

INDIKÁTORY MATERIÁLOVÝCH TOKŮ: KONCEPČNÍ RÁMEC, VÝZNAM A ZHODNOCENÍ VÝVOJE V ČR

1. Socioekonomický metabolismus

Aby mohl ekonomický systém fungovat, to znamená produkovat služby a zboží k uspokojování lidských potřeb, chová se podobně jako živý organismus: absorbuje látky z okolního prostředí, které jsou do jisté míry využity, ale nakonec jsou všechny materiály přeměněny na odpady a jsou uvolněny nazpátek do životního prostředí. Na straně vstupů ekonomický systém absorbuje zejména fosilní paliva a další nerostné suroviny, biomasu a vodu, na straně výstupů jsou uvolňovány emise do vody, do vzduchu a tuhé odpady. Tento tok materiálů, který dosud má převážně jednosměrný charakter (celosvětově je recyklováno celkem jen 10-15 % odpadů) (Brown, 2001), bývá nazýván průmyslovým nebo širěji socio-ekonomickým metabolismem (Baccini a Brunner, 1991; Fischer-Kowalski a Haberl, 1993; Ayres a Simonis, 1994).

Teorie socio-ekonomického metabolismu považuje socioekonomický systém za subsystém životního prostředí, který je se svým okolím propojen toky energie a materiálů. Tyto toky představují zátěž, kterou lidská společnost vyvíjí na životní prostředí a lze je proto spolu s využitím území a dalšími biologickými a sociálními faktory považovat za klíčovou příčinu environmentálních problémů. Dojde-li k poklesu objemu těchto toků, je možné předpokládat, že dochází i ke snižování zátěže životního prostředí (Schmidt-Bleek, 1993; Weizsäcker et al., 1996; Bringezu et al., 2003).

Zátěž životnímu prostředí působí již samotná těžba nerostných surovin. Při těžbě ropy v mořích dochází k únikům při vlastní těžbě i transportu. Při podzemní a povrchové těžbě nerostných surovin dochází k mnohostranným negativním vlivům na životní prostředí (Neužil, 2001). Patří sem plynné emise (hlavně CO, CO₂, SO₂, SO₃, CH₄, NO, NO₂), prašný aerosol, narušení vodního režimu a kontaminace vod, zábor a devastace půdního fondu a znečištění půdy, přímé narušení biotopů, hluk, vibrace, změna krajinného rázu. Další zátěž vzniká při úpravě nerostných surovin – třídění, drcení, promývání, sušení atd.

Mnohem větší zátěž životního prostředí, než s těžbou, je spojena se spotřebou a využitím nerostných surovin. To je dáno i tím, že zatímco počet surovin vstupujících do ekonomického systému je limitovaný, do životního prostředí je v důsledku využívání surovin vypouštěno stále se zvětšující množství různých látek (Spangenberg et al., 1999). Tyto látky navíc vstupují do životního prostředí velkým počtem nejrůznějších cest: za vstup je možné považovat každou skládku, každý komín či výfuk automobilu. Spotřeba a využití surovin přispívají například ke globální změně klimatu, úbytku stratosférického ozonu, eutrofizaci, acidifikaci, radioaktivnímu znečištění atd (Giljum et al., 2005).

Životní prostředí je schopné zátěž spojenou se spotřebou materiálů, která je na něj lidskou společností vyvíjena, do jisté míry neutralizovat. Je-li například míra využití obnovitelných zdrojů nižší, než je jejich roční přírůstek, nebo dochází-li k uvolňování jenom takového množství odpadů, které je životní prostředí schopné absorbovat a rozložit, aniž by docházelo k jejich hromadění, nemělo by docházet k vážnějšímu narušení jeho složek (Bringezu, 2006). Tato míra je však často překračována (World Resource Institute, 2005) a navíc je zde problém s neobnovitelnými zdroji, u kterých je udržitelná míra využívání těžko stanovitelná, zejména z hlediska jejich zachování pro budoucí generace.

Až dosud bylo uspokojování lidských potřeb úzce spjato se zátěží vyvíjenou na životní prostředí. Rostla-li životní úroveň obyvatel, docházelo zpravidla také k růstu této zátěže, i když v případě rozvinutých průmyslových států byl často tento tlak přesouván do zahraničí (dovoz surovin či přesun „špinavých“ výrobních provozů do rozvojových zemí), a tak došlo k vyčištění jejich domácího životního prostředí (Schütz et al., 2004). V globálním měřítku však v průběhu 20. století lidská společnost zaznamenala bezprecedentní nárůst ročních materiálových a energetických vstupů i výstupů (Adriaanse et al., 1997). S tím rostlo i celkové zatížení životního prostředí. Jedním z cílů zejména vyspělých států se proto v rámci dosažení udržitelnosti rozvoje stalo zlomení vzájemné závislosti mezi zátěží životního prostředí a hospodářským růstem, který v tomto případě zastupuje zvyšující se míru uspokojování lidských potřeb a růst životní úrovně. Pro toto oddělení křivek hospodářské výkonnosti a tlaku vyvíjeného na životní prostředí se vžilo označení „decoupling“, které je zkrácenou verzí anglického výrazu „decoupling of environmental pressure from economic performance“ (OECD, 2002).

2. Analýza materiálových toků na makroekonomické úrovni, význam a využití indikátorů materiálových toků

Analýza materiálových toků představuje jeden z nástrojů jak kvantifikovat socio-ekonomický metabolismus a hodnotit zátěž životního prostředí, která je s ním spojena. V současné době se největší pozornost zaměřuje zejména na analýzu materiálových toků na národní nebo také makroekonomické úrovni (economy-wide material flow analysis – EW-MFA). Ta byla vyvinuta v průběhu devadesátých let ve spolupráci řady výzkumných ústavů a organizací, mimo jiné Ústavu pro světové zdroje, Wuppertálského institutu pro klima, životní prostředí a energii, katedry pro sociální a kulturní ekologii při fakultě pro mezinárodní studia univerzity v Klagenfurtu nebo Japonské environmentální agentury. V roce 2001 byl tento přístup standardizován v metodologické příručce Eurostatu (Eurostat, 2001).

ČSÚ se zaměřil na sestavování vstupních indikátorů materiálových toků a indikátorů spotřeby, které jsou z metodologického hlediska nejlépe rozpracovány a jsou pro ně dostupná data. Metodika výpočtu těchto indikátorů je uvedena v metodické kapitole. Níže jsou shrnuty základní možnosti jejich využití (OECD, 2008):

Posouzení celkové fyzické velikosti ekonomiky a celkové zátěže životního prostředí spojené se spotřebou materiálů

Pro studium celkové fyzické velikosti ekonomiky je vhodné využívat indikátory v absolutních hodnotách. Tyto indikátory jsou považovány za proxy pro environmentální zátěž spojenou se spotřebou materiálů a využíváním energie.

Rovnost ve sdílení přírodních zdrojů

Vztáhneme-li indikátory materiálových toků k počtu obyvatel, můžeme provést mezinárodní srovnání spotřeby materiálů a vypouštěných emisí z hlediska rovnosti ve sdílení přírodních zdrojů. Na obecné rovině by podle principů udržitelného rozvoje měli lidé mít rovná práva spotřebovávat přírodní zdroje a využívat životní prostředí k asimilaci a rozkladu odpadních látek (Moldan (ed.), 1993).

Intenzita využití území

Spotřebu materiálů je možné vztáhnout k území, které je potřeba na jejich produkci. Tuto problematiku, která je rozpracována zejména pro obnovitelné zdroje, řeší například koncepty ekologické stopy (Wackernagel et al., 1996) nebo přivlastňování si primární produkce ekosystémů (Vitousek et al., 1986). Zatímco v případě měst vždy platí, že území potřebné pro produkci spotřebovaných materiálů je větší, než rozloha města (to je dáno vysokou hustotou obyvatelstva ve městech a nízkým podílem produktivní plochy), v případě regionů a států může být situace opačná.

Efektivita využívání zdrojů a oddělení křivek zátěže životního prostředí a ekonomické výkonnosti

Vztáhneme-li vstupní indikátory materiálových toků a indikátory spotřeby k agregátům národních účtů jako je hrubý domácí produkt (HDP), měříme efektivitu ekonomického systému transformovat materiály na ekonomický výstup. Tyto indikátory vypovídají o materiálové produktivitě (poměr HDP a daného indikátoru), respektive materiálové náročnosti (poměr daného indikátoru ku HDP). Materiálová produktivita a materiálová náročnost jsou vzájemně kompatibilní s inverzním časovým vývojem.

Hodnocení materiálové či energetické produktivity a náročnosti je komplementární k analýze oddělení křivek zátěže životního prostředí a ekonomické výkonnosti (viz. předchozí text).

Přesun zátěže životního prostředí mezi státy a regiony

Řada průmyslových států snížila domácí těžbu surovin a produkci některých výrobků a namísto toho je dováží ze zahraničí. Dochází tak k přesunu zátěže životního prostředí spojené s těžbou a výrobou těchto komodit, a to zpravidla na úkor rozvojových zemí (Schütz et al., 2004). Abychom mohli posoudit tyto přesuny, je nutné sledovat dovozy, vývozy a související toky materiálů.

Materiálová závislost na zahraničí, zabezpečení dodávek

Indikátory materiálových toků mohou být dále využity pro sledování materiálové závislosti na zahraničí. Ekonomický systém obvykle spotřebovává materiály částečně původem z území daného státu a částečně původem z jiných zemí. Čím vyšší je podíl dovozů na spotřebě materiálů, tím větší problém může způsobit dočasný či trvalý nedostatek určitých komodit na zahraničních trzích, nárůst jejich cen či další překážky bránící volnému obchodu.

Potenciál pro budoucí odpadní toky

Všechny vstupní materiálové toky, které se akumulují ve formě fyzických zásob, se dříve či později přemění na toky odpadní. Při znalosti objemu fyzických zásob v jednotlivých městech, regionech a státech a při znalosti jejich životnosti je možné modelovat budoucí odpadní toky. To je využitelné pro plánování kapacit pro využívání a odstraňování odpadů v rámci plánů odpadového hospodářství, a to jak v krátkodobém, tak středně a dlouhodobém horizontu.

Spotřeba neobnovitelných a obnovitelných zdrojů

Na mezinárodní úrovni je obecně přijímáno, že udržitelná spotřeba energie a materiálů by do jisté míry měla být zajištěna prostřednictvím obnovitelných zdrojů. Tento požadavek neodráží pouze možnost vyčerpání neobnovitelných zdrojů, ale i skutečnost, že spotřeba neobnovitelných zdrojů je obvykle spojena s většími dopady na životní prostředí než spotřeba zdrojů obnovitelných (EEA, 2006). Indikátory materiálových toků vyjadřující materiálové vstupy a materiálovou spotřebu mohou být rozčleněny na obnovitelné a neobnovitelné zdroje.

3. Zhodnocení vývoje vybraných indikátorů materiálových toků v ČR v letech 2002-2007

V letech 2002-2007 došlo k nárůstu domácí užití těžby, která stoupla o 13,6 % ze 170,9 mil. tun na 194,2 mil. tun (tabulka A-1). Domácí užitou těžbu má smysl vztáhnout k rozloze ČR - tento poměr vyjadřuje zátěž související s čerpáním přírodních zdrojů vyvíjený na jednotku území státu. V letech 2002-2007 stoupla tato zátěž z 2,2 tis. tun na km² na 2,5 tis. tun na km². Uvedená zátěž zahrnuje zejména strukturní změny v krajině spojené s těžbou neobnovitelných zdrojů (přemísťování skrývek, poddolování) a tlak na snižování biodiverzity a změny ve využívání krajiny u obnovitelných zdrojů (především v případě produkce biomasy ve velkoplošných agroekosystémech).

Z členění domácí užití těžby na skupiny materiálů je zřejmé, že nárůst byl dán vývojem položky stavební nerostné suroviny, které vzrostly z 54,9 mil. tun na 75,2 mil. tun. Tento vzestup souvisel s růstem stavební výroby v ČR, jejíž hrubá přidaná hodnota ve stálých cenách stoupla mezi roky 2002-2007 o 16,3 % (ČSÚ, roční národní účty, internetová aplikace). Fosilní paliva zaznamenala v letech 2002-2007 mírný pokles z 63,8 mil. tun na 62,4 mil. tun, průmyslové nerostné suroviny nárůst ze 17 mil. tun na 19 mil. tun a kovové nerosty nárůst z 91 tis. tun na 118 tis. tun. Objem naposled zmiňované položky je však velmi malý (zahrnuje pouze těžbu uranové rudy, ostatní rudy se v ČR netěží), celkový vývoj domácí užití těžby tedy výrazněji neovlivní.

Ve sledovaném období pokleslo zastoupení obnovitelných zdrojů na domácí užití těžbě z 20,6 % na 19,3 %. Vzhledem k tomu, že spotřeba obnovitelných zdrojů je obvykle spojena s menšími dopady na životní prostředí než spotřeba zdrojů neobnovitelných, je možné tento trend považovat za negativní.

V případě fyzického dovozu i vývozu došlo v letech 2002-2007 k výraznému růstu o 29,4 % respektive 28,5 %. V tomto období fyzický dovoz vzrostl z 49,4 mil. tun na 66,7 mil. tun a fyzický vývoz z 44,4 mil. tun na 60,9 mil. tun (tabulka A-2). K největšímu nárůstu došlo v roce 2004 v důsledku vstupu ČR do Evropské unie a s tím spojeného odbourání bariér v zahraničním obchodu. Fyzický dovoz je možné považovat za první indikaci zátěže životního prostředí, kterou dovážející země přesouvá do zemí vývozu – s produkcí tohoto dovozu je v zemi vývozu spojena zátěž životního prostředí (zátěž z těžby surovin a z produkce výrobků) a hnací silou této zátěže je dovážející země, která tyto suroviny/výrobky poptává. Analogicky fyzické vývozy indikují přesuny zátěže životního prostředí ze zahraničí do ČR. Ve sledovaném období docházelo k přesunům zátěže ve zvyšující se míře, a to jak v případě dovozů tak vývozů.

Na nárůst fyzického dovozu a vývozu měla největší vliv položka produkty, která mezi lety 2002 a 2007 vzrostla u dovozů ze 14,1 mil. tun na 25,3 mil. tun a u vývozů z 22 mil. tun na 33,7 mil. tun. Zvyšující se objem produktů v případě dovozů souvisí s potřebou dodat na náš trh zboží, které samy neprodukujeme v dostatečném množství a jehož spotřeba neustále vzrůstá (přístroje pro výrobní sféru, elektronika, domácí spotřebiče, exotické ovoce pro spotřebu domácností). V případě vývozů je růst produktů možné odůvodnit tím, že ČR jakožto průmyslově vyspělá země má snahu vyvážet komodity s vyšší přidanou hodnotou (tedy zejména produkty) a maximalizovat tak zisk spojený s vývozem. Nárůst dovozů a vývozů zaznamenaly i všechny ostatní položky s výjimkou vývozu fosilních paliv, který mírně poklesl (z 10,5 mil. tun na 10,4 mil. tun).

Indikátor DMI vzrostl mezi roky 2002-2007 o 17,1 % z 220,3 mil. tun na 260,9 mil. tun, indikátor DMC o 14,3 % ze 175,9 mil. tun na 200 mil. tun. V přepočtu na osobu se jednalo o vzestup z 21,6 tun na osobu na 25,3 tun na osobu u DMI a ze 17,2 tun na osobu na 19,4 tun na osobu u DMC (tabulka A-3). Tyto indikátory je možné chápat jako proxy pro celkovou environmentální zátěž spojenou s využíváním materiálů v ČR (zátěž spojenou s těžbou surovin, jejich zpracováním a odpadními toky). Indikátor DMC v tomto případě reprezentuje zátěž, jejíž hnací silou je spotřeba v ČR, zatímco indikátor DMI mimoto zahrnuje také zátěž, jejíž hnací silou je spotřeba v zemích, do kterých vyvážíme. Indikátor DMC bývá také interpretován jako odpadový potenciál, protože všechny spotřebované materiály se dříve nebo později přemění na odpady, s kterými se budeme muset vypořádat. Z toho vyplývá vazba mezi vstupními a výstupními indikátory materiálových toků a skutečnost, že jediný způsob, jak efektivně snižovat odpadní materiálové toky je snižování materiálové spotřeby. Ve sledovaném období DMI i DMC vzrostly, to znamená, že došlo k nárůstu jak environmentální zátěže spojené s využíváním materiálů, tak potenciálu pro odpadní toky v následujících letech.

V případě indikátoru DMI zaznamenaly nárůst všechny jeho položky, v případě indikátoru DMC všechny položky s výjimkou biomasy, která mírně poklesla z 33,9 mil. tun na 33,5 mil. tun. Z hlediska struktury obou indikátorů docházelo k poklesu zastoupení fosilních paliv a biomasy a k nárůstu zastoupení kovových nerostů, nekovových nerostů a produktů (tabulky A-4 a A-5).

Materiálová náročnost vyjádřená jako DMI ku HDP klesla v letech 2002-2007 o 10,6 % z 96,4 kg na 1000 Kč na 86,2 kg na 1000 Kč, materiálová náročnost vyjádřená jako DMC ku HDP klesla o 12,8 % ze 77,0 kg na 1000 Kč na 66,8 kg na 1000 Kč. Materiálová produktivita, jejíž časový průběh je stejný jako u materiálové náročnosti, pouze s inverzním průběhem, stoupla o 11,8 % z 10,4 kg na 1000 Kč na 11,5 kg na 1000 Kč u HDP ku DMI a o 14,6 % z 13 kg na 1000 Kč na 14,9 kg na 1000 Kč u HDP ku DMC (tabulky A-4 a A-5, grafy A-11 a A-12). Z poklesu materiálové náročnosti respektive nárůstu materiálové produktivity je možné usuzovat na zvyšující se efektivitu přeměny vstupních materiálových toků na ekonomický výstup v důsledku zavádění moderních technologií, zvyšující se míru recyklace a také pokles zátěže životního prostředí na jednotku HDP. Dále je možné předpokládat zvyšování konkurenceschopnosti v důsledku snižování výrobních nákladů ze strany nákupu surovin a dalších materiálů potřebných na výrobu.

Indikátory DMI a DMC je možné znázornit v jednom grafu s HDP, kdy je všem indikátorům přiřazena hodnota indexu 100 pro výchozí rok a pro další roky se vynáší procentuální změna tohoto indexu. Tak je vyjádřeno oddělení křivek zátěže životního prostředí (reprezentované DMI a DMC) a ekonomické výkonnosti (reprezentované HDP) (graf A-10), které je zmiňované v předchozí kapitole (tzv. decoupling). V ČR došlo v letech 2002-2007 k poměrně výraznému oddělení křivek, jednalo se však pouze o relativní decoupling – HDP rostlo rychlejším tempem než indikátory materiálových toků. V případě absolutního decouplingu dochází k absolutnímu poklesu DMI a DMC.

Indikátor PTB vykazoval v letech 2002-2007 kolísavý průběh s minimem v roce 2002 (4,9 mil. tun), s maximem v roce 2006 (7,6 mil. tun) a s průměrem 6,3 mil. tun (tabulka A-3). V přepočtu na osobu se jednalo o průměrnou hodnotu 0,6 tun. Indikátor PTB naznačuje, dochází-li v důsledku zahraničního obchodu ve větší míře k přesunům environmentální zátěže z ČR do zahraničí nebo naopak. Z pozitivních hodnot je možné usuzovat na čistý vývoz environmentální zátěže (zátěž, kterou ČR prostřednictvím svých dovozů působila v jiných zemích byla větší než zátěž působená cizími zeměmi v ČR)¹. PTB dále indikuje materiálovou závislost ČR na zahraničí. Při vysokých pozitivních hodnotách může dané zemi působit potíže, je-li na trhu nedostatek určitých komodit nebo dojde-li k prudkému zvýšení jejich cen.

Ze složek PTB dosahuje ČR výrazně pozitivní bilanci u fosilních paliv a kovových nerostů. Tyto komodity je třeba dovážet, protože jejich zdroje v ČR jsou buď nedostatečné nebo je jejich využití nerentabilní. Obě tyto položky vykazaly v letech 2002-2007 nárůst. Pozitivní a rostoucí bilance byla zaznamenána také u nekovových nerostů, zatímco záporných hodnot nabývá bilance u biomasy a produktů. Zatímco u biomasy fyzická bilance zahraničního obchodu v letech 2002-2007 poklesla, u produktů došlo k mírnému nárůstu (tabulka A-6). Jak bylo zmiňováno výše, u produktů je záporná bilance dána snahou vyvážit co nejvíce komodit s vyšší přidanou hodnotou.

¹ Pro přesnější kvantifikaci přesunů zátěže je třeba vyčíslit dovozy, vývozy a PTB ve formě surovin, které byly spotřebovány na jejich výrobu. Tyto suroviny jsou nazývány surovinové ekvivalenty dovozů a vývozu.

Použitá literatura

1. Adriaanse, A., Bringezu, S., Hammond, A., Moriguchi, Y., Rodenburg, E., Rogich, D., Schütz, H. (1997): Resource flows – The material basis of industrial economies. WRI, Washington, D.C.
2. Ayres, R. U., Simonis, L. (1994): Industrial metabolism: Restructuring for sustainable development. UNU Press, Tokyo.
3. Baccini, P., Brunner, P., H. (1991): Metabolism of the anthroposphere. Springer Verlag, Berlin, New York, Tokio.
4. Bringezu, S. (2006): Materializing policies for sustainable use and economy-wide management of resources: Biophysical perspectives, socio-economic options and a dual approach for the European Union. Wuppertal Paper No. 160, Wuppertal Institute, Wuppertal.
5. Bringezu, S., Schütz, H., Moll, S. (2003): Rationale for and interpretation of economy-wide material flow analysis and derived indicators. Journal of Industrial Ecology 2 (7): 43-64.
6. Brown, L. R. et al. (2001): State of the world 2001. Worldwatch Institute, Washington, D.C.
7. Czech Statistical Office, yearly national accounts, internet application: <http://dw.czso.cz/pls/rocenka/rocenka.indexnu>
8. EEA (2006): Sustainable use and management of natural resources. European Environment Agency, Copenhagen.
9. Eurostat (2001): Economy-wide material flow accounts and derived indicators. A methodological Guide. Eurostat, Luxembourg.
10. Fischer-Kowalski, M., Haberl, H. (1993): Metabolism and colonization. Modes of production and the physical exchange between societies and nature. Innovation: The European Journal of Social Sciences 6 (4): 415-442.
11. Giljum, S., Hak, T., Hinterberger, F. and Kovanda, J. (2005): Environmental governance in the European Union: strategies and instruments for absolute decoupling. Int. J. Sustainable Development 8 (1/2): 31-46.
12. Moldan, B. (ed.) (1993): UN Conference on the environment and development. Documents and commentaries. Management Press, Prague.
13. Neužil, M. (2001): Influence of underground mining on the environment. Reporter of EIA VI, 3, s. 5-9.
14. OECD (2002): Indicators to measure decoupling of environmental pressures from economic growth. OECD, Paris.
15. OECD (2008): The OECD guide: Measuring material flows and resource productivity. OECD, Paris.
16. Schmidt-Bleek, F. (1994): Wieviel Umwelt braucht der Mensch? MIPS – Das Mass für ökologisches Wirtschaften. Birkhäuser Verlag, Berlin, Basel, Boston.
17. Schütz, H., Moll, S., Bringezu, S. (2004): Globalisation and the shifting environmental burden. Material trade flows of the European Union. Wuppertal Papers 134, Wuppertal.
18. Spangenberg, J. H., Femia, A., Hinterberger, F., Schütz, H. (1999): Material flow-based indicators in environmental reporting. European Environment Agency, Copenhagen.
19. Vitousek, P., M., Ehrlich, P., R., Ehrlich, A., H., and Matson, P., A. (1986): Human appropriation of products of photosynthesis. Bioscience 36: 368-373.
20. Wackernagel, M. et. Rees, W. (1996): Our ecological footprint. Reducing human impact on the Earth. Gabriola Island, BC, New Society Publishers.
21. Weizsäcker, E.U., Lovins, A.B., Lovins, L.H. (1996): Factor four. Doubling wealth, halving resource use. New report of the Rome Club. Earthscan, London.
22. World Resource Institute (2005): Millennium ecosystem assessment. Ecosystems and human well-being: Synthesis. Island Press, Washington, D.C.