 1 5224000 477.
E-mail address: simone.gingrich@uni-klu.ac.at (S. Gingrich).

ARTICLE IN PRESS

2

S. Gingrich et al. / Energy Policy 1 (2010) 143–155

are, to a large extent, following (Unruh and Carrillo-Hermosilla, 2006). An understanding of long-term changes in the interrelations between societies and their environment is important if we aim to find different, more sustainable pathways, not only for today's developing countries, but also – and in particular – for the industrialised world (Costanza et al., 2007).

In this study, we contribute to this understanding by providing a long-term analysis of fossil-fuel-related CO₂ emissions in two industrialised Central European regions, Austria and Czechoslovakia (current Czech Republic plus Slovakia, will be termed “Czechoslovakia” throughout the text) for the time period from 1830 to 2000, based on country-specific calculations. These two regions appear as promising case studies for comparison because of their political and economic history: Austria and Czechoslovakia belonged to the same economic entity – the Habsburg Empire – until the early 20th century. In the 20th century, their economic development followed entirely distinct trajectories. After the collapse of the Austro-Hungarian Monarchy, the interwar-period and Austria's *Anschluss* to Germany during World War II, Austria became a social market economy with an increasing degree of European integration, and joined the European Union in 1995. Czechoslovakia on the other hand, an independent state after the collapse of the Monarchy, joined the Eastern Block as a planned economy after World War II and became an important supplier of the Eastern Block's COMECON market. In 1989, with the Velvet Revolution, Czechoslovakia turned away from communism, in 1993, it separated into Czech Republic and Slovakia, and in 2004 the two countries joined the European Union. While the political and economic history of 20th century Czechoslovakia and Austria differs strongly, the two regions are similar in many other respects, such as geographic position or population density. A comparison of these two countries – while focusing on Central Europe – sheds light on the differences in the interrelation between societies and their environment which are related to political and economic disparities.

We discuss CO₂ emissions in Czechoslovakia and Austria for the time period 1830–2000. The “Kaya identity” (Kaya, 1989; Waggoner and Ausubel, 2002; Canadell et al., 2007) decomposes the drivers for a country's CO₂ emissions into contributions from population, income, energy intensity of the economy and energy composition. In this article, we analyse these variables and then perform a comparative Index Decomposition Analysis for the period from 1920 to 2000 to understand the relative contribution of the different variables to the difference in CO₂ emissions between the two countries. In order to discuss the role of economic structure (for which no comprehensive data are available for the entire period), we analyse proxy data for industrial and private energy consumption.

2. Materials and methods

2.1. Energy and CO₂ emissions datasets

The analysis is based on time series data on fossil-fuel-related CO₂ emissions for the two regions Austria and Czechoslovakia with yearly data from 1830 to 2000. These datasets were established based on previously published data on the energetic metabolism of the two regions (Krausmann and Haberl, 2007; Kuskova et al., 2008). The methodology to assess fossil-fuel-related CO₂ emissions was largely adopted from a previous study on Austria's carbon metabolism (Erb et al., 2008).

The datasets on socio-economic energy metabolism are based on yearly national (or regional) statistical publications, as well as some modelling assumptions (for detailed descriptions of sources and methods, see Krausmann and Haberl, 2007; Kuskova et al., 2008). Both of these studies face the problem of changing political boundaries and rely on national and regional data for different time periods. This has particular impact on the quality of data on foreign trade (which was not considered “foreign” trade in the 19th and early 20th centuries when the regions both were part of the Habsburg Empire). For the case of Austria, it is however possible to keep the same (or a quite similar) area of reference throughout the entire time period. For the case of Czechoslovakia, this is not the case: from 1830 to 1915, all data refer to Bohemia plus Moravia (similar to today's Czech Republic), while all later data refer to Czechoslovakia, i.e. today's Czech Republic plus Slovakia. Distortions due to this shift in the area of reference will be discussed with the results. We consider the same area of reference (Czech Republic plus Slovakia) after the separation of the two countries in 1993 in order to be consistent with the earlier data. This enables us to depict the medium-term effects of the end of communism. However, with the different economic developments in the Czech Republic and Slovakia, we end our analysis in the year 2000. The further addition of data of two increasingly different countries would have yielded results which are very difficult to interpret.

The datasets on the energetic metabolism (Krausmann and Haberl, 2007; Kuskova et al., 2008) include data on primary energy consumption of all socio-economically processed energy carriers (including biomass used as technical energy, but also as food and feed). This study is confined to CO₂ emissions from fossil fuels and cement production. We use the data on primary energy consumption of fossil fuels (i.e. hard coal, brown coal, crude oil and natural gas) to calculate the amount of net-CO₂ emitted to the atmosphere every year: we convert the primary energy from gross to net calorific values and apply CO₂ contents for all fossil energy carriers to obtain the amount of CO₂ (see Table 1). Since the quality

Table 1
Factors used to convert units of energy (TJ, Terajoule) to units of CO₂ (metric tons).
Sources: Haberl (1995); CHMI (2009); BMWA (1990).

	Unit	Both countries	Austria	Czechoslovakia
Brown coal				
Gross calorific value/heating value	J/J	1.19		
t CO ₂ per TJ heating value	t/TJ		97	100
Hard coal				
Gross calorific value/heating value	J/J	1.04		
t CO ₂ per TJ heating value	t/TJ		97	93
Crude oil				
Gross calorific value/heating value	J/J	1.06		
t CO ₂ per TJ heating value	t/TJ		70	73
Natural gas				
Gross calorific value/heating value	J/J	1.1		
t CO ₂ per TJ heating value	t/TJ		52	56

Please cite this article as: Gingrich, S., et al., Long-term changes in CO₂ emissions in Austria and Czechoslovakia—Identifying the drivers of environmental pressures. *Energy Policy* (2010), doi:10.1016/j.enpol.2010.10.006

of the energy carriers and the type of use differs in the two countries, country-specific values of CO₂ emissions per unit of energy are applied (BMWA, 1990; CHMI, 2009). CO₂ emissions from cement production, which are not included in the datasets on the energetic metabolism of the two countries, are obtained from the CDIAC database (Marland et al., 2000). The totals of CO₂ emissions are consistent with the time series of Marland et al. (2000), though they differ slightly in the period before World War I (when Marland et al. have higher estimates of CO₂ emissions) and in the mid-1980s, when our estimate is 10–20% higher.

CO₂ emissions or uptake of carbon related to land use change or the combustion of biomass were not included in this analysis. Studies for Austria have shown that carbon stocks in vegetation did increase in the period under investigation (Gingrich et al., 2007), but these were overwhelmed by the total CO₂ emissions, dominated by emissions from fossil fuels (Erb et al., 2008).

The CO₂ datasets are complemented by data on population available in Krausmann and Haberl (2007) and Kuskova et al. (2008), as well as data on GDP (Maddison, 2003, GDP in 1990 Geary-Khamis-US-Dollars). Unfortunately, the area of reference for Czechoslovak GDP differs from all the other indicators in the period 1830–1920. Therefore we can only investigate the explanatory variables in detail for the time period 1920–2000.

Identifying and quantifying the drivers of emissions trends is the goal of a great variety of methods. We employ two formal methods in this study: simple factorization and Index Decomposition Analysis. The former method generates an understanding for trends in the explanatory variables, while the latter formally assesses the absolute and relative importance of the different variables in explaining the differences in CO₂ emissions between the two countries. In addition to this, selective proxy data on the economic structure of the two countries are presented to discuss the role of the industrial sector and private consumption for explaining the different CO₂-emission pathways in Austria and Czechoslovakia.

2.2. Factorization through the Kaya identity

In order to compare the differences in drivers of CO₂ emissions between Austria and Czechoslovakia, we use the standard Kaya identity (Kaya, 1989; Waggoner and Ausubel, 2002; Canadell et al., 2007). It factorizes total fossil-fuel related CO₂ emissions (C) as a product of the driving forces population (P), per-capita Gross Domestic Product (G=GDP/P), energy intensity of the economy (in our case: Domestic Energy Consumption per GDP, I=DEC/GDP), and carbon intensity of energy consumption (F=CO₂/DEC), as follows:

$$C_k = P_k G_k I_k F_k \tag{1}$$

The subscript *k* denotes the country. This simple factorization can be done for both countries in parallel, thereby allowing a comparison of the evolution of the different factors over time.

2.3. Index Decomposition Analysis

In order to take full advantage of the data relating not only to the aggregate factors used in the Kaya factorization, but their composition, we then conduct a cross-country Index Decomposition Analysis on the difference in CO₂ emissions between Austria and Czechoslovakia.

We use the Log Mean Divisia Index (LMDI) method. This method is preferred because it is symmetrical and provides perfect decomposition (does not leave a residual term). The LMDI method is often applied to quantify change over time within a single country (Ang et al., 1998; Ang, 2004, 2005), but can also be applied

to cross-country studies (Zhang and Ang, 2001; Bartoletto and Rubio, 2008). In this way, we compare the contribution of the effects of population, income, energy intensity and energy composition to the differences in CO₂ emissions between the two countries every year, to identify similarities and differences between the two countries over time.

The emissions of each country can be written as

$$C_k = P_k G_k I_k \sum_i S_{k,i} F_{k,i} \tag{2}$$

where *C_k*, *P_k*, *G_k* and *I_k* are as in Eq. (1), and *S_{k,i}* is the share of energy source *i* (*E_{ij}/E*) and *F_{k,i}* is the carbon content of energy source *i* (*C_{ij}/E_i*). According to the LMDI, the difference between the emissions of both countries is thus

$$\begin{aligned} \Delta C &= C_c - C_a = P_c G_c I_c \sum_i S_{c,i} F_{c,i} - P_a G_a I_a \sum_i S_{a,i} F_{a,i} \\ &= \Delta C_P + \Delta C_G + \Delta C_I + \Delta C_F + \Delta C_S \end{aligned} \tag{3}$$

The subscripts *c* and *a* denote Czechoslovak and Austrian quantities, respectively. The factor Δ*C_P* quantifies the difference in emissions due to population, or population effect, Δ*C_G* is the income effect (due to *G*), Δ*C_I* is the energy intensity effect (due to *I*), Δ*C_F* is the emission coefficient effect (due to *F*) and Δ*C_S* is the fuel share effect (due to *S*). The reason to measure *C_c*–*C_a* rather than *C_a*–*C_c* is that the first is always positive.

The formulae for the cross-country decomposition factors are:

$$\begin{aligned} \Delta C_P &= \ln\left(\frac{P_c}{P_a}\right) \sum_i \frac{C_{c,i} - C_{a,i}}{\ln(C_{c,i}/C_{a,i})} \\ \Delta C_G &= \ln\left(\frac{G_c}{G_a}\right) \sum_i \frac{C_{c,i} - C_{a,i}}{\ln(C_{c,i}/C_{a,i})} \\ \Delta C_I &= \ln\left(\frac{I_c}{I_a}\right) \sum_i \frac{C_{c,i} - C_{a,i}}{\ln(C_{c,i}/C_{a,i})} \\ \Delta C_F &= \sum_i \ln\left(\frac{F_{c,i}}{F_{a,i}}\right) \frac{C_{c,i} - C_{a,i}}{\ln(C_{c,i}/C_{a,i})} \\ \Delta C_S &= \sum_i \ln\left(\frac{S_{c,i}}{S_{a,i}}\right) \frac{C_{c,i} - C_{a,i}}{\ln(C_{c,i}/C_{a,i})} \end{aligned} \tag{4}$$

The LMDI method thus provides five factors for each year of comparison, adding up exactly to the difference in Czechoslovak and Austrian CO₂ emissions.

2.4. The role of economic structure

Since no comprehensive data on the economic structure of the two countries is available for the entire time period, we use proxy data on the economic structure to complement the results from the index decomposition analysis and challenge the hypotheses derived from them. The output of iron (Mitchell, 2003; Hwaletz, 2001; the online-database of the United States Geological Survey at <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs>; the online-database of the World Steel Association at www.worldsteel.org; and data provided by the Czech Statistical Office) serves as proxy for the importance of the industrial sector, and car ownership (provided by Mitchell, 2003; Statistik Austria; the Ministry of Transport of the Czech Republic and the online-database of Eurostat at <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/themes>) relates to private consumption. Data on final energy consumption for industry and transport was obtained from the International Energy Agency, from 1960 onwards for Austria, from 1971 onwards for Czechoslovakia (IEA, 2007). These data refer to final energy consumption, i.e. energy use after transformation losses, as

opposed to primary energy consumption which is used for all other analyses in this article. In contrast to the formal analysis performed to investigate the Kaya identity, the effect of economic structure on the differences in CO₂ emissions between Austria and Czechoslovakia will be more descriptive. Temporal trends in the differences of our economic structure data will be compared to those of CO₂ emissions.

3. Results and discussion

3.1. CO₂ emissions in Austria and Czechoslovakia 1830–2000: similarities and differences

As is the case for every industrialised country, in Austria and Czechoslovakia, CO₂ emissions have increased since 1830. However, this increase has taken extremely different forms. Fig. 1a and b present per-capita emissions of CO₂ in both economies for the different energy carriers. It may seem obvious to use population as a scaling factor for emissions, but it is theoretically conceivable for a country's emissions to be linked more closely to other factors. Multivariate cross-country STIRPAT analyses (Dietz and Rosa, 1997; York et al., 2003) have shown that population is usually found to be proportional to CO₂ emissions.

Until the early 20th century – i.e. in the period when Austria and Czechoslovakia belonged to the same political entity – per-capita CO₂ emissions in Czechoslovakia and Austria developed in quite a similar pattern. Though the use of coal took off earlier in

Czechoslovakia and caused higher CO₂ emissions in the mid-19th century, per-capita-values stabilised around a similar level as in Austria (3.5 t CO₂/cap/yr) before the beginning of World War I. The unity under the Habsburg Monarchy led to similar consumption patterns, but masked a fundamental difference in the situations of the two countries: Czechoslovakia is home to significant coal deposits, and was a major coal extractor since the 19th century, whereas Austria has but few fossil fuel deposits.

This inequality in resource endowment becomes visible in CO₂ emissions of the interwar-period, when the two regions split into separate countries. In coal-rich Czechoslovakia, CO₂ emissions grew continuously in the 1920s and decreased for a few years during the world economic crisis of the early 1930s. In coal-deprived Austria, on the other hand, fossil CO₂ emissions slumped directly after the collapse of the Habsburg Monarchy. Here too, the economic crisis had a severe effect on emissions. After World War II, CO₂ emissions grew extremely steeply in Czechoslovakia, reaching almost 18 t CO₂/cap/yr in the 1980s. With the collapse of the Eastern Block and the restructuring of the Czechoslovak economy, emissions dropped to about 12 t/cap/yr in 2000. While emissions also grew in Austria during this period, they never attained even half of the Czechoslovak peak value. Interestingly, CO₂ emissions in Austria reached their current level of around 8 t/cap/yr already in the late 1970s and stabilised from then on.

Coal was by far the most important energy carrier until the beginning of World War II, making up for more than 90% of all fossil-fuel-related CO₂ emissions. From the 1930s, there are increasing differences in the composition of CO₂ emissions: In Czechoslovakia, coal continued to be the most important source of CO₂ emissions throughout the 20th century. Even though its share in total CO₂ emissions declined steadily, coal still contributed more than 70% to all CO₂ emissions in 1990, with crude oil being the second most important CO₂ source, and to around 60% in 2000 when natural gas became roughly as important as crude oil. In Austria, coal lost importance much more quickly and was overtaken by crude oil as most important source of CO₂ emissions already in the mid-1960s. Crude oil kept its importance throughout the 20th century, while CO₂ emissions from coal reached similar levels as those from natural gas around 1980 and stayed at similar levels until the year 2000 (between 1 and 2 t CO₂/cap/yr).

The similarities in the two countries are, firstly, that CO₂ emissions increased during the process of industrialisation, and, secondly, that there is a certain sequence in the increasing importance of energy carriers in terms of CO₂ emissions, even though the point in time and the extent of their contribution varies: coal was the first important source, then crude oil gained importance, and later natural gas. These two observations are closely related to changes in the energetic metabolism during industrialisation, which have been described for Austria (Erb et al., 2008, Krausmann and Haberl, 2007), Czechoslovakia (Kuskova et al., 2008), and for a number of other European countries (Schandl and Schulz, 2002, Bartoletto and Rubio, 2008, Gales et al., 2007, Kunnas and Myllyntaus 2009) and compared with developing countries (Marcotullio and Schulz, 2007). These observations on the fuel shift or energy transition thus seem to hold true for industrialisation processes in general (Grübler, 2004)—however the extent and duration of the “coal stage” differ strongly among countries.

The differences in CO₂ emissions between Austria and Czechoslovakia became important only after World War I, when they became separate countries. Particularly in the period between 1945 and the mid-1980s, the two countries followed very different pathways in terms of extent and composition of their CO₂ emissions. These differences owed largely to the much higher emissions from coal in Czechoslovakia. From the late 1980s however, and in particular after the Velvet Revolution in 1989, CO₂ emissions declined in Czechoslovakia and somewhat converged with the

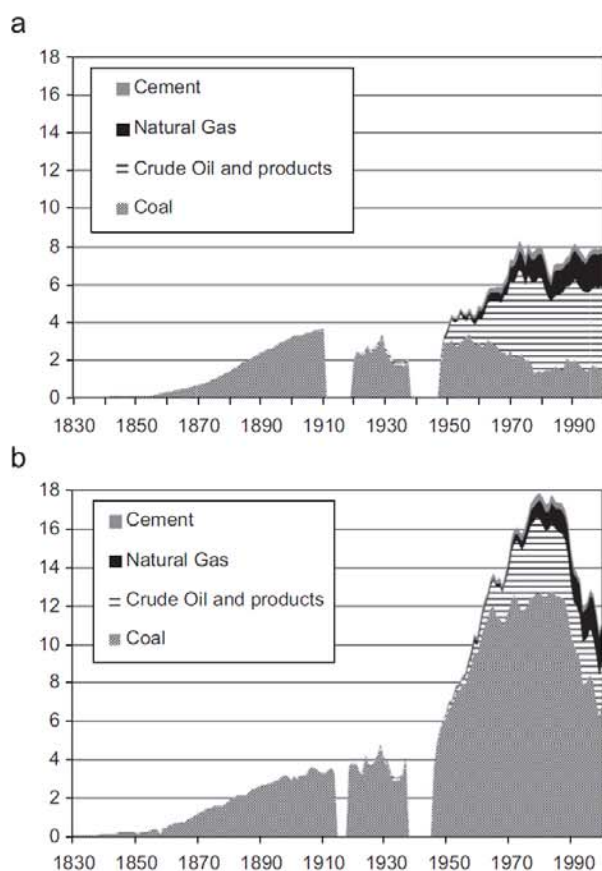


Fig. 1. Fossil CO₂ emissions in Austria (a) and Czechoslovakia (b) in metric tonnes CO₂ per capita and year, total and per energy carrier.

Austrian level. This insight encourages us to focus the analysis of the socio-economic drivers of CO₂ emissions on the period after World War I, as we will do in the next section.

3.2. Drivers of CO₂ emissions—the Kaya identity and its factors

The drivers of CO₂ emissions can be assessed using the factors expressed in the Kaya identity (Eq. (1)): population (P), income (G), energy intensity of the economy (I) and carbon intensity of energy consumption (F). Data availability permits this analysis only for the time period 1920–2000. The data are presented in Fig. 2.

CO₂ emissions in absolute terms were higher in Czechoslovakia than in Austria throughout the entire time period. The pattern of their development is similar to that of the per-capita values which have been described in the previous section. It is interesting to note that Austria's absolute CO₂ emissions increased continuously with one break in the 1930s and roughly stabilised since the early 1970s, while Czechoslovakia's growth of CO₂ emissions experienced two periods of distinct absolute decrease: one during the world economic crisis in the early 1930s, and a second, longer and stronger one in the late 1980s and 1990s.

Population in Czechoslovakia was almost twice that of Austria since the 1920s. While it grew fairly continuously during the time period in Austria, Czechoslovak population strongly decreased after World War II, related to the transfer of German-speaking minorities out of the country.

Income was similar in the two countries during the interwar-period at 2000–3000 \$/cap/yr, but increased much more steeply in Austria after World War II, reaching 20,000 \$/cap/yr in 2000. In Czechoslovakia, the breakdown of communism went along with a brief, but strong decline of GDP in the early 1990s, and the 1989 value of roughly 9000 \$/cap/yr was reached again only in 2000.

The energy intensity of the economy was consistently and significantly higher in Czechoslovakia than in Austria during the entire time period. In both countries it declined over time. The interwar-period was characterised by fairly high energy intensities in both countries (45 MJ/\$ in Czechoslovakia and 25 MJ/\$ in Austria). In Czechoslovakia, energy intensity decreased rapidly after the late 1920s. From after World War II to the late 1980s, energy intensity was relatively stable in Czechoslovakia around 35 MJ/\$, while it decreased steadily in Austria from the mid-1950s to only 10 MJ/\$ in 2000. From the early 1990s, Czechoslovak energy intensity sunk, and in 2000 the value was below 25 MJ/\$—in the pre-1950s Austrian range.

The composition of Domestic Energy Consumption (DEC) in the two countries differed remarkably, particularly after World War II. In the interwar-period, biomass dominated in both countries; however, the share of coal was higher in coal-producing Czechoslovakia than in coal-importing Austria. After World War II, both countries shifted to higher shares of fossil fuels, but in Czechoslovakia, coal was the most important fossil energy carrier (dominated by brown coal), while in Austria, coal was soon replaced by crude oil as the most important fossil fuel, and both hydropower electricity and natural gas gained importance. Since the 1980s, and particularly after 1990, also in Czechoslovakia the share of natural gas and primary electricity, mainly from nuclear power, went up, while coal lost importance.

The combination of these factors can be summarized as follows: population was larger in Czechoslovakia, whereas Austria's income was much greater in the second half of the 20th century. The larger energy intensity plus the more carbon intensive energy supply of Czechoslovakia, counterbalanced by the higher Austrian income, resulted in much larger carbon emissions in Czechoslovakia. The comparative Index Decomposition Analysis presented in the next section assesses the absolute and relative importance of the different variables over time.

3.3. Comparative Index Decomposition Analysis of CO₂ emissions

We use the variables discussed above (population, income, energy intensity and energy composition), along with the carbon contents of the energy carriers, to perform a comparative Index Decomposition Analysis, in order to quantify their importance in explaining the difference in CO₂ emissions between Czechoslovakia and Austria in the period from 1920 to 2000.

Fig. 3 depicts the results of the Index Decomposition Analysis, (a) as totals, and (b) as shares of the total. By adding the positive contributions (above the horizontal axis) and the negative (below), one obtains the total difference in CO₂ emissions (100% in Fig. 3b), indicated by the black line. Variables explaining the higher CO₂ emissions in Czechoslovakia throughout the entire time period are population, energy intensity, and energy composition. Except for a few years after World War II, income was a counterbalancing factor against these in the entire period. The difference in CO₂ emissions, as well as the importance of the different factors varied over time. The carbon contents of energy carriers accounted for no more than 3% of the difference between the two countries and will thus not be further discussed.

The difference in total CO₂ emissions was fairly small in absolute terms in the interwar-period (below 50 million tonnes CO₂/yr), and increased in the 1950s–1970s to over 200 million tonnes CO₂/yr in the 1980s. After 1990 the difference decreased quickly to just over 100 million tonnes CO₂/yr in 2000.

The population effect was a constant and important explanatory factor throughout the time period. Its relative importance was greatest in the interwar-period, but declined in the early afterwar period. From 1990 the relative importance of the population effect increased again slightly.

Energy intensity was the most dynamic of the positive explanatory variables. Its relative importance declined in the interwar-period. However, energy intensity became increasingly important quickly after World War II and, from the mid-1960s onwards, it was the strongest explanatory factor for the difference in CO₂ emissions between Austria and Czechoslovakia. This is consistent with the observation that energy intensity in Central and Eastern European countries in the 1980s was one of the highest in the world (Urge-Vorsatz et al., 2006). Interestingly however, the energy intensity effect even gained relative importance after the collapse of the communist regime. This indicates that the Czechoslovak decline in income was stronger than the decline in energy consumption in the 1990s, as compared to the developments in Austria.

Another astonishing feature of the differences between Austrian and Czechoslovak CO₂ emissions is the development of the composition effect, which describes the effect of the composition of energy supply. Its absolute and relative importance grew from the mid-1920s. After World War II, the composition effect grew at the same pace as total differences in CO₂ emissions and remained a constant explanatory factor. Quite surprisingly, the relative importance of the composition effect remained constant after the Velvet Revolution.

Both the increasing relative importance of the intensity effect and the constant relevance of the composition effect can be understood only fully when we consider the counterbalancing effect of income (negative sign in Fig. 3a and b). Throughout the entire period (with only one exception in the early post-war years), the income effect alone would have made Austria a bigger emitter than Czechoslovakia. In absolute terms, the income effect increased after World War II and stabilised around 1990. However, the relative importance of the income effect became particularly important after 1990—all other explanatory variables lost importance in absolute terms, while the income effect stayed stable.

From this analysis we can distinguish three principal stages: (1) the interwar-period with little dynamics when the population effect was the strongest, with decreasing importance of energy

ARTICLE IN PRESS

6

S. Gingrich et al. / Energy Policy (2010) 38, 146–155

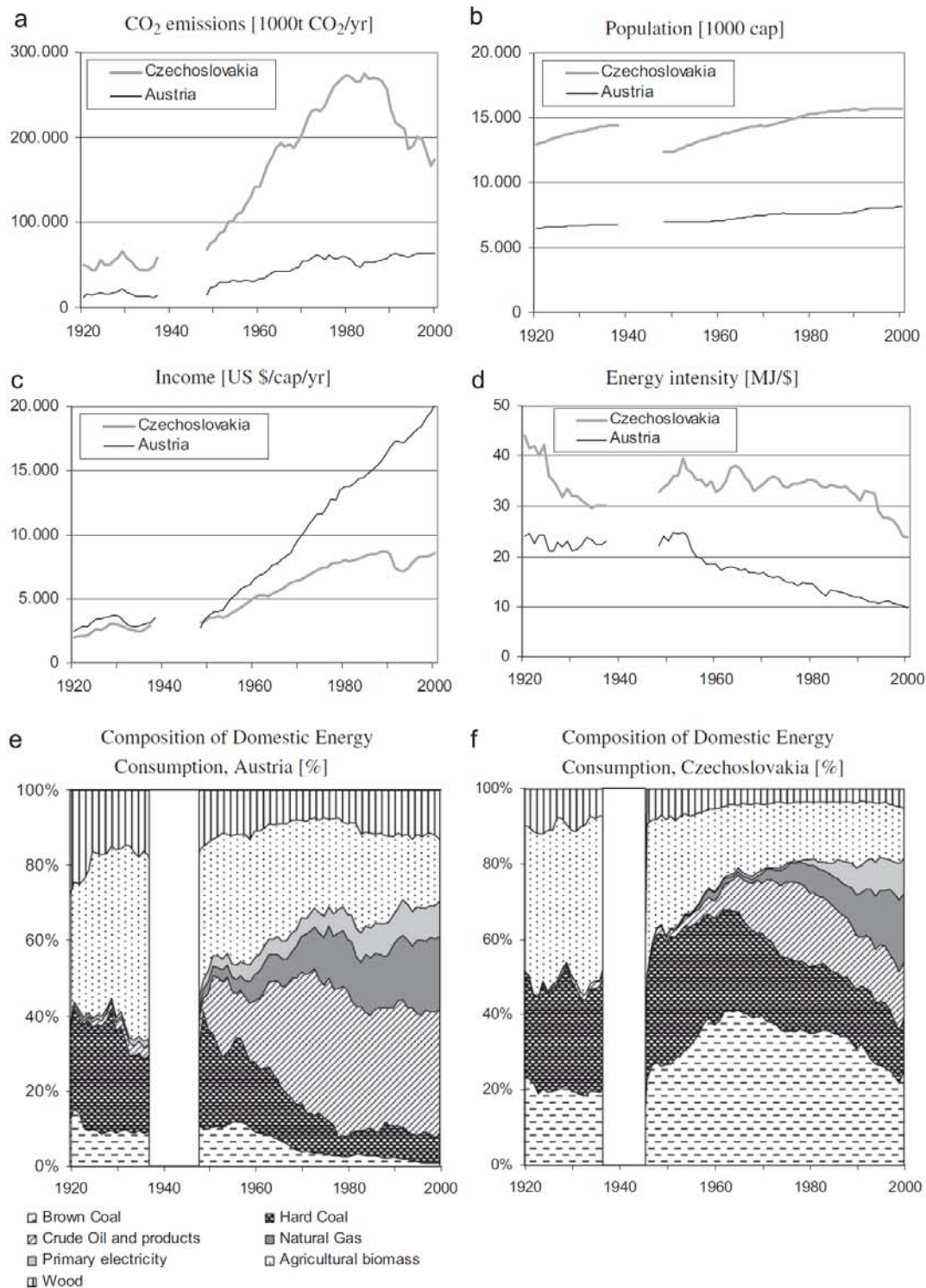


Fig. 2. Factors in the Kaya identity used in the Index Decomposition Analysis: CO₂ emissions (a), population (b), income (c), energy intensity (d), energy composition in Austria (e) and Czechoslovakia (f), 1920–2000.

intensity and increasing importance of energy composition; (2) the post-war period until the mid-1980s with increasing differences in CO₂ emissions between Czechoslovakia and Austria, explained by

astonishingly even increases in all effects analysed; and (3) the period from 1990 to 2000, when the difference in CO₂ emissions went down, and the role of income gained relative importance.

Please cite this article as: Gingrich, S., et al., Long-term changes in CO₂ emissions in Austria and Czechoslovakia—Identifying the drivers of environmental pressures. *Energy Policy* (2010), doi:10.1016/j.enpol.2010.10.006

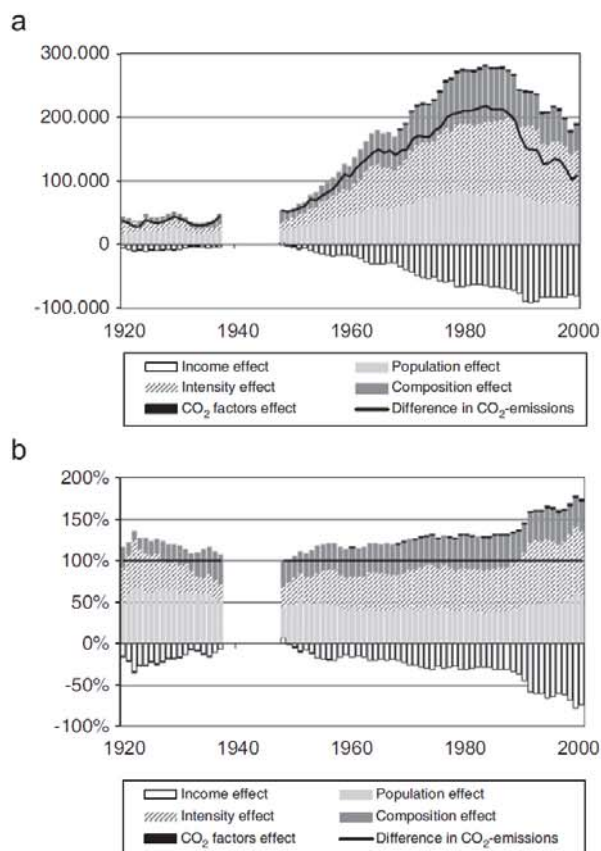


Fig. 3. Results from index decomposition analysis of the differences in CO₂ emissions between Czechoslovakia and Austria (a) in 1000 t CO₂/yr, (b) as shares of total

3.4. Economic structure in Austria and Czechoslovakia

Data on iron production in Austria and Czechoslovakia serve as proxy data for the industrial sector. Iron production is a particularly energy intensive industrial process, but the amount and type of energy used to produce a unit of output varies considerably between countries (Worrell et al., 1997). Iron and steel production were important parts of the industrial sector in both countries throughout the investigated time period, and subject to heavy political interventions. After World War II, the Austrian iron and steel industries (“VOEST”), which had been expanded during the War, were nationalised and formed an important part of the European Recovery Programme. Czechoslovakia on the other hand produced large amounts of iron and steel for the COMECON market.

Fig. 4 depicts iron¹ production per capita and year in Austria and Czechoslovakia for the period 1920–2000, as well as data on final energy consumption in the industrial sector and the share of coal in industrial final energy consumption. After World War II, the development of iron production in the two countries was somewhat similar to that of CO₂ emissions: the greatest differences occurred in the 1970s and 1980s, when Austria produced between

¹ The data we use here refer to iron production only and do not include steel, because consistent data were available for long time periods for iron only. Cross-checks with steel production show that steel production in both countries seems to follow similar trends as iron production, though in total the values for steel production are higher in both countries.

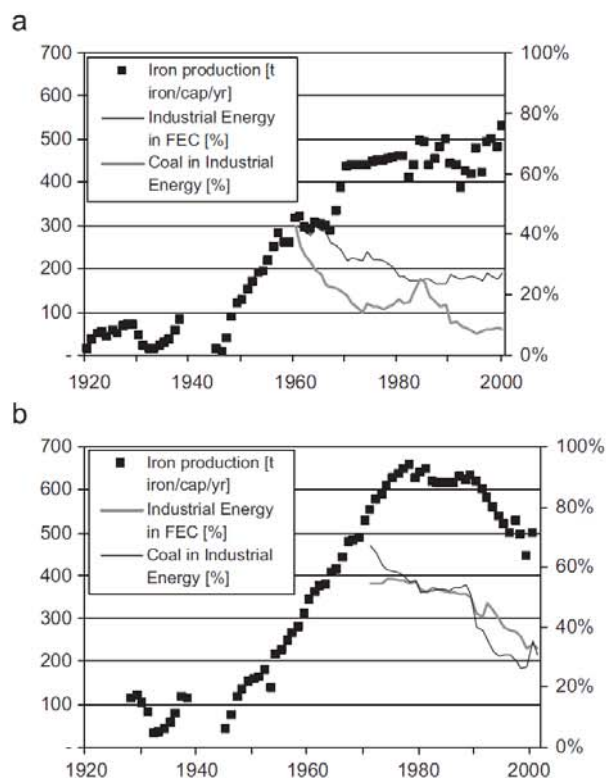


Fig. 4. Industrial proxy data: iron production in tons per capita and year (left y-axis), industrial final energy consumption as share of total final energy consumption (right y-axis), and share of coal in industrial final energy consumption (right y-axis). Note that industrial energy consumption refers to final energy consumption as opposed to primary energy consumption discussed earlier in the text.

450 and 500 tons per capita and year, and Czechoslovakia more than 600 t/cap/yr. It is thus plausible to assume a certain correlation between industrial production and the difference of CO₂ emissions between Czechoslovakia and Austria.

Other factors such as energy efficiency and CO₂ intensity in industrial production also seem to have played relevant roles, since in the 1950s and 1960, as well as in the 1990s, iron production levels were very similar in the two countries, while CO₂ emissions were higher in Czechoslovakia. This is supported by the fact that Czechoslovakia used more final energy (with a much higher share of coal) in industry than Austria.

The proxy data for the relevance of the industrial sector seem to follow similar trends as the differences in CO₂ emissions between Czechoslovakia and Austria—the development of the industrial sector thus seems to correlate with the differences in CO₂ emissions between the two countries in the observed time period.

In order to understand the role of private consumption in CO₂ emissions we analyse data on car ownership. Other activities than driving have high impacts on CO₂ emissions of households. One important factor which we cannot consider in this study due to a lack of data is residential energy use. However, the number of cars is a relevant figure because it stands for a new kind of consumer culture which developed after World War II in most of Europe (see e.g. Pfister, 1995).

Fig. 5 displays the number of cars per 1000 inhabitants, and compares it to values of domestic energy consumption of crude oil (which is not exclusive to transportation uses, since it is also used in

ARTICLE IN PRESS

8

S. Gingrich et al. / Energy Policy (2010) 38, 149–160

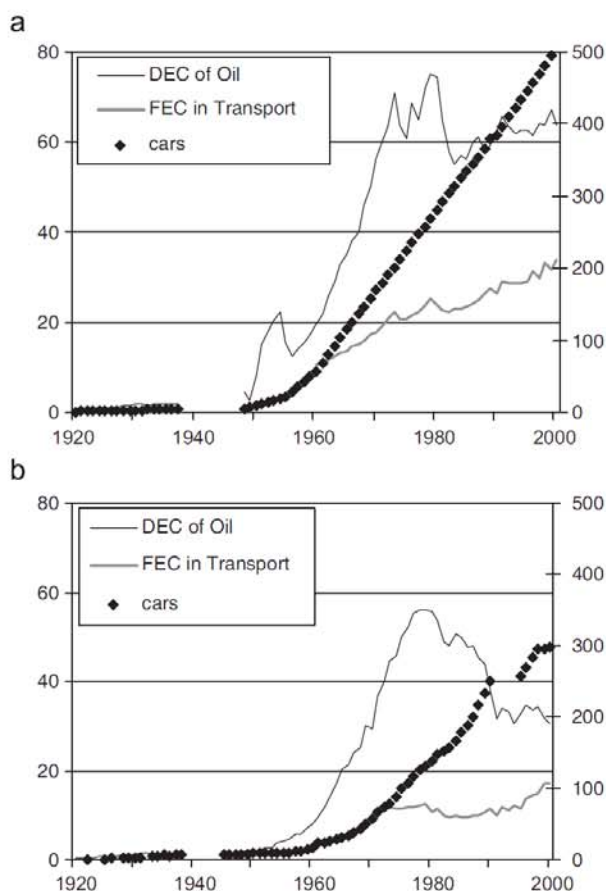


Fig. 5. Proxy data for private consumption: domestic energy consumption (DEC) of crude oil and products in GJ/cap/yr (left y-axis), final energy consumption (FEC) in transport in GJ/cap/yr (left y-axis) and cars in numbers per 1000 capita (right y-axis).

industry, heating and electricity production) as well as to final energy consumption in transport. Car ownership increased much sooner in Austria than in Czechoslovakia, and remained larger until 2000. In 2000, every other Austrian owned a car, while in Czechoslovakia, there was less than one car per three inhabitants.

In Austria, the higher car ownership went along with more final energy used for transport. In Czechoslovakia, transport energy per capita and year increased from the early 1980s onwards (and more strongly from the early 1990s) and reached half the Austrian value at around 100 GJ/cap/yr in 2000. The per-capita consumption of crude oil peaked in the mid-1970s in both countries, and then stabilized or decreased. Effectively, when oil became precious, it was substituted by other carriers for the other applications, but remained dominant in transportation.

The differences in private consumption thus did not follow similar trends to CO₂ emissions. Austria's CO₂ emissions were lower in the early afterwar-period, while car ownership was higher. However, between 1990 and 2000 with the stabilisation of oil consumption and the increase of transport energy in both countries, the difference between the two countries stabilised.

4. Conclusion

In this last section, we will briefly sum up the differences and similarities between Austria and Czechoslovakia in terms of their

long-term changes in CO₂ emissions, and draw some conclusions. We can distinguish four stages with respect to the extent of the differences in CO₂ emissions between Austria and Czechoslovakia and the socio-economic drivers behind them in the period from 1830 to 2000:

The first stage is the period when Czechoslovakia and Austria were part of the industrialising Habsburg Empire, i.e. from the beginning of our period until World War I. In this period, CO₂ emissions developed very similarly in the two countries, as coal slowly replaced wood as the most important technical energy carrier.

The second period is the interwar-period, i.e. around 1920–1938. During this period, the difference in CO₂ emissions was larger than before, because Austria – now no longer part of a large economic unit endowed with coal – used less coal than before World War I. In this period, the most important explanatory variable for the difference is population.

The third stage, from after World War II to the mid-1980s, is characterised by increasing differences in CO₂ emissions. These differences are explained by relatively evenly rising importance of all effects investigated: energy intensity, energy composition and population—counterbalanced by the income effect. Interestingly, energy intensity was not the single most important factor during this period, as has been previously suggested (Ürge-Vorsatz et al., 2006). In terms of economic structure, the importance of the industrial sector contributed to these differences, while private consumption acted as counterbalance.

The differences between the two countries in terms of CO₂ emissions ceased to increase already before the fall of the iron curtain. And from 1990 to 2000, we observe a convergence in CO₂ emissions. This was related to a strong decrease of coal consumption in Czechoslovakia associated with a restructuring of industry, which lowered the importance of the energy composition effect. Also, the effect of energy intensity declined, while the importance of income as counterbalance became relatively more important.

The differences in CO₂ emissions between Austria and Czechoslovakia are in our view overshadowed by some very general similarities. Firstly, CO₂ emissions from fossil fuel use increased during the industrialisation process. Secondly, a fuel shift from biomass to coal and later to crude oil, natural gas and electricity can be observed. Along with this shift went a stabilisation or even decline of CO₂ emissions in the late 20th century. These features have also been observed in other European countries (Kunnas and Myllyntaus, 2009; Bartoletto and Rubio, 2008; Krausmann et al., 2008; Tol et al., 2009) and seem inherent to industrialisation in general.

The examples studied here underline the fact that there does seem to be a common pattern of CO₂ emissions development during industrialisation. Despite the fact that the two economies followed very different economic and political paths for several decades in the 20th century (during which CO₂ emissions differed substantially), current CO₂ emissions are at a strikingly similar level. The comparison of the two countries shows that two extremes, an "eco-efficient" country, as Austria could be viewed, and previously communist, restructuring countries like the current Czech Republic and Slovakia end up with CO₂ emissions which are more than double the global average (which, as it is, is not sustainable). One could say that neither Austrian efforts towards eco-efficiency nor Czech and Slovak restructuring resulted in anything close to sustainability. Thus, a fundamentally new economic structure with different ways of production and consumption is needed for a future shift towards sustainability. This will also require radically new policy measures.

Acknowledgements

This article is the result of cooperation between the Department of Social Geography and Regional Development, Charles University

in Prague, and the Institute of Social Ecology Vienna, University of Klagenfurt. It was supported by the research programme “Geographical systems and Risk Processes in the Context of Global Change and European Integration” (MSM0021620831), and the research projects “The Global Metabolic Transition” (P21012-G11) and “Patterns, Dynamics and Impacts of Global HANPP” (P20812-G11), both funded by the Austrian Science Fund.

References

- Ang, B.W., 2004. Decomposition analysis for policymaking in energy: which is the preferred method? *Energy Policy* 32 (9) 1131–1139.
- Ang, B.W., 2005. The LMDI approach to decomposition analysis: a practical guide. *Energy Policy* 33 (7), 867–871.
- Ang, B.W., Liu, N., 2006. A cross-country analysis of aggregate energy and carbon intensities. *Energy Policy* 34 (15), 2398–2404.
- Ang, B.W., Zhang, F.Q., 1999. Inter-regional comparisons of energy-related CO₂ emissions using the decomposition technique. *Energy* 24 (4), 297–305.
- Ang, B.W., Zhang, F.Q., Choi, K.H., 1998. Factorizing changes in energy and environmental indicators through decomposition. *Energy* 23 (6), 489–495.
- Bartolotto, S., Rubio, M.d.M., 2008. Energy transition and CO₂ emissions in Southern Europe: Italy and Spain (1861–2000). *Global Environment* 1 (2), 46–82.
- BMWA, 1990. Energiebericht 1990 der österreichischen Bundesregierung. Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten, Wien.
- Canadell, J.G., Le Quere, C., Raupach, M.R., Field, C.B., Buitenhuis, E.T., Ciais, P., Conway, T.J., Gillett, N.P., Houghton, R.A., Marland, G., 2007. Contributions to accelerating atmospheric CO₂ growth from economic activity, carbon intensity, and efficiency of natural sinks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104, 18866–18870.
- CHMI, 2009. National greenhouse gas inventory report of the Czech Republic. National Inventory Report under the UNFCCC and the Kyoto Protocol, Prague.
- Costanza, R., Graumlich, L.J., Steffen, W., Crumley, C., Dearing, J.A., Hibbard, K., Leemans, R., Redman, C., Schimel, D., 2007. Sustainability or collapse: what can we learn from integrating the history of humans and the rest of nature? *Ambio* 16 (7), 522–527.
- Diakoulaki, D., Mandaraka, M., 2007. Decomposition analysis for assessing the progress in decoupling industrial growth from CO₂ emissions in the EU manufacturing sector. *Energy Economics* 29 (4), 636–664.
- Diakoulaki, D., Mavrotas, G., Orkopoulos, D., Papayannakis, L., 2006. A bottom-up decomposition analysis of energy-related CO₂ emissions in Greece. *Energy* 31 (14), 2638–2651.
- Dietz, T., Rosa, E.A., 1997. Effects of population and affluence on CO₂ emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 94 (1), 175–179.
- Ebohon, O.J., Ikeme, A.J., 2006. Decomposition analysis of CO₂ emission intensity between oil-producing and non-oil-producing sub-Saharan African countries. *Energy Policy* 34 (18), 3599–3611.
- Erb, K.-H., Gingrich, S., Krausmann, F., Haberl, H., 2008. Industrialization, fossil fuels and the transformation of land use: an integrated analysis of carbon flows in Austria 1830–2000. *Journal of Industrial Ecology* 12 (5–6), 686–703.
- Fan, Y., Liu, L.C., Wu, G., Wei, Y.M., 2006. Analyzing impact factors of CO₂ emissions using the STIRPAT model. *Environmental Impact Assessment Review* 26 (4), 377–395.
- Friedl, B., Getzner, M., 2003. Determinants of CO₂ emissions in a small open economy. *Ecological Economics* 45 (1), 133–148.
- Gales, B., Kander, A., Malanima, P., Rubio, M.d.M., 2007. North versus South: energy transition and energy intensity in Europe over 200 years. *European Review of Economic History* 11 (02), 219–253.
- Gingrich, S., Erb, K.-H., Krausmann, F., Gaube, V., Haberl, H., 2007. Long-term dynamics of terrestrial carbon stocks in Austria. A comprehensive assessment of the time period from 1830 to 2000. *Regional Environmental Change* 7 (1), 37–47.
- Grübler, A., 2004. Transitions in Energy Use. In: Cleveland, C.J. (Ed.), *Encyclopedia of Energy*. Elsevier, Amsterdam, pp. 163–177.
- Haberl, H., 1995. Menschliche Eingriffe in den natürlichen Energiefluß von Ökosystemen: Sozio-ökonomische Aneignung von Nettoprimärproduktion in den Bezirken Österreichs, Social Ecology Working Paper 43, Vienna.
- Hwaletz, O., 2001. Die österreichische Montanindustrie im 19. und 20. Jahrhundert. Böhlau, Wien.
- IEA, 2007. Energy balances of OECD countries, CD-ROM International Energy Agency (IEA) 2004–2005–2007 Edition Organisation of Economic Co-Operation and Development (OECD) 10-1-2008.
- IPCC, 2007. Climate Change 2007: Synthesis Report—Fourth Assessment Report. Kaya, Y., 1989. Impact of Carbon Dioxide Emission Control on GNP Growth: Interpretation of Proposed Scenarios. IPCC Energy and Industry Subgroup, Response Strategies Working Group, Paris.
- Kojima, M., Bacon, R., 2009. Changes in CO₂ Emissions from Energy use: A Multicountry Decomposition Analysis. World Bank.
- Krausmann, F., Haberl, H., 2007. Land-use change and socio-economic metabolism. A macro view of Austria 1830–2000. In: Fischer-Kowalski, M., Haberl, H. (Eds.), *Socioecological Transitions and Global Change: Trajectories of Social Metabolism and Land Use*. Edward Elgar, Cheltenham, UK, Northampton, USA, pp. 31–59.
- Krausmann, F., Schandl, H., Siefert, R.P., 2008. Socio-ecological regime transitions in Austria and the United Kingdom. *Ecological Economics* 65 (1), 187–201.
- Kunnas, J., Myllyntaus, T., 2009. Postponed Leap in carbon dioxide emissions: the impact of energy efficiency, fuel choices and industrial structure on the Finnish economy, 1800–2005. *Global Environment* 3, 154–189.
- Kuskova, P., Gingrich, S., Krausmann, F., 2008. Long term changes in social metabolism and land use in Czechoslovakia, 1830–2000: an energy transition under changing political regimes. *Ecological Economics* 68 (1–2), 394–407.
- Liaskas, K., Mavrotas, G., Mandaraka, M., Diakoulaki, D., 2000. Decomposition of industrial CO₂ emissions: the case of European Union. *Energy Economics* 22 (4), 383–394.
- Lindmark, M., 2002. An EKC-pattern in historical perspective: carbon dioxide emissions, technology, fuel prices and growth in Sweden 1870–1997. *Ecological Economics* 42, 333–347.
- Lindmark, M., 2004. Patterns of historical CO₂ intensity transitions among high and low-income countries. *Explorations in Economic History* 41, 426–447.
- Luukkanen, J., Kaivo-oja, J., 2002. Meaningful participation in global climate policy? Comparative analysis of the energy and CO₂ efficiency dynamics of key developing countries. *Global Environmental Change* 12 (2), 117–126.
- Maddison, A., 2003. *The World Economy. Historical Statistics*, Paris.
- Marcotullio, P., Schulz, N.B., 2007. Comparison of energy transitions in the United States and developing and industrializing economies. *World Development* 35 (10), 1650–1683.
- Marland, G., Boden, T.A., Andres, R.J., 2000. Global, regional, and national CO₂ emissions. In: CDIAC (Ed.), *Trends: A Compendium of Data on Global Change. Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC)*, Oak Ridge National Laboratory (ORNL), Oak Ridge, Tenn., USA.
- Mitchell, B.R., 2003. *International Historical Statistics Europe 1750–2000*. Palgrave Macmillan, New York.
- Pfister, C., 1995. *Das 1950er Syndrom. Der Weg in die Konsumgesellschaft*. Verlag Paul Haupt, Bern, Stuttgart, Wien.
- Raupach, M.R., Marland, G., Ciais, P., Le Quere, C., Canadell, J.G., Klepper, G., Field, C.B., 2007. Global and regional drivers of accelerating CO₂ emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104 (24), 10288–10293.
- Schandl, H., Schulz, N.B., 2002. Changes in United Kingdom's natural relations in terms of society's metabolism and land use from 1850 to the present day. *Ecological Economics* 41 (2), 203–221.
- Sun, J.W., Malaska, P., 1998. CO₂ emission intensities in developed countries 1980–1994. *Energy* 23 (2), 105–112.
- Tol, R.S.J., Pacala, S.W., Socolow, R.H., 2009. Understanding long-term energy use and carbon dioxide emissions in the USA. *Journal of Policy Modeling* 31, 425–445.
- Unruh, G.C., Carrillo-Hermosilla, J., 2006. Globalizing carbon lock-in. *Energy Policy* 34 (10), 1185–1197.
- Urge-Vorsatz, D., Miladinova, G., Paizs, L., 2006. Energy in transition: from the iron curtain to the European Union. *Energy Policy* 34 (15), 2279–2297.
- Waggoner, P.E., Ausubel, J.H., 2002. A framework for sustainability science: a renovated IPAT identity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 99 (12), 7860–7865.
- Worrell, E., Price, L., Martin, N., Farla, J., Schaeffer, R., 1997. Energy intensity in the iron and steel industry: a comparison of physical and economic indicators. *Energy Policy* 25 (7–9), 727–744.
- York, R., Rosa, E.A., Dietz, T., 2003. STIRPAT, IPAT and IMPACT: analytic tools for unpacking the driving forces of environmental impacts. *Ecological Economics* 46 (3), 351–365.
- Zhang, F.Q., Ang, B.W., 2001. Methodological issues in cross-country/region decomposition of energy and environment indicators. *Energy Economics* 23 (2), 179–190.
- Zhang, M., Mu, H., Ning, Y., Song, Y., 2009. Decomposition of energy-related CO₂ emission over 1991–2006 in China. *Ecological Economics* 68 (7), 2122–2128.