

**České vysoké učení technické v Praze**

**Fakulta elektrotechnická**

**Czech Technical University in Prague**

**Faculty of Electrical Engineering**

Jan Weinzettel

**Přesuny environmentální zátěže mezinárodním obchodem**

**Shifts of Environmental Burden by International Trade**

## Summary

Environmental burden related to the production of commodities intended for export is increasing. Studies published in recent years show that national territorial based environmental indicators might provide misleading information regarding production efficiency due to the transfer of environmental burden abroad. This talk is focused on selected studies which show the importance of transfers of environmental burden via international trade. They are focused on emissions of carbon dioxide, material extraction, land use and biodiversity threats. The talk also covers an introduction to the two methods most widely applied in the assessment of environmental burden resulting from international trade.

A quantification of footprint indicators is related to subjective choices, such as allocation of harvested area to cotton lint and cotton seed, and to uncertainty of the method applied. Despite all the drawbacks of existing options for the qualification of environmental footprints, it has been clearly shown that the transfer of environmental burden through international trade exists and is increasing. Due to the global dimension of sustainability it is necessary to focus on this phenomenon in order to avoid environmental damage that would restrict the future well-being of our society.

## Souhrn

V posledních letech významně narůstá environmentální zátěž spojená s výrobou produktů určených na export. Studie, které byly publikovány v posledních letech, ukazují, že národní environmentální indikátory založené na teritoriálním principu mohou poskytovat mylné informace o rostoucí efektivitě výroby díky přesunu environmentální zátěže za hranice zkoumaných států. Tato přednáška je věnována vybraným studiím, které ukazují důležitost přesunů environmentální zátěže mezinárodním obchodem. Jedná se o studie zaměřené na skleníkové plyny, těžbu materiálů, využití území a ohrožení biodiverzity. Součástí přednášky je rovněž vysvětlení dvou základních metod, které se k posuzování přesunu environmentální zátěže mezinárodním obchodem používají.

Kvantifikace „*footprint*“ indikátorů je spojená s výběrem vlastních hodnot (například alokace sklizené plochy mezi bavlnu a bavlníkové semeno) a s nepřesností spojenou s použitou metodou. Přes všechny nedostatky aplikovaných metod je však zřejmé, že k přesunu environmentální zátěže mezinárodním obchodem dochází a to v narůstající míře. Vzhledem ke globálnímu měřítku udržitelnosti je nutné věnovat tomuto fenoménu pozornost, aby poškození životního prostředí způsobené mezinárodním obchodem neohrožovalo budoucí blahobyť naší společnosti.

## **Klíčová slova**

Udržitelnost, environmentální stopa, mezinárodní obchod,  
přesun

## **Keywords**

Sustainability, environmental footprint, international trade, shift

## Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod a cíl přednášky</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Metody</b> .....	<b>7</b>
2.1	Procesní analýza.....	7
2.2	Multiregionální input-output analýza .....	8
2.3	Shrnutí metod.....	12
<b>3</b>	<b>Výsledky studií</b> .....	<b>12</b>
3.1	Emise oxidu uhličitého .....	12
3.2	Materiálová stopa .....	13
3.3	Stopa využití území.....	14
3.4	Mezinárodní obchod a biodiverzita.....	16
<b>4</b>	<b>Shrnutí</b> .....	<b>16</b>
<b>5</b>	<b>Literatura</b> .....	<b>18</b>
<b>6</b>	<b>Jan Weinzettel</b> .....	<b>20</b>

## 1 Úvod a cíl přednášky

Cílem této přednášky je seznámit posluchače s metodami a výsledky studií, které se zabývají přesuny environmentální zátěže mezinárodním obchodem. Lidská společnost v posledních stoletích významně změnila charakter své interakce se svým okolím – životním prostředím. Změnily se jednak nároky na jednoho člena naší společnosti a jednak významně vzrostla celková populace naší společnosti. Výsledkem je tak rozsáhlá změna, že někteří vědci nazývají současné geologické období antropocénem (Crutzen 2002). Člověk se stal dominantním faktorem v některých planetárních systémech a tocích materiálů a látek.

S tímto bouřlivým rozvojem souvisí i zjištění, že naše planeta není nekonečnou zásobou surovin a její kapacita absorbovat odpadní toky naší společnosti je omezená. Změny životního prostředí vyvolané člověkem dosáhly míry, která negativně ovlivňuje nejen ekosystémy, ale i zdraví lidí a jejich majetek. S rostoucí závažností environmentálních problémů na lokální i globální úrovni roste ve vyspělé společnosti snaha omezovat negativní vliv člověka na životní prostředí.

Prvotní snahy většiny vlád byly namířeny na vliv na životní prostředí na území jejich státu, tedy území, kde mají přímý vliv. Byly vytvořeny příslušné indikátory zátěže životního prostředí, které vlády sledují a hodnotí podle nich výsledky svého působení. S rostoucím objemem mezinárodního obchodu však dochází k oddělení spotřeby od výroby a roste význam environmentální zátěže spojené s výrobou obchodovaných produktů mimo území států, kde se tyto produkty spotřebovávají.

Zvyšující se komplexnost výrobní řetězců odděluje environmentální dopady spojené se spotřebovávanými produkty také od konečných spotřebitelů, kteří tvoří hlavní hnací sílu výroby těchto produktů a tedy i zátěže životního prostředí spojené s jejich výrobou (Tukker and Jansen 2006). Spotřebitelé ztrácejí kontakt s negativními vlivy výrobních procesů stojících v pozadí spotřebovaných produktů. Výrobní procesy se

přesouvají do míst s levnější pracovní silou a slabší ochranou životního prostředí. Vyspělé státy se následně stávají čistšími díky přesunu poškozování životního prostředí do rozvojových zemí.

V globalizovaném světě není studium environmentální zátěže produktů v celém jejich výrobním řetězci jednoduché. Proto je toto téma součástí vědecké práce mnoha pracovišť na celém světě (O'Rourke 2014). Koncem dvacátého století byl definován koncept tzv. „*footprint*“ indikátorů, které pro sledovaný aspekt vlivu člověka na životní prostředí zohledňují celý výrobní řetězec spotřebovaných produktů. Aspektem vlivu člověka na životní prostředí je pak obvykle nějaká snadno kvantifikovatelná a představitelná veličina. Příkladem je uhlíková stopa, která kvantifikuje emise skleníkových plynů v definované metrice (obvykle ekvivalentní hmotnost oxidu uhličitého) ze všech procesů, které se podílejí na existenci daného produktu. Uhlíková stopa státu pak kvantifikuje emise skleníkových plynů z výrobních procesů nutných na výrobu všech produktů domácí konečné spotřeby daného státu, tedy zejména spotřeby domácností a vlády<sup>1</sup>, a vlastní přímé emise domácí konečné spotřeby (zejména ze spalování fosilních paliv domácnostmi).

## 2 Metody

Při studiu globálních přesunů environmentální zátěže produktů z celého jejich výrobního řetězce se uplatňují zejména tyto dvě metody: (a) procesní analýza a (b) multiregionální input-output analýza s environmentálním rozšířením.

### 2.1 Procesní analýza

Procesní analýza je založena na studiu výrobních řetězců po jednotlivých procesech. V průběhu analýzy se zjišťuje, jakým způsobem a z jakých polotovarů byl produkt vyroben. Dále jsou

---

<sup>1</sup> Za konečnou domácí spotřebu se obvykle považuje spotřeba domácností, vládních institucí, nevládních institucí, tvorba hrubého fixního kapitálu a změna stavu zásob, tedy domácí spotřeba, která v daném roce nevstupuje dále do výroby jiných produktů.

studovány tyto vstupní polotovary a tak dále až k primárním surovinám. Procesní analýza tvoří základ procesního přístupu k inventarizaci životního cyklu produktu v metodě posuzování životního cyklu (*LCA, z anglického life cycle assessment*).

Tento přístup umožňuje aplikaci velmi podrobných dat z výroby produktů až na úroveň konkrétních výrobních procesů v konkrétních výrobních závodech. Zároveň je velice náročný na data a čas zpracování. Proto je jeho aplikace na studium globálního mezinárodního obchodu spojena s jistými omezeními: (a) výběr pouze nejvýznamnějších produktů, (b) výběr pouze nejvýznamnějších výrobních kroků, (c) předpoklad výrobní technologie pro skupiny produktů na základě studia vybraných reprezentantů těchto skupin.

Pro globální analýzy je tento přístup aplikován na mezinárodní obchod a environmentální stopa státu (EF) je vypočtena jako residuum:

$$EF = EF_{\text{DOM}} + EF_{\text{IMP}} - EF_{\text{EXP}} \quad (1)$$

kde  $EF_{\text{DOM}}$  je celková environmentální zátěž na domácím území,  $EF_{\text{IMP}}$  je environmentální zátěž spojená s dovezenými a  $EF_{\text{EXP}}$  s vyvezenými produkty.

Pro usnadnění procesní analýzy je možné využít specializovaných databází inventarizace životního cyklu produktu. Nejrozsáhlejší takovou databází je databáze Ecoinvent stejnojmenného švýcarského centra, která obsahuje přes 4 000 procesů.

## 2.2 Multiregionální input-output analýza

Multiregionální input-output analýza s environmentálním rozšířením je založena na sledování toků produktů mezi ekonomickými odvětvími a konečnou spotřebou a sledování environmentální zátěže jednotlivých ekonomických odvětví a konečných spotřebitelů. Vazby ekonomických odvětví skrze spotřebu a výrobu produktů dovolují pomocí tzv. Leontiefovy inverzní matice identifikovat aktivity všech odvětví podílejících



se na výrobě daného produktu, včetně zahrnutí všech vazeb v ekonomickém systému, tedy i nekonečné výrobní řetězce, kdy k výrobě produktu A je použit produkt B, na jehož výrobu je nutný produkt A. Zároveň je tato metoda schopna pojmut nekonečné rozměňování a větvení produkčních řetězců.

Nevýhodou této metody je agregace produktů a výrobních aktivit do skupin, respektive odvětví. Všechny produkty vyskytující se v ekonomickém systému jsou rozděleny do 20 – 500 skupin (podle praxe jednotlivých států). Jednotlivé produktové skupiny a ekonomická odvětví jsou uvažovány jako homogenní a jejich vlastnosti jsou dané průměrem všech produktů a výrobních procesů, které obsahují. Proto jsou výsledky těchto metod spojeny s agregací chybou.

Výpočetní základ tvoří následující maticová rovnice:

$$e = F (I - A)^{-1} y, \quad (2)$$

kde  $e$  je vektor celkové environmentální zátěže z celého výrobního řetězce produktu,  $F$  je matice environmentální zátěže jednotlivých ekonomických aktivit vyjádřených na jednotku jejich výstupu,  $I$  je jednotková matice,  $A$  je matice technologických koeficientů, tedy vstupy jednotlivých ekonomických aktivit na jednotku jejich výstupu,  $-1$  značí inverzi matice a  $y$  je vektor produktů, jejichž environmentální zátěž chceme vypočítat.

V multiregionální input-output analýze jsou kromě ekonomických aktivit rozlišeny také státy, případně regiony, kde k těmto aktivitám dochází. Schematicky je pak základní rovnice pro výpočet celkové aktivity ekonomických sektorů přepsaná následovně:

$$\begin{bmatrix} x^{11} & x^{12} & \dots & x^{1m} \\ x^{21} & x^{22} & \dots & x^{2m} \\ \vdots & & \ddots & \\ x^{m1} & x^{m2} & \dots & x^{mm} \end{bmatrix} = \left[ I - \begin{bmatrix} A^{11} & A^{12} & \dots & A^{1m} \\ A^{21} & A^{22} & \dots & A^{2m} \\ \vdots & & \ddots & \\ A^{m1} & A^{m2} & \dots & A^{mm} \end{bmatrix} \right]^{-1} \begin{bmatrix} y^{11} & y^{12} & \dots & y^{1m} \\ y^{21} & y^{22} & \dots & y^{2m} \\ \vdots & & \ddots & \\ y^{m1} & y^{m2} & \dots & y^{mm} \end{bmatrix} \quad (3)$$

kde  $x^{rs}$  je vektor celkové aktivity ekonomických sektorů v regionu  $r$  vyvolané konečnou spotřebou regionu  $s$ ,  $I$  je jednotková matice o stejné hodnotě jako složená matice  $A$ ,  $A^{rr}$  je matice technologických koeficientů regionu  $r$  z užití domácích produktů,  $A^{rs}$  ( $r \neq s$ ) je matice technologických koeficientů regionu  $s$  z užití produktů dovezených z regionu  $r$ ,  $y^{rs}$  je vektor konečné spotřeby regionu  $s$  produktů pocházejících z regionu  $r$ .<sup>2</sup>

Matici  $A^{rs}$  je možné vyjádřit následujícím vztahem:

$$A^{rs} = Z^{rs} \cdot \text{diag}(x^s)^{-1} \quad (4)$$

Kde  $Z^{rs}$  je spotřeba produktů pocházejících z regionu  $r$  v regionu  $s$ ,  $x^s$  je vektor celkové aktivity ekonomických sektorů v regionu  $s$

$$(x^s = \sum_{r=1}^m (Z^{sr} \cdot \underline{1} + y^{sr})), \text{diag}$$
 značí diagonalizaci vektoru a  $-1$

inverzi matice,  $\underline{1}$  je sloupcový vektor jedniček.

Environmentální rozšíření pak váže aktivitu jednotlivých ekonomických sektorů na jejich vliv na životní prostředí pomocí matice popsané výše a označené písmenem  $F$ , která může mít libovolné množství řádků omezené pouze výpočetním výkonem. Může tedy obsahovat více kategorií vlivu na životní prostředí a to pro každý region zvlášť. Její sestavení závisí na konkrétních požadavcích dané analýzy. Použitím matice složené z jednotlivých vektorů  $y^{rs}$  v rovnici (2) je výsledkem matice, jejíž každý sloupec odpovídá příslušnému sloupci matice  $y^{rs}$  a každý řádek příslušnému řádku matice  $F$ .

Použitím multiregionální input-output analýzy lze tedy snadno identifikovat státy (případně regiony), kde ke vlivu na životní prostředí dochází. Dále je možné využít podrobnější analýzu výsledků. Například výsledkem analýzy příspěvků (*contributonal analysis*) při diagonalizaci vektoru produktů

---

<sup>2</sup> V uvedeném popisu je z důvodu jeho jazykového zjednodušení zanedbán rozdíl mezi ekonomickými sektory a produktovými skupinami. Předpokládá se, že východiskem je symetrický systém produkt na produkt nebo sektor na sektor.

konečné spotřeby je matice, kde každému produktu konečné spotřeby odpovídá jeden sloupec. Lze tak tedy snadno určit nejvýznamnější produkty konečné spotřeby z hlediska vlivu na daný aspekt životního prostředí. Diagonalizací výsledku součinu  $(I - A)^{-1}y$  rovnice (2) lze určit nejvýznamnější ekonomické sektory pro daný vektor konečné spotřeby. Složitější je aplikace metody analýzy struktury cest (*structural path analysis*), pomocí které je možné určit konkrétní uzly ve výrobních řetězcích s nejvyšším vlivem na životní prostředí pomocí rovnice:

$$E_{ijkl} = F_l \cdot A_{lk} \cdot A_{kj} \cdot A_{ji} \cdot y_i \quad (5)$$

kde indexy  $i, j, k, l$  určují zkoumanou výrobní cestu. Z této rovnice vyplývá vysoká výpočetní náročnost této metody, neboť uvedená rovnice zkoumá pouze jednu cestu o délce tří procesů. Při aplikaci této metody jsou však prozkoumány všechny cesty do předem definované délky, například deseti procesů. Zde je vhodné připomenout, že cest o délce  $k$  existuje  $n^k$ , kde  $n$  je počet řádků matice  $A$ . Implementace této metody je tedy poměrně náročnějším úkolem z hlediska algoritmu výpočtu.

Pro usnadnění multiregionální input-output analýzy s environmentálním rozšířením na globální úrovni je možné využít některou z existujících databází input-output dat. Například databáze *Global Trade Analysis Project (GTAP)* (Narayanan and Walmsley 2008) ve verzi 8 rozlišuje 57 ekonomických sektorů ve 114 státech a 20 regionech a pokrývá ekonomiku celého světa. Trochu rozdílný přístup zvolili tvůrci databáze *Exiobase* (Wood et al. 2015), jejíž verze 2 rozlišuje 200 produktů pro 43 států a 5 regionů zbytku světa. Členění produktů je tedy detailnější na úkor členění regionů. Tato databáze je dostupná i ve formě podkladových dat, tedy tabulek dodávek a užití. Obě databáze pak obsahují vybraná environmentální data pro ekonomické sektory. Dalšími databázemi jsou databáze *World Input-Output Database (WIOD)* (Timmer 2012) a *EORA* (Lenzen et al. 2013). Poslední jmenovaná je zajímavá různou klasifikací ekonomických sektorů pro různé státy, neboť zachovává jejich původní klasifikaci podle národních statistických úřadů.

## 2.3 Shrnutí metod

Obě uvedené metody mají své výhody a nevýhody. Liší se nejen formou zápisu, ale i v původu, charakteru a způsobu získávání informací. Silné stránky obou metod propojili pro výpočet vodní stopy a stopy využití území Ewing et al. (2012) a umožnili tak pracovat s hybridní metodou. Další možnosti propojení obou metod ukazují metody hybridní LCA a „*integrated hybrid LCA*“ (Suh 2004). Tyto metody využívají toho, že procesní přístup pro jednotlivé produkty je rovněž možné přepsat ve formě matic. Vhodnými úpravami pak lze oba přístupy propojit. Tato tematika je však nad rámec této přednášky.

## 3 Výsledky studií

Následující část přednášky je věnována přehledu nejvýznamnějších studií zaměřených na kvantifikaci přesunu environmentální zátěže mezinárodním obchodem.

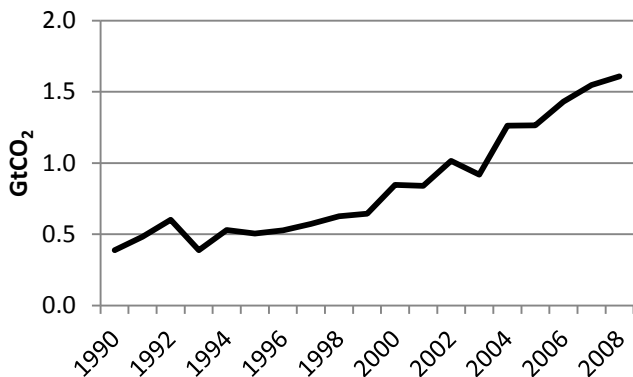
### 3.1 Emise oxidu uhličitého

Peters et al. (2011) se zaměřili na emise oxidu uhličitého v letech 1990 až 2008. Kvantifikovali stopu emisí oxidu uhličitého 113 států a regionů pomocí multi-regionální input-output analýzy s environmentálním rozšířením, založené na datech databáze *GTAP*, a došli k závěru, že vyspělé státy snižují emise skleníkových plynů díky rostoucímu objemu dovezených produktů vyrobených v rozvíjejících se ekonomikách. Přesto se tyto státy prezentují jako státy s klesající zátěží životního prostředí, což vyplývá z běžně používaných indikátorů, které berou v úvahu pouze zátěž životního prostředí na území daného státu. Důležitým výsledkem je poukázání na růst přesunu emisí CO<sub>2</sub> za studované období mezi skupinou států Annexu B<sup>3</sup> Kyotského protokolu a zbytkem světa. Zatímco emise oxidu uhličitého z výroby produktů ve státech Annex B, které slouží k výrobě produktů konečné spotřeby nebo k přímé konečné spotřebě ve státech mimo Annex B, rostly v průměru pouze

---

<sup>3</sup>Annex B Kyotského protokolu obsahuje státy, které se zavázaly ke snižování emisí oxidu uhličitého.

1,8 % ročně, pro opačný směr mezinárodního obchodu to bylo ve sledovaném období 7 % ročně. Výsledný růst relativní čistého přesunu emisí oxidu uhličitého (absolutní růst je znázorněn v grafu na obr. 1) byl pak podle autorů vyšší než růst mezinárodního obchodu a růst globálních emisí CO<sub>2</sub>. Významnou roli přitom hrají jak produkty s energeticky náročnou výrobou, tak i ostatní produkty.



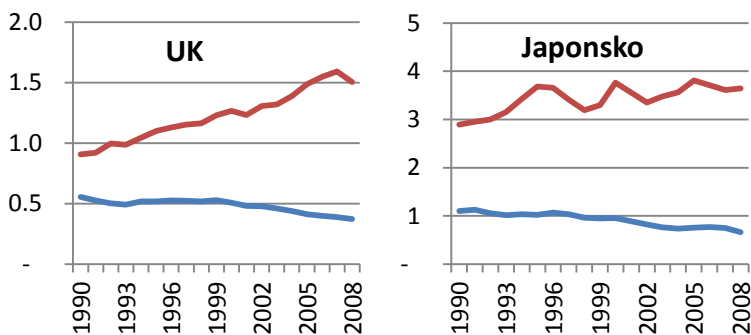
Obr. 1 Vývoj přesunu emisí oxidu uhličitého ze států Annexu B Kyotského protokolu do zbytku světa (Peters et al. 2011).

### 3.2 Materiálová stopa

K podobným výsledkům dospěli také Wiedmann et al. (2015), kteří analyzovali materiálovou stopu států za poslední dvě desetiletí. Materiálová stopa státu představuje veškeré suroviny, které byly spotřebovány na výrobu produktů konečné domácí spotřeby daných států. Materiálová stopa počítá všechny materiály do jednoho čísla bez jakéhokoliv rozdílu, což je například v LCA pokládáno za nesmyslné. Přesto je tento indikátor široce uznávaným mezi politiky, protože udává jedno, zcela jasně představitelné číslo (podobně jako HDP, se kterým je často dáván do poměru). Opomineme-li nejasnou interpretovatelnost tohoto indikátoru ve vztahu k poškozování životního prostředí a soustředíme-li se pouze na to, co tento indikátor skutečně říká, pak ukazuje, že těžba materiálů se rovněž přesouvá do rozvíjejících se ekonomik, podobně jako emise skleníkových

plynů. Spolu s těžbou se samozřejmě přesouvá i zátěž životního prostředí touto těžbou způsobená a v mnoha případech i zátěž způsobená zpracováním vytěžených materiálů.

Na grafech v obr. 2 je pro UK a Japonsko uvedeno srovnání materiálové stopy s indikátorem domácí užití těžby (DE), který je prostým součtem hmotností materiálů vstupujících do ekonomiky jednoho státu těžbou surovin. Nebere tedy v úvahu celkový vstup surovin nutných na výrobu obchodovaných produktů. Z výsledků je vidět, že použití indikátoru DE dává mylnou informaci o směru vývoje materiálové závislosti pro Japonsko a UK. Dosud se pro posuzování udržitelnosti na národní úrovni hojně využíval indikátor DMC (domácí materiálová spotřeba, součet domácí užití těžby a dovozů s odečtením vývozu), který má pro tyto státy velmi podobný průběh (případně se používaly podobné indikátory, které rovněž neberou v úvahu suroviny na výrobu obchodovaných produktů). Z grafů je patrné, že takové indikátory jsou k tomuto účelu nevhodné, neboť udržitelnost má globální rozměr a indikátory sloužící k jejímu posuzování by ho tedy měly respektovat.

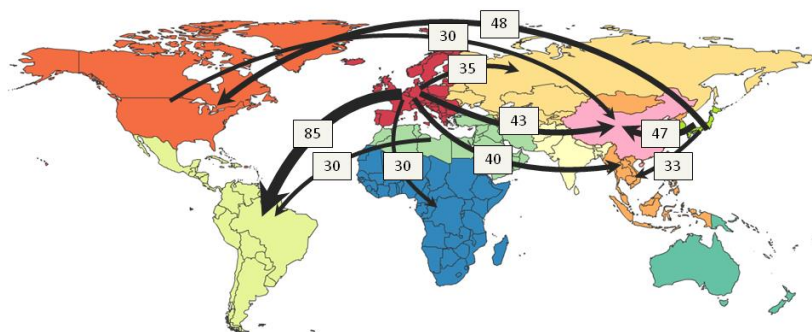


Obr. 2 Porovnání materiálové stopy (červeně) UK a Japonska s indikátorem domácí užití těžby (DE, modře), jednotka: tuny na osobu (Wiedmann et al. 2015).

### 3.3 Stopa využití území

Stopa využití území jednotlivých států byla analyzována skupinou Weinzettel et al. (2013) pro rok 2004. Také tento

výzkum ukazuje, že bohaté státy využívají území států chudých pro naplnění své spotřeby a poškozují tak díky mezinárodnímu obchodu ekosystémy za svými hranicemi. Území nutné k výrobě dovezených produktů je přímo úměrné hrubému domácímu produktu (HDP) v paritě kupní síly, při přepočtu všech hodnot na jednoho obyvatele. Čistý přesun využití území bohatých států do chudých představuje 6 % celkových nároků na území lidské populace a to i přesto, že bohaté státy disponují v průměru téměř dvojnásobným produktivním územím na osobu než státy chudé.



**Obr. 3 Přesun využití území mezinárodním obchodem (jednotka 10<sup>6</sup> globálních hektarů), (Weinzettel et al. 2013).**

Na obr. 3 jsou uvedeny nejvýznamnější čisté přesuny využití území mezinárodním obchodem mezi světovými regiony. Významnou roli hraje Evropská Unie a Japonsko na straně spotřeby a Brazílie a Čína na straně zdrojů.

Čína je z hlediska využití území velmi diskutovanou zemí, neboť procesní analýza a input-output analýza dávají pro tuto zemi různé výsledky, jak zdůraznili Kastner et al. (2014b). Kastner et al. (2014a) využili procesní analýzy ke studiu přesunu využití území v letech 1986–2009. Jejich výsledky se významně liší od předchozí studie (Weinzettel et al. 2013) zejména právě v případě Číny. Procesní analýzu využívá rovněž *Global Footprint Network (GFN)* pro výpočet ekologické stopy států. Otázkou pak zůstává, která z aplikovaných metod dává přesnější výsledky.

Důležitým výsledkem skupiny Kastner et al. (2014a) je rovněž poukázání na rostoucí trend přesunu využití území mezinárodním obchodem. Využití území pro domácí spotřebu rostlo ve studovaném období průměrně 0,3 % ročně, zatímco využití území související s vývozem rostlo v průměru 2,1 % ročně, což vedlo k tomu, že v roce 2009 souviselo s vývozem přibližně 20 % celkového využitého území (Kastner et al. 2014a).

### **3.4 Mezinárodní obchod a biodiverzita**

Tým Manfreda Lenzena se ve svém výzkumu zaměřil přímo na ohrožení světové biodiverzity (Lenzen et al. 2012). Propojili 25 000 ohrožených druhů z Červeného seznamu ohrožených druhů *IUCN (International Union for Conservation of Nature)* s více než 15 000 produkty vyrobenými ve 187 zemích a posoudili více než 5 milionů výrobních cest z hlediska jejich vlivu na biodiverzitu. Zjistili, že 30 % ohrožených druhů souvisí s mezinárodním obchodem. Produkce komodit určených pro export negativně ovlivňuje lokální ekosystémy a přispívá k ohrožení mnoha druhů. Tento výzkum rovněž ukazuje, že rozvinuté státy způsobují ohrožení biodiverzity v rozvíjejících se státech a ohrožují tak biodiverzitu na celém světě. Důležitou roli přitom hrají plodiny jako káva, čaj, kakao, a další produkty, například cukr, textilie, hovězí maso, surová guma, palmový olej, a další. Tyto produkty ohrožují i více než sto druhů na území jednoho státu (například v Indonésii, Madagaskaru, aj.). Jejich výsledky zvyrazňují nutnost posuzovat ztrátu biodiverzity jako komplexní problém, při jehož zkoumání je nutné brát v úvahu globální obchodní řetězce.

## **4 Shrnutí**

Mezinárodní obchod dovolil vyspělým zemím využívat zdroje a poškozovat životní prostředí naprosto nekontrolovaným tempem daleko za jejich hranicemi, mimo vnímání spotřebitelů a daleko od vlivu jejich zákonů. Zásadní roli zde hraje spotřebitel, který je zodpovědný nejen za výrobek, který koupí, ale za celý jeho životní cyklus, tedy i za dopady na životní prostředí celého



výrobního řetězce. Zodpovědnost spotřebitele převzaly právě „*footprint*“ indikátory, jejichž cílem je alespoň poukázat na zátěž životního prostředí, kterou spotřeba má a to bez ohledu na státní hranice. Prosazení těchto indikátorů do politických cílů a jejich použití k ovlivnění výběru spotřebitele je však komplikováno tím, že se nejedná o přímé měření nebo statistické zjišťování. Kvantifikace *footprint* indikátorů je spojená s výběrem vlastních hodnot (například alokace sklizené plochy mezi bavlnu a bavlníkové semeno) a s neurčitostí spojenou s aplikací dané metody.

Přes všechny nedostatky aplikovaných metod je však zřejmé, že k přesunu environmentální zátěže mezinárodním obchodem dochází a to v narůstající míře, která dosahuje úrovně, kdy indikátory zaměřené ryze na domácí teritorium dávají v některých případech mylnou informaci o směru vývoje zátěže životního prostředí spojené s daným státem.

## 5 Literatura

- Crutzen, P. J. 2002. Geology of mankind. *Nature* 415(6867): 23-23.
- Ewing, B. R., T. R. Hawkins, T. O. Wiedmann, A. Galli, A. Ertug Ercin, J. Weinzettel, and K. Steen-Olsen. 2012. Integrating ecological and water footprint accounting in a multi-regional input-output framework. *Ecological Indicators* 23: 1-8.
- Kastner, T., K. H. Erb, and H. Haberl. 2014a. Rapid growth in agricultural trade: Effects on global area efficiency and the role of management. *Environmental Research Letters* 9(3).
- Kastner, T., A. Schaffartzik, N. Eisenmenger, K. H. Erb, H. Haberl, and F. Krausmann. 2014b. Cropland area embodied in international trade: Contradictory results from different approaches. *Ecological Economics* 104: 140-144.
- Lenzen, M., D. Moran, K. Kanemoto, and A. Geschke. 2013. Building Eora: a Global Multi-Regional Input-Output Database at High Country and Sector Resolution. *Economic Systems Research* 25(1): 20-49.
- Lenzen, M., D. Moran, K. Kanemoto, B. Foran, L. Lobefaro, and A. Geschke. 2012. International trade drives biodiversity threats in developing nations. *Nature* 486(7401): 109-112.
- Narayanan, G. B. and T. L. Walmsley, eds. 2008. *Global Trade, Assistance, and Production: The GTAP 7 Data Base*. West Lafayette: Center for Global Trade Analysis, Purdue University.
- O'Rourke, D. 2014. The science of sustainable supply chains. *Science* 344(6188): 1124-1127.
- Peters, G. P., J. C. Minx, C. L. Weber, and O. Edenhofer. 2011. Growth in emission transfers via international trade from 1990 to 2008. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 108(21): 8903-8908.
- Suh, S. 2004. Functions, commodities and environmental impacts in an ecological-economic model. *Ecological Economics* 48(4): 451-467.

- Timmer, M., P. 2012. *The World Input-Output Database (WIOD): Contents, Sources and Methods, WIOD Working Paper Number 10.*
- Tukker, A. and B. Jansen. 2006. Environment impacts of products - A detailed review of studies. *JOURNAL OF INDUSTRIAL ECOLOGY*10(3): 159-182.
- Weinzettel, J., E. G. Hertwich, G. P. Peters, K. Steen-Olsen, and A. Galli. 2013. Affluence drives the global displacement of land use. *Global Environmental Change* 23(2): 433-438.
- Wiedmann, T. O., H. Schandl, M. Lenzen, D. Moran, S. Suh, J. West, and K. Kanemoto. 2015. The material footprint of nations. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 112(20): 6271-6276.
- Wood, R., K. Stadler, T. Bulavskaya, S. Lutter, S. Giljum, A. de Koning, J. Kuenen, H. Schütz, J. Acosta-Fernández, A. Usubiaga, M. Simas, O. Ivanova, J. Weinzettel, J. H. Schmidt, S. Merciai, and A. Tukker. 2015. Global sustainability accounting-developing EXIOBASE for multi-regional footprint analysis. *Sustainability (Switzerland)* 7(1): 138-163.

## 6 Jan Weinzettel

Tituly Ing., Ph.D.  
Datum narození 28. září 1979  
E-mail weinzettel@seznam.cz  
ResearcherID A-3422-2010



### PRACOVNÍ ZKUŠENOSTI

**2013 – Odborný asistent**, ČVUT v Praze, FEL, Katedra elektrotechnologie.

Výuka v oblasti průmyslové ekologie, zejména LCA. Spolupráce na projektu „TE01020075 - Centrum kompetence – Strojírenská výrobní technika“, konkrétně sestavení environmentálního profilu slévárny Kovošvit MAS.

**2012 – Vědecký pracovník**, UK v Praze, Centrum pro otázky životního prostředí.

Výzkum v oblasti environmentální udržitelnosti a environmentálních stop. Rozvoj metod v oblasti input-output analýzy s environmentálním rozšířením (jednoregionální, multiregionální a hybridní rámec). Řešitel projektů:

- Globální přivlastnění primární produkce z pohledu odpovědnosti spotřebitele (GAČR 14-05292S) s celkovým rozpočtem 3,5 mil. Kč.
- Through Understanding of Socioeconomic Metabolism towards Sustainability (FP7-PEOPLE 2013-CIG 618520) s celkovým rozpočtem 75 tis. EUR.

**2010–2012 Researcher**, NTNU, Industrial Ecology Programme. Trondheim, Norsko.

Vedoucí druhé a třetí části projektu OPEN:EU (řízení pracovníků z různých států a institucí), rozpočet přibližně 20 % z celkových 1,5 milionu EUR, [www.oneplaneteconomynetwork.org](http://www.oneplaneteconomynetwork.org).

Zodpovědný za tvorbu environmentálního rozšíření pro multiregionální input-output model pro výpočet národní

ekologické, vodní a uhlíkové stopy. Výpočet těchto stop a jejich analýza s využitím programu Matlab. Účast na třech dalších projektech FP7 (Exiopol, Prosuite, CREEA).

**2007–2010** **Výzkumný pracovník**, UK v Praze, Centrum pro otázky životního prostředí.

Vývoj a aplikace metody pro výpočet materiálových nároků státu pomocí hybridní metody posuzování životního cyklu a input-output analýzy. Analýza výsledků a jejich časových změn.

## **VZDĚLÁNÍ**

**2004–2008** **Ph.D.** (obor Elektrotechnologie a materiály), ČVUT v Praze, FEL, Katedra elektrotechnologie.

Disertační práce: Posuzování životního cyklu (LCA) a analýza vstupů a výstupů (IOA): vzájemné propojení při získávání nedostupných dat.

**2007–2008** Postgraduate School of Industrial Ecology

**1998–2004** **Ing.** (obor Technologické systémy), ČVUT v Praze, FEL, Katedra elektrotechnologie.

Diplomová práce: Management jakosti výrobního podniku

## **VÝUKA**

Přednášky k LCA na FEL ČVUT a FHS UK, přednášky k IOA na IES FSV UK.

Cvičení k LCA a průmyslové ekologii na FEL ČVUT.

## **STÁŽE**

**2006–2007** 2 krátké stáže (cca dva týdny každá) na NTNU v Trondheimu (Norsko), Programme for Industrial Ecology.

**2002–2003** 2 semestry na AAU v Alborgu (Dánsko), Department of Electrical Energy Conversion.

## H-INDEX

10 (WOS, včetně autocitací), 11 (Scopus, bez autocitací všech autorů), 10 (VVVS, podle impaktových časopisů)

## NEJVÝZNAMNĚJŠÍ PUBLIKACE

**Weinzettel J.**, Steen-Olsen K., Hertwich E.G., Borucke M., Galli A., **2014.**: Ecological footprint of nations: Comparison of process analysis, and standard and hybrid multiregional input-output analysis. *Ecological Economics* 101:115–126.

**Weinzettel, J.**, Hertwich, E.G., Peters, G.P., Steen-Olsen, K., Galli, A., **2013.** Affluence drives the global displacement of land use. *Global Environmental Change* 23(2): 433–438.

Schoer, K., Wood, R., Arto, I., **Weinzettel, J.**, **2013.** Estimating raw material equivalents on a macro-level: Comparison of multi-regional input-output analysis and hybrid LCI-IO. *Environmental Science & Technology* 47(24): 14282–14289.

Galli A., **Weinzettel J.**, Cranston G., Ercin E., **2013.** A Footprint Family extended MRIO model to support Europe's transition to a One Planet Economy. *Science of The Total Environment* 461: 813–818.

Schoer, K., **Weinzettel, J.**, Kovanda, J., Giegrich, J., Lauwigi, C., **2012.** Rawmaterial consumption of the European union – concept, calculation method, and results. *Environmental Science & Technology* 46(16): 8903–8909.

Steen-Olsen, K., **Weinzettel, J.**, Cranston, G., Ercin, A. E., Hertwich, E.G., **2012.** Carbon, Land, and Water Footprint Accounts for the European Union: Consumption, Production, and Displacements through International Trade. *Environmental Science & Technology* 46(20): 10883–1089.

**Weinzettel, J.**, **2012.** Understanding Who is Responsible for Pollution: What Only the Market can Tell Us – Comment on 'An Ecological Economic Critique of the Use of Market Information in

Life Cycle Assessment Research'. *Journal of Industrial Ecology* 16(3): 455–456.

**Weinzettel, J., Havránek, M., Ščasný, M., 2012.** A consumption-based indicator of the external costs of electricity. *Ecological Indicators* 17: 68–76.

**Weinzettel, J., Kovanda, J., 2011.** Structural decomposition analysis of raw material consumption: the case of the Czech Republic. *Journal of Industrial Ecology* 15(6): 893–907.

**Weinzettel, J., Reenaas, M., Solli, C., Hertwich, E., G. 2009.** Life Cycle Assessment of a Floating Off-Shore Wind Turbine. *Renewable Energy* 34(3): 742–747.

**Weinzettel, J., Kovanda, J., 2009.** Assessing Socioeconomic Metabolism Through Hybrid Life Cycle Assessment The Case of the Czech Republic. *Journal of Industrial Ecology* 13(4): 607–621.