

Az anyagáramlás-elemzés (statisztikai) módszertani kérdései II.

Szabó Elemér

a Környezetvédelmi
és Vízügyi Minisztérium
főtanácsosa

E-mail: szabo@mail.kvvm.hu

Pomázi István

a Környezetvédelmi
és Vízügyi Minisztérium
szakmai főtanácsadója

E-mail: pomazi@mail.kvvm.hu

A nemzetgazdasági anyagáram-elszámolás (Material Flow Accounts/Accounting – MFA) fő célja összegzett háttérinformáció biztosítása a társadalmi-gazdasági rendszer fizikai szerkezetének összetételéről és változásairól. Az anyagáram-elszámolás hasznos eszköz a gazdaság és a környezet kölcsönhatásának elemzéséhez, továbbá a környezeti és integrált környezeti, a társadalmi és gazdasági mutatók származtatásához. Ezek a mutatók lehetővé teszik a bruttó hazai termékhez (GDP) hasonló összegzett gazdasági mutatókkal való összehasonlítást és így segítenek a politika figyelmét a tisztán pénzügyi elemzéstől a biológiai-fizikai szempontok beépítése felé terelni.

Az összefüggő és átfogó adatszerzésnek köszönhetően az anyagáram-elszámolás közvetlenül kapcsolódhat a létező gazdasági elszámolási rendszerekhez, például a nemzeti számlarendszerhez, és része lehet a kiterjesztett környezeti és gazdasági számláknak, ilyen például az ENSZ környezeti-gazdasági elszámolási rendszere.

A megszokott anyagáram-elszámolási módszernek két fő hiányossága van: a különböző nagyságú anyagáramlások szintetikus (összegzett) mutatók előállítására történő összegzése, valamint az anyagáramlás-mutatók és a környezeti hatások közötti bonyolult és áttételes kapcsolat.

TÁRGYSZÓ:

Nemzeti számlák, ÁKM, GDP.
Környezetstatisztika.

A szerzők tanulmányának I. része az anyagáram-elszámolások módszertani alapjaival, az anyagáramlások osztályozásával és elemzési típusaival, az anyagáramlások makrogazdasági modelljével és az anyagáramlásokból származtatott legfőbb mutatók leírásával ismertette meg az olvasót. Az itt következő II. részben az anyagáramlások számbavételével, főbb alkalmazásaival, elsősorban és a közpolitikák kidolgozásában való alkalmazhatóságával, továbbá a korlátokkal és a fejlesztés lehetőségeivel foglalkozik.

6. A közvetett anyagáramlások számbavételének főbb módszerei

A behozattal és kivittel kapcsolatos közvetett áramlások becslésére két fő megközelítést ismerünk. Az egyik a termékek vagy termékcsoportok életciklus-elemzésén (Life-cycle Assessment – LCA) alapul, figyelembe véve a teljes életciklusban történő erőforrás-bevitelt, a másik megközelítés az ágazati szinten végzett input–output elemzéseket (Input-Output Assessment – IOA) foglalja magában.

A közvetett anyagáramlás számítására alkalmas LCA-irányultságú módszert a német Wuppertal Intézet fejlesztette ki. Napjainkban a Wuppertal Intézet a közvetett anyagáramlások elemzésének egyik legfontosabb szellemi központja. Az intézet honlapján elérhető számos, főként abiotikus nyersanyagokra vonatkozó hátizsáktényező. Az ún. anyagintenzitás-elemzés (Material Intensity Assessment – MAIA) módszere (*Schmidt-Bleek et al.* [1998]) olyan elemző eszköz, amely egy termék életciklusán keresztül történő anyagbevittelt értékeli, beleértve az „ökológiai hátizsákot” is (*Schmidt-Bleek* [1994]). Az ökológiai hátizsák egyes szerzők meghatározása szerint az életciklusra kiterjedő anyagbevittelt és a termék saját tömegének a különbsége (*Spangenberg et al.* [1998]).

Az Eurostat által használt közvetett áram megegyezik a behozott termékek ökológiai hátizsákjával, és magában foglalja a felhasznált és fel nem használt anyagokat. Az ún. hátizsáktényező az ökológiai hátizsákban lévő anyagok és az előállított termék tömegének a hányadosa (tonna/tonna értékben kifejezve). A behozott termékekhez kapcsolódó közvetett anyagáramlások részletes leírása *Az Európai Unió összes anyagszükséglete* c. tanulmányban (*Bringezu–Schütz* [2001a], [2001b]) áll rendelkezésre. Az ásványok és fémek mint nyersanyagok, a félkész termékek, valamint néhány biotikus erőforrás hátizsáktényezőjének részletes listája is megtalálható.

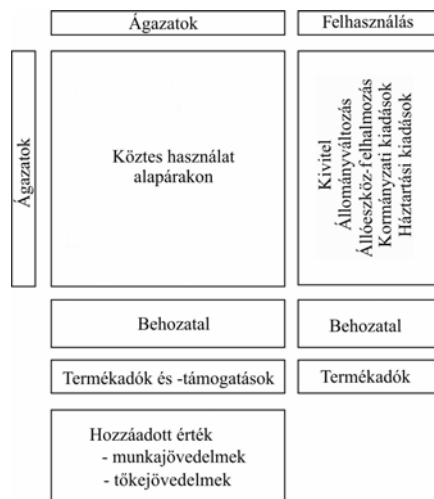
Az LCA-irányultságú megközelítés leginkább a biotikus és abiotikus nyersanyagokkal és alacsony feldolgozottságú termékekkel kapcsolatos közvetett anyagáramlások számítására alkalmas. A módszer félkész és késztermékekre történő alkalmazása valamennyi termelési szakaszban hatalmas mennyiségű anyagbeviteli adat összegyűjtését követeli meg. Ez pedig meglehetősen költség- és időigényes folyamat. Figyelembe véve, hogy a pontos rendszerhatárok megállapítása nehéz feladat (*Joshi* [2000]). A közvetett anyagáramlásokat csak nagyon kis számú késztermékre becsülték meg. A közvetett áramlások makroszinten történő meghatározásának kényelmesebb módszere az input–output elemzés. Ez a módszer lehetővé teszi az anyagszükséglet teljes mennyiségének ágazatközi kölcsönhatásokból eredő meghatározását a teljes terméklánc mentén (ami a közvetett hatásokhoz hasonló az IOA-ban).

Egy másik, talán még ígéretesebb módszer a közvetett anyagáramlások számítására, az IOA makroszinten történő alkalmazása, amely lehetővé teszi a végső igények mozgatta közvetlen és közvetett erőforrás-áramlások átfogó számbavételét. Közgazdasági kutatásai során az IOA módszerét Leontyev vezette be, és az 1930-as évektől makrogazdasági vizsgálatokban használják (*Leontieff* [1936]). Az 1960-as évektől az IOA-t a gazdaság–környezet kapcsolatának leírására és elemzésére is alkalmazzák.

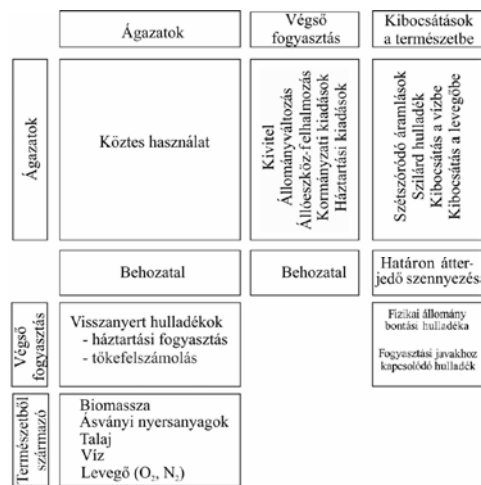
Az IOA egyik legfontosabb alkalmazási területe a végső felhasználási egységre jutó összes beviteli igény kiszámítása. Így nemcsak a vizsgált ágazat termelési folyamatainak közvetlen szükségletét, hanem más ágazatok köztes termékeiből származó közvetett szükségleteket is lehet értékelni. Ezért a végső igényt kielégítő összes – közvetlen és közvetett – bevétel (például magánfogyasztás, kivitel) meghatározható (*Miller–Blair* [1985]). Az Eurostat nemzetgazdasági anyagáram-elszámolásról szóló módszertani útmutatója (*Eurostat* [2001]) is hangsúlyozza az IOA-alapú megközelítés fejlesztésének szükségességét a behozatallal és kivittel kapcsolatos közvetett áramlások számításához.

Az erőforrás-használat input–output számításai pénzügyi (Monetary Input–Output Table – MIOT) és fizikai táblákon (Physical Input–Output Table – PIOT) egyaránt alapulhatnak. Elvben a PIOT alkalmasabb a közvetett erőforrásigény számolására, mivel a végső szükséglet különféle osztályaiba történő közvetlen és közvetett erőforrás-bevitel követi a gazdaság fizikai szerkezetét, amely lényegesen eltér a pénzügyi szerkezettől (*Hubacek–Giljum* [2003], *Konijn–de Boer–van Dalen* [1997]). A PIOT alkalmazásakor a legnagyobb anyagáramlású, végső szükségletet kielégítő ágazatok (elsődleges ágazatok, például mezőgazdaság és bányászat) egyúttal a legnagyobb anyagbevitellel is rendelkeznek. A MIOT alkalmazásakor a nagy pénzértékű ágazatok (magas színvonalú műszaki termékek és szolgáltatások) anyagbevitelére nagyobb súllyal szerepel az input–output számításokban. A széles körű alkalmazás egyik fő akadálya az adatok hiánya. Minthogy fizikai input–output táblát eddig csak néhány európai ország állított össze, így több országra kiterjedő modellek mindeddig nem születhettek.

6. ábra. A pénzügyi input–output táblák szerkezete



7. ábra. A fizikai input–output táblák szerkezete



Forrás: Mind a két ábra esetén Mäenpää, Muukkonen, [2001].

A pénzügyi input–output modellek anyagáramlásokkal való összekapcsolásának lehetséges módszereit Moll, Femia, Hinterberger és Bringezu vizsgálták az elmúlt néhány évben (Moll–Hinterberger–Femia–Bringezu [1999]). A szerzők részletesen leírják, hogyan kell kiszámítani a MIOT-ban szétbontott különféle ágazatok erőforrás-termelékenységét, továbbá hogyan kell becsülni a végső igényt kielégítő, átfogó – közvetlen és közvetett – áramlásokat.

Az input–output táblák módszerén alapuló számítás előnye, szemben az életciklus-elemzésen alapulóval az, hogy országos szinten csak az anyagbevittelt, valamint a fizikai behozatalt kell ismerni és a pénzügyi input–output táblákhoz kapcsolni a gazdasági rendszer valamennyi ágazata (beleértve a szolgáltatóágazatokat is) közvetlen és közvetett anyagbevittelének és erőforrás-termelékenységének kiszámításához. Globális szinten a feladat még egyszerűbbé válik, hiszen csak az elsődleges kitermelőágazat anyagbevittelét kell értékelni. A behozatal közvetett áramlásai ebben az esetben gazdasági modellek segítségével számolhatók ki.

A pénzügyi input–output modellek esetében csekély számú olyan modellrendszer létezik, amely világszinten zárt, így nemcsak valamennyi gazdasági tevékenységet, hanem a nemzetközi kereskedelemmel kapcsolatos összes pénzügyletet is tartalmazza. A COMPASS (Comprehensive Model of Policy Assessment) vagy GLODYM (Global Dynamic Model) mozaikszóval jelölt legjobban kidolgozott globális input–output modellrendszert Meyer és Uno [1999] mutatta be. A modellrendszer 66 országot/régiót és az országmodell-típustól függően legfeljebb 36 gazdasági ágazatot tud kezelni.

A GLODYM-modellrendszernek a közvetett anyagáramlások (ökológiai hátizsák) számítására történő felhasználása az életciklus-elemzésen alapuló módszernél sokkal könnyebben és nagyobb következetességgel teszi lehetővé a termeléshez és fogyasztási tevékenységekhez kapcsolódó valamennyi közvetlen és közvetett anyagáramlás (hazai kitermelés vagy behozatal) átfogó értékelését. A kisebb erőfeszítés abból fakad, hogy csak azoknak a gazdasági ágazatoknak az anyagbevételét kell összegyűjteni, amelyek elsődleges anyagok kitermelését végzik (elsősorban a mezőgazdaság, az erdőgazdálkodás és az építőanyag-ipar).

Az Európai Unió által támogatott MOSUS-projektben (**Modelling opportunities and limits for restructuring Europe towards sustainability**) – lehetőségek és korlátok modellezése Európa fenntarthatóság felé történő átalakításában – a GLODYM-modellrendszert fizikai beviteli adatokkal (anyagbevétel és földhasználat) bővítették azért, hogy mennyiségileg legyen meghatározható az erőforrások európai használata, beleértve a világ más régióiban történő nemzetközi kereskedelmi áramlásokhoz kapcsolódó ökológiai hátizsákokat is.

7. Az anyagáramlások főbb alkalmazásai országos szinten

A nemzetgazdasági anyagáram-elszámolás fő célja összegzett háttérinformáció biztosítása a társadalmi-gazdasági rendszer fizikai szerkezetének összetételéről és változásairól. Az MFA igen hasznos eszköz a gazdaság és környezet kölcsönhatásának elemzéséhez, továbbá környezeti és integrált környezeti, társadalmi és gazdasági mutatók származtatásához. Az anyagáramlásokon alapuló mutatókat a mikroszinttől a makroszint felé haladva lehet összegezni. Ezek a mutatók lehetővé teszik az összehasonlítást a bruttó hazai termékhez és a munkanélküliségi arányhoz hasonló összegzett gazdasági és társadalmi mutatókkal. Így biztosítják a korábban már kezelt információknak eljuttatását a politikaformálókhoz, és ezáltal elősegítik a politika figyelmének elmozdítását a tisztán pénzügyi elemzéstől a biológiai-fizikai szempontok beépítése felé (*Kleijn [2001]*). Az összefüggő és átfogó adatszervezésnek köszönhetően az MFA közvetlenül kapcsolódhat a létező gazdasági elszámolási rendszerekhez, például a nemzeti számlarendszerhez, és része lehet a kiterjesztett környezeti és gazdasági számláknak, ilyen például az ENSZ SEEA-rendszere (*Weisz [2000]*).

A nemzetgazdasági anyagáram-számlák és -mérlegek fő céljai (*Eurostat [2001]*) a következők:

- betekintés nyújtása a gazdaságok fizikai anyagcseréjének szerkezetébe és időbeli változásába;

- erőforrás-használat összegzésére alkalmas mutatókészlet származtatása, beleértve az EU kiemelt mutatóit és az ENSZ fenntartható fejlődés mutatóit;
- erőforrás-termelékenység és ökohatékonyág kifejezésére alkalmas mutatók származtatása az összegzett erőforráshasználat-mutatók bruttó hazai termékhez vagy más gazdasági és társadalmi mutatókhoz viszonyításával;
- az életmód anyagintenzitás-mutatóinak előállítás az összegzett erőforráshasználat-mutatók népességhez vagy más népmozgalmi mutatókhoz viszonyításával;
- hozzájárulás a nemzeti számlákkal integrált alapadat-struktúrán keresztül a rendelkezésre álló elsődleges adatok szervezéséhez, szerkezetéhez és integrálásához, valamint azok összefüggőségének biztosításához;
- rugalmas és gyors válaszadás az új politikai igényekre (például sajátos anyagokkal kapcsolatosan) a könnyen kiigazítható és további használatokkal kiegészíthető adatszerkezet alapján;
- az elemzési használat (beleértve az anyagárambecslést, valamint a behozatalhoz és kivitelhez kapcsolódó földhasználat-értékelést), továbbá a technológiai, szerkezeti és végsőigény-változást szétbontó elemzés lehetővé tétele.

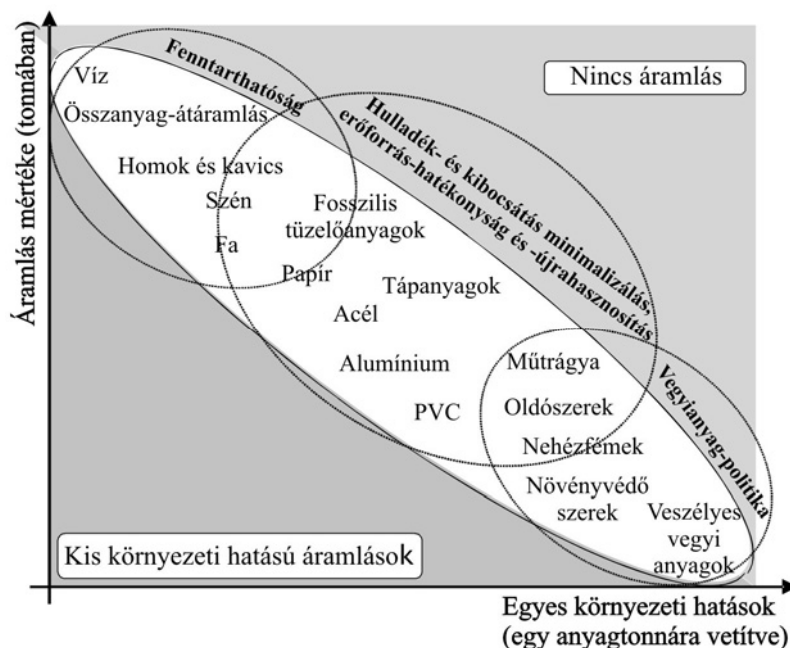
8. Az anyagáramlás-elemzés alkalmazásának lehetőségei a közpolitikák kidolgozásában

Az elmúlt több mint egy évtized környezeti problémáiból és környezetpolitikájából kiindulva az „I” típusú elemzéseket (lásd a 2. táblázatot) használták először a veszélyes anyagok (főként nehézfémek) áramlásainak ellenőrzésére. Erre alkalmazták az ún. kémiai anyag vagy elem szintű vizsgálatokat (higany, ólom, cink, kadmium, klór, szén, szén-dioxid stb.) az ipari rendszerek metabolizmusának meghatározására (*de Haes et al.* [1997]). A nehézfémek és a klórtartalmú vegyületek elemszintű vizsgálatára támaszkodó kormányzati politikákat Hollandiában (*Bovenkerk* [1998]) és Dánia (*Hansen* [1998]) részletesen taglalták. Az eredmények különbözőképpen járultak hozzá a politikákhoz. Úgy mint:

- az egyes kémiai elemekre vonatkozó adatok integrált elemzése támogatta a stratégiai tervezést és a konkrét szabályozási intézkedések megtervezését;

- az elemzések megkönnyítették az adatokkal kapcsolatos szakmai egyetértés megteremtését, amely fontos előfeltétele a politikai intézkedések előkészítésének;
- az anyagáramlás-elemzések új megközelítésekhez vezettek a környezetpolitikában, és új problémák, valamint új megoldások felfedezéséhez is hozzásegítettek (lásd egyes nemzetközi tapasztalatok és esettanulmányokat);

8. ábra. Az anyagáramlások, környezeti hatások és politikai alkalmazások vázlatos áttekintése



Forrás: Steurer [1996] nyomán.

Ezeknek az elemzéseknek egyes esetekben jelentős volt a politikákra gyakorolt hatása. Kormányzati szempontból azonban az egyes kémiai elemek vizsgálata általában nagyon idő- és pénzigényes. Csak azokban az esetekben érdemes ezeket az elszámolásokat elvégezni, ha megfelelő szintű információ áll rendelkezésre, és tisztázódtak az elemzések korlátai. A kémiai elem-specifikus elemzések eredményei nemcsak a kormányzati politika számára lehetnek tanulságosak, hanem az ipar is jól felhasználhatja azokat, különösen egyes termékek esetében (lásd például savas akkumulátorok környezeti kockázatait).

A „II” típusú elemzések politikai alkalmazhatósága az elmúlt években az alábbi három területen nőtt meg:

- az anyagáram-elszámolások rendszeres használata a hivatalos statisztikákban;
- mutatók származtatása az elemzésekből a fenntarthatóság felé haladás mérésére;
- a célkitűzésekről és célokról folyó politikai vita támogatása.

Az európai statisztika az „I” típust kezdte el alkalmazni az 1980-as években, a nemzetgazdasági anyagáram-elszámolások pedig az 1990-es években jelentek meg, és kezdtek nagyobb szerepet játszani (*Jiménez-Beltrán* [1998]). A nemzetgazdaságok anyagáram-elszámolását az integrált környezeti és gazdasági elszámolásra használták Németországban, Dániában, Finnországban és Japánban. Ezek az elszámolások jó betekintést nyújtottak a gazdaság anyagáramlásának áttekintésére, a gazdaság ágazatonkénti anyagi metabolizmusának elemzésére, fenntarthatósági mutatók származtatására és a gazdaság ökológiai hatékonyságának feltárására. A gazdaság input–output áramlásainak szerkezete egyetlen mutatón túlmenő információkat szolgáltat, ugyanakkor az anyagáram-elszámolást fel lehet használni a fenntarthatóságot kifejező összegzett mutatók fejlesztésére, különösen akkor, ha azok a környezetterheléseket és azok gazdasági teljesítményhez való viszonyát írják le.

Az anyagáramlás-elemzések alkalmazásának fő célja az, hogy megalapozzák a politikai intézkedéseket és ezek hatékonyságának értékelését, jóllehet eddig ez nem gyakran fordult elő. Ezért a gazdasági és társadalmi metabolizmus jelenségeit feltáró empirikus kutatásoknak nagyobb nyilvánosságot kell kapniuk mind a társadalom tájékoztatásában, mind pedig a közpolitika kialakításában, továbbá a politikai döntések és intézkedések megalapozásában.

9. Az anyagáramlások számításának módszertani nehézségei és korlátai

A megszokott MFA-módszernek több lényeges hiányossága és korlátja tárható fel. A két legfőbb hiányosság: 1. különböző minőségű és nagyságú anyagáramlások szintetikus (összegzett) mutatók előállítására céljából történő összegzése, valamint 2. az MFA-mutatók és a környezeti hatások közötti bonyolult és áttételes kapcsolat.

A nagy anyagáramlások minden mutatót uralnak, amely az összegzett eredmények eltérő értelmezéséhez vezethet. Az összegzett MFA-mutatókat nagymértékben

uralhatja egyetlen anyagcsoport, amely az eredmények félreértelmezéséhez vezethet, ha más anyagcsoportok vagy gazdasági ágazatok fejlődésének részletes információit figyelmen kívül hagyják vagy azok nem ismertek. Az anyagáramlási adatok gyűjtése és értelmezése ezért mindig azon a szinten végzendő, ahol a gazdasági ágazatok és/vagy anyagcsoportok szétbontása lehetséges.

A bíráló másik lényeges szempontja, hogy az MFA-mutatók önmagukban nem sokat árulnak el a jelenlegi környezeti hatásokról. A gazdasági fejlődés környezeti fenntarthatóság szempontjából végzett értékelésében azonban ezek a hatások igen fontos tényezők. Az összegzett erőforrás-használat csökkentésére történő összpontosítás csak szükséges, de nem elégséges előfeltétele a környezeti fenntarthatóság elérésének. A kérdés továbbra is az, hogy mit és milyen mértékben kell csökkenteni a fenntartható erőforrás-átáramlás elérése érdekében (*Reijnders [1998]*).

A súlyozás alapján történő összegezéssel kapcsolatos problémákat elvben az MFA-val foglalkozók is érzékelik, amelyet az összes anyagot – függetlenül azok gazdasági vagy környezeti hatásaitól – figyelembe vevő értéksemleges fizikai szám-lák készítésének szándéka is igazol (*Matthews et al. [2000]*). A kis anyagáramlásoknak azonban, amelyeket az összegzett mutatókban elhanyagolhatnak, jelentős környezeti hatásai lehetnek. Ezért a gazdaság környezeti teljesítményének megítélésében, igen fontos az összegzett mutatók összetevőiben a különböző anyagok vagy technológiák közötti helyettesítéseknek köszönhetően létrejövő változások nyomon követése. A negatív környezeti hatásokat sok esetben a különböző anyagbevitel vagy kimenő áramlások minőségi jellemzői határozzák meg, és nem lehet azokat mennyiségileg megfelelően leírni. A környezeti károk különféle lehetőségei alapján javaslatok fogalmazhatók meg a kimenő anyagáramlások súlyozására (*Fröhlich–Hinterberger–Rosinski–Wiek [2000]*, *Matthews et al. [2000]*). Az utóbbi publikációban a különféle anyagáramlások jellemzése a mennyiség, az első kibocsátás módja, a minőség és a tartózkodási idővel kifejezett sebesség alapján történik. A módszer ugyancsak lehetővé teszi a környezetbe történő kibocsátás és a beviteli áramlásokból származó nettó állománygyarapodás becslését, amely az anyagáramlás gazdasági rendszeren való áthaladásának sebességén alapul. Azonban még mindig hiányzik az a nemzetközileg egységesített eljárás, amely figyelembe veszi az MFA mennyiségi fogalmában lévő minőségi különbséget.

A legtöbb eddig elvégzett MFA-vizsgálatban nem vették számításba az anyagáramlások elindításáért felelős szereplőkkel való kapcsolatot. Következésképpen azt sem vizsgálták, hogy a társadalom valamely csoportja (fogyasztók, vállalatok stb.) milyen mértékben járulhat hozzá a vizsgált ország dematerializációs stratégiájának megvalósításához (*Hinterberger–Luks–Stewen [1996]*). Az MFA eddig nem járult hozzá elégséges mértékben azokhoz a politikai következtetésekhez sem, amelyeket eredményeiből le lehetne és le kellene vonni. Az MFA-vizsgálatok a legtöbb esetben módszertani kérdésekre, az anyagmérlegekre és összegezett mutatókra összpontosí-

tottak. Általában a szerzők nem merészkedtek tovább az eredmények bemutatásán, és nem jelezték az eredmények politikacélú alkalmazásának lehetőségét. Az anyagáramlás-elemzések továbbfejlesztésében az egyik központi téma lesz, hogy az MFA-eredmények hogyan alkalmazhatók a különböző politikák kidolgozásához.

Az anyagáramlás-elemzés – alulról felfelé építkező – hozzáadott értékekkel való kombinációja alkalmas eszköz az anyagáramlás-gazdaság elgondolásának „aprópénzre” váltásához mind helyi, mind regionális szinten.

A regionális és az országos MFA között a fő különbség az adatforrásokban van. Országos szinten a legtöbb szükséges adat publikációkból és statisztikai kiadványokból elérhető. Majdnem minden anyagbeviteli és kereskedelmi adat fizikai egységekben kifejezve is rendelkezésre áll. Regionális szinten az adatelérhetőség sokkal korlátozottabb, – szétszórtságuk miatt összegyűjtésük – többnyire időigényes. Ráadásul az adatok sok anyagáramlás esetében nem állnak rendelkezésre fizikai egységekben, így általánosabb adatokból lehet valamilyen becslést adni.

Az országos és regionális szint közötti fő módszertani különbségeket a behozatali és kiviteli áramlások, valamint az adatok bizalmassága jelentik. Országos szinten sokkal egyszerűbb a helyzet, hiszen az országos statisztikákat kell csak vizsgálni. Regionális szinten azonban a kereskedelmi áramlásokat külön kell választani régióon belüli, országon belüli és nemzetközi áramlásokra.

Az adatok bizalmas jellege regionális szinten problémát jelenthet, ha egy adott régióban a termelés valamelyik ágának szerkezetét néhány vállalkozás uralja. Ebben az esetben ugyanis az egész régióra vonatkozó adatokból az egyes vállalkozások termelésének nagyságára vagy technológiájára lehetne következtetni, amelyet a statisztikai jogszabályok kizárnak (statisztikai célú adatgyűjtésből egyedi adatokra való következtetések nem megengedettek) (*Hammer–Giljum–Bargigli–Hinterberger* [2003]).

Regionális és helyi szinten több kísérleti MFA-vizsgálatot végeztek a közelmúltban, azonban az országos szinten elvégzett nagy számú MFA-vizsgálathoz viszonyítva a közzétett regionális vagy helyi szintű MFA-vizsgálatok száma még meglehetősen csekély, ráadásul az országos szintre egységesítetthez (*Eurostat* [2001]) hasonló módszer regionális és helyi szinten egyelőre nem létezik.

Az ökológiai közgazdaságtan képviselői általában egyetértenek abban, hogy a földhasználat – az energia- és anyagáramlások mellett – a gazdasági tevékenységek harmadik fontos természetierőforrás-beviteli osztályát képezi (*Spangenberg–Bonnoit* [1998]).

Az ökológiai lábnyom az egyik leghatásosabb megközelítésnek számít a környezeti fenntarthatóság és a biológiai termőterületek korlátozott rendelkezésre állása – mint az emberi eredetű környezeti terheléshez kapcsolódó korlátozott eltartóképesség jelképe – fogalmának közvetítésében. Azonban az ökológiai lábnyom számítási módszerének több kritikus pontját is felvetették az elmúlt években (*van den Bergh–Verbruggen*. [1999]).

A földhasználati szempontok megjelenítésére a fizikai számlákban a legalkalmasabb megközelítésnek a földhasználat-statisztikákból (például *Statistisches Bundesamt* [2001a]) vagy földrajzi információs rendszerből (például *European Environment Agency* [2000]) rendelkezésre álló felszínborítottsági adatok használata tűnik. A két anyagáramtípus és a földhasználat párhuzamos, de elkülönült elemzése csökkenti az információk közvetíthetőségét a növekvő bonyolultság következtében. Azonban az egyik típusnak a másikba történő átalakulásával, valamint a kapcsolódó információvesztéssel összefüggő problémák elkerülendők, ezáltal jelentősen növekedhet a tudományos átláthatóság és a közelítés hitelessége (*Spangenberg–Femia–Hinterberger–Schütz* [1998]).

Termék- vagy mikroszinten már korábban vizsgálták egy olyan mutató meghatározását, amely a szolgáltatáshoz kapcsolódó földhasználat-intenzitással van összefüggésben (*Schmidt-Bleek* [1994]). Ez az eljárás követné az egységnyi szolgáltatásra jutó anyagbevitel (MIPS) megközelítést, amelyet az anyagfelhasználás fogalomkörére fejlesztettek ki.

Ha az anyagáramlás- és földhasználatadatokat szétbonthatók a gazdasági ágazatok között (például az input–output táblák rendszerében), a különböző gazdasági tevékenységek erőforrás- és földhasználat-intenzitásának egyidejű elemzése elvégezhető. Ez az elemzési mód tisztázhatja az anyagáramlások és a földhasználat közötti kapcsolatot, és választ adhat arra a kérdésre, vajon a leganyagigényesebb ágazatok egyben a földterületet leginkább igénybevevő ágazatok-e. Tudomásunk szerint eddig még nem tettek közzé vizsgálati eredményt az anyagáramlások térbeli eloszlását és a regionális földhasználat-változást előidéző anyagcsere módosulásának következményeit célzó kérdések megválaszolásáról. A jövőbeli kutatásoknak az anyag- és földhasználat-intenzitás csökkentése közötti lehetséges átváltásra és arra a kérdésre kell helyezniük a hangsúlyt, vajon a földhasználat-intenzitás lehet-e az egyik ismérv a különböző típusú anyagáramlások elemzésében.

10. A módszertani fejlesztés további lehetőségei

Az anyagáram-elszámolás módszertani fejlesztése és négy területre való kiterjesztése látszik ígéretesnek. Ezek a területek a következők:

- a különféle anyagáramlások minőségi jellemzőinek figyelembevétele;
- a fizikai input–output táblák ágazati szétbontása;
- az anyagáramlás-elemzések regionális szinten történő alkalmazása, végül

– az anyagáram-elszámolás és a földhasználat-elszámolás közötti kapcsolat kidolgozása.

Ezenkívül szükség lenne például az adatforrások részletes feltárására, a fogalmi rendszer és a becslési módszerek egységesítésére, valamint a statisztikai módszertani fejlesztésben részt vevők meghatározására is.

10.1. Az anyagáramlások értékelése a környezeti hatások figyelembevételével

Az élelciklus-elemzésben az elmúlt évtized folyamán kiemelt kérdés volt a környezeti hatásvizsgálatok általános keretének kidolgozása. A vita során mára már egyetértés alakult ki a legfontosabb hatástípusok és az ezeket jellemző mutatók tekintetében (*de Haes et al.* [1999]). A fontos típusok rendszere beviteli oldalon tartalmazza a biotikus és abiotikus erőforrások kitermelését és a földhasználatot, kimenő oldalon pedig számos hatásterületet, például éghajlatváltozás, emberi tevékenység okozta ökológiai mérgezés, savasodás és nitrátosodás stb. Ezenkívül sok olyan értékelési módszert dolgoztak ki, amelyek lehetővé teszik a különböző hatások összegzését a választási lehetőségek általános megítélése érdekében (*Notarnicola–Huppel–van den Bergh* [1998]).

Ezek a létező módszerek a súlyozásos összegzés alternatív módszereivel való lépéstartás érdekében felhasználhatók az anyagáram-elszámolási adatok minőségi értékelésének továbbfejlesztésekor. Néhány szerző egyenesen azt állítja, hogy az anyagáram-elszámolások nem használhatók, ha az adatbemutatót nem követi az eredmények értelmezésének politikai összefüggésbe helyezett bíráló értékelése (*Brunner–Rechberger* [2003]). Kiegészítő módszerekre van tehát szükség az anyagáramlás-elemzések értékelésének elvégzése céljából.

A céltól való távolság meghatározásán alapuló súlyozásos megközelítések az értékelési módszerek egyik csoportját alkotják, amelyet gyakran alkalmaznak az élelciklus-elemzési vizsgálatokban (*Seppälä–Hämäläinen* [2001]). Ezek a módszerek különösen alkalmasak lennének az anyagáram-elszámolási adatok értékelésére, amennyiben a fizikai áramlásokból indulunk ki. Az ökológiai tényezőn alapuló módszer az „ökológiai szűkösség” fogalmából kiindulva az adott anyag kritikus terhelését viszonyítja a tényleges emberi eredetű terheléséhez (*Ahbe–Braunschweig–Müller–Wenk* [1990]). Egy adott anyagáramlás kritikus terhelése a környezetterhelés nemzetközi egyezmények által előírt határértékeiből származtatható. Ezt az eljárást korábban többször bírálták, mert az eredmények függenek a nemzeti politikai célkitűzésektől, amelyek maguk után vonják azt is, hogy minden országban eltérő ökológiai tényezőket fognak alkalmazni. Ez a tény az „ökológiai szűkösség” nemzetközi összehasonlíthatóságát lehetetlenné

tenné (*Notarnicola–Huppes–van den Bergh* [1998]. Más „céltól való távolság” módszerek esetében – például „ökomutató 95 és 99” megközelítés (*Goedkoop* [1995] és *Goedkoop–Spriensma* [1999]) – a célok a környezettudományos alapokon nyugvó, ökológiailag kritikus terhelések meghatározásán alapulnak.

Mindeddig a „céltól való távolság” módszereket főként termék- vagy termékcsoportszinten alkalmazták az életciklus-elemzésekben. Makrogazdasági szinten hasonló megközelítést vezettek be „fenntarthatósági hiány” néven (*Ekins–Simon* [1999]). A „fenntarthatósági hiányt” a forrás környezeti hatásának jelenlegi és a hatás fenntarthatósági szintjének különbsége határozza meg. A fenntarthatósági szint a tudományos megfontolások alapján levezetett fenntarthatósági célokra vonatkozik. A „fenntarthatósági hiány” mértékének meghatározása céljából számos légszennyező anyagra végeztek becsléseket az Egyesült Királyságban és Hollandiában (*Ekins–Simon* [2001]).

Valamennyi eddig kifejlesztett „céltól való távolság” módszer a termelési és fogyasztási tevékenységek kimenő anyagáramlására (hulladék és kibocsátások) összpontosítja figyelmét. Annak érdekében, hogy e megközelítés alkalmazható legyen az anyagáramlási adatokra is, további módszertani fejlesztésre van szükség: a biotikus és az abiotikus erőforrások kitermelésének egyforma alapokon nyugvó figyelembevételére.

10.2. Fizikai input–output táblák (PIOT)

A fizikai input–output táblák szolgáltatják az emberi tevékenységekhez kapcsolódó anyagáramlások legátfogóbb leírását. A PIOT a társadalmi-gazdasági rendszer és a környezet közötti anyag- és energiaáramlást írja le, ezért ugyanolyan jellegű információkat nyújt, mint az országos anyagáram-elszámolási rendszer, ráadásul a gazdasági ágazatok közötti áramlásokat is képes kezelni. Mindezek mellett a gazdasági rendszer nettó anyagfelhalmozását is számba veszi.

A félkész termékek gazdasági rendszeren belül történő áramlásának figyelembevételével (első negyed) a PIOT közvetlenül összevethető a pénzügyi input-output táblákkal, de a gazdaságon belüli termékkereskedelmet pénzegységek (érték) helyett fizikai egységekben (tonna) fejezi ki. A PIOT legszélesebb értelmű kiterjesztése – a MIOT-tal ellentétben – magában foglalja a környezetet mint a beviteli oldal nyersanyagforrását (harmadik negyed), a gazdaság kimenő oldalán pedig mint a szilárd hulladék, lég- és vízszennyező anyagok befogadját (második negyed) (*Stahmer et al.* [1997]. Ezáltal azok az erőforrás-áramlások is, amelyeknek nincs gazdasági értékük, beépülnek a PIOT-ba. (Lásd a 6. és a 7. ábrát.)

Csakúgy mint az országos szintű anyagáram-elszámolás, a PIOT is a társadalmi-gazdasági rendszeren keresztül áramló összes anyag mennyiségét kíséri figyelemmel.

Ezenkívül az adatok ágazati szétbontása lehetővé teszi a különböző ágazatok erőforrás-intenzitásának elemzését, és kiemeli az anyagbevitel, valamint az egyes ágazatokban előállított javak és melléktermékek közötti összefüggést. Ezáltal megismerhető a termelési folyamatok erőforrás-hatékonysága is. Ahogy a szimmetrikus fizikai input-output tábla közvetlenül összehasonlítható a pénzügyi input-output táblával, akként merülnek fel újabb lehetőségek a fizikai és pénzáramlások egyidejű vizsgálatára, és derül fény a fizikai és pénzügyi adatok közötti összefüggésre. A melléktermékek (például lég- és vízszennyező-anyagok kibocsátása) közvetlenül kapcsolhatók a MIOT-hoz, továbbá az egyes politikai stratégiák hatásaira vonatkozó forgatókönyvek is kidolgozhatók és elemezhetők (Stahmer *et al* [1997]). A gazdasági tevékenységek közvetlen anyagbevitelének számbavételén kívül az input-output elemzés alkalmazása lehetővé teszi a termelési láncban kialakuló közvetett anyagáramlások számítását is. Ezek a közvetett áramlások a végső igény különféle típusaihoz (például magánfogyasztás és kivitel) kapcsolhatók.

Mivel a teljes körű PIOT összeállítása munka- és időigényes, továbbá nagy mértékben szétbontott termelési, kereskedelmi, hazai anyag- és vízkitermelési adatokat igényel, mindeddig csak néhány, teljes gazdaságot átfogó fizikai input-output táblát állítottak össze (Gravgård-Pedersen [1999]; Statistisches Bundesamt [2001b]; Weisz-Schandl-Fischer-Kowalski [1999]).

Irodalom

- ADRIAANSE, A. ET AL. [1997]: *Resource flows: The material basis of industrial economies*. World Resources Institute. Washington, D. C.
- AHBE, S. – BRAUNSCHWEING, A. – MÜLLER-WENK, E.. [1990]: *Methodik für Ökobilanzen auf der Basis ökologischer Optimierung*. Schriftenreihe Umwelt. 133. sz. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL). Bern.
- AYRES, R. U. [1989]: Industrial metabolism. In: Ausubel, J. (szerk.): *Technology and environment*. National Academy Press. Washington, D. C.
- VAN DEN BERGH, J. C. J. M. – VERBRUGGEN, H.. [1999]: Spatial sustainability, trade and indicators: an evaluation of the 'ecological footprint'. *Ecological Economics*. 29. évf. 1. sz. 61–72. old.
- BOVENKERK, M. [1998]: The use of material flow accounting in environmental policy making in the Netherlands. In: Bringezu *et al.* (szerk.): *Proceedings of the ConAccount Conference*. Wuppertal Special 6. Wuppertal Institute. Wuppertal.
- BRINGEZU, S. – SCHÜTZ, H. [2001a]: *Total material requirement of the European Union*. Technical Report. 55. sz. European Environmental Agency. Copenhagen.
- BRINGEZU, S. – SCHÜTZ, H. [2001b]: *Total material requirement of the European Union*. Technical Report. 56. sz. European Environmental Agency. Copenhagen.
- BRINGEZU, S. [2000]: *Ressourcennutzung in Wirtschaftsräumen. Stoffstromanalysen für eine nachhaltige Raumentwicklung*. Berlin.

- BRUNNER, P. H. – RECHBERGER H. [2003]: *Practical handbook of material flow analysis*. Lewis Publishers. Boca Raton. Florida.
- EKINS, P. – SIMON, S. [1999]: The sustainability gap: a practical indicator of sustainability in the framework of the national accounts. *International Journal for Sustainable Development* 2. évf. 1. sz. 32–58. old.
- EKINS, P. – SIMON, S. [2001]: Estimating sustainability gaps: methods and preliminary applications for the UK and the Netherlands. *Ecological Economics*. 37. évf 1. sz. 5–22. old.
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY [2000]: *NATLAN (Nature/land cover information package)* CD-ROM. Copenhagen.
- EUROSTAT [2001]: *Economy-wide material flow accounts and derived indicators*. A methodological guide. Luxembourg.
- FINNVEDEN, G. – MOBERG, Å. [2005]: Environmental systems analysis tools – an overview. *Journal of Cleaner Production*. 13. évf. 12. sz. 1165–1173. old.
- FISCHER-KOWALSKI, M. [1998]: Society's metabolism. In: Redclift, G. – Woodgate, G. (szerk.): *International handbook of environmental sociology*. Edward Elgar. Cheltenham.
- FRÖHLICH, M. – HINTERBERGER, F. – ROSINSKI, N. – WIEK, A. [2000]: *Wie viel wiegt Nachhaltigkeit? Möglichkeiten und Grenzen einer Beachtung qualitativer Aspekte im MIPS-Konzept*. Entwurf für ein Wuppertal Paper. Wuppertal Institute. Wuppertal. (Munkaanyag.)
- GOEDKOOP, M. J. – SPRIENSMA, R. S. [1999]: *The Eco-Indicator 99*. Methodology report. A damage-oriented LCIA method. VROM Report. Den Haag.
- GOEDKOOP, M. J. [1995]: *The Eco-Indicator 95*. Final report, NOH Report. 9523. sz. PRé consultants. Amersfoort.
- GRAVGÅRD-PEDERSEN, O. [1999]: *Physical input–output tables for Denmark. Products and materials 1990. Air emissions 1990–92*. Statistics Denmark. Copenhagen.
- DE HAES, U., H. A. ET AL. [1999]: Best available practice regarding impact categories and category indicators in life cycle impact assessment. *International Journal of Life Cycle Assessment*. 4. évf. 3. sz. 167–174. old.
- HAMMER, M. – GILJUM, S. – BARGIGLI, S. – HINTERBERGER, F. [2003]: *Material flow analysis on the regional level: questions, problems, solutions*. NEDS Working Paper. 2. sz. Hamburg.
- HANSEN, E. [1998]: Experiences with SFAs on the national level for hazardous substances in Denmark. In: Bringezu et al. (szerk.): *Proceedings of the ConAccount Conference*. Wuppertal Special 6. Wuppertal Institute. Wuppertal.
- HINTERBERGER F. – GILJUM, S. – STEWEN, M. [2003]: *Material flow accounting and analysis (MFA) a valuable tool for analyses of society-nature interrelationship*. SERI Background Paper. 2. sz. Vienna.
- HINTERBERGER, F. – LUKS, F. – STEWEN, M. [1996]: *Ökologische Wirtschaftspolitik. Zwischen Ökodiktatur und Umweltkatastrophe*. Birkhäuser Verlag. Berlin. Basel.
- HUBACEK, K. – GILJUM, S. [2003]: Applying physical input–output analysis to estimate land appropriation (ecological footprints) of international trade activities. *Ecological Economics*. 44. évf. 1. sz. 137–151. old.
- JIMÉNEZ-BELTRÁN, D. [1998]: A possible role of material flow analysis with a European reporting system – Changing course of environmental information. In: Bringezu et al. (szerk.): *Proceedings of the ConAccount Conference*. Wuppertal Special 6. Wuppertal Institute, Wuppertal.

- JOSHI, S. [2000]: Product environmental life-cycle assessment using input-output techniques. *Journal of Industrial Ecology*. 3. évf. 2–3. sz. 95–120. old.
- KLEIJN, R. [2001]: Adding it all up. The sense and non-sense of bulk-MFA. *Journal of Industrial Ecology*. 4. évf. 2. sz. 7–8. old.
- KONIJN, P. – DE BOER, S. – VAN DALEN, J. [1997]: Input-output analysis of material flows with applications to iron, steel and zinc. *Structural Change and Economic Dynamics*. 8. évf. 1. sz. 129–153. old.
- LEONTIEF, W. [1936]: Quantitative input–output relations in the economic system. *Review of Economic Statistics*. 18. évf. 105–125. old.
- MATTHEWS, E. ET AL. [2000]: *The weight of nations – Material outflows from industrial economies*. World Resources Institute. Washington.
- MÄENPÄÄ, I. – MUUKONEN, U. [2001]: *Physical input–output in Finland: Methods*. Conference on Economic growth, material flows and environmental pressure. Stockholm. (Munkaanyag.)
- MEYER, B. – UNO, K. [1999]: *COMPASS – Ein globales Energie-Wirtschaftsmodell*. ifo Studien 4. 703–719. old.
- MILLER, R. E. – BLAIR, P. D. [1985]: *Input-output analysis: Foundations and extensions*. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, New Jersey.
- MOLL, S. – HINTERBERGER, F. – FEMIA, A. – BRINGEZU, S. [1999]: An input–output approach to analyse the total material requirement of national economies. In: *Kleijn, R. et al. (szerk.): Ecologising societal metabolism – Designing scenarios for sustainable materials management*. ConAccount workshop proceedings. CML report 148. Leiden.
- NÁRAY-SZABÓ G. [1999]: Fenntartható fejlődés – fenntartható fogyasztás. *Természet Világa*. 130. évf. 12. sz. 531–534. old.
- NOTARNICOLA, B. – HUPPES, G. – VAN DEN BERGH, N. W. [1998]: Evaluating options in LCA: the emergence of conflicting paradigms for impact assessment and evaluation. *International Journal of Life Cycle Assessment*. 3. évf. 5. sz. 289–300. old.
- REIJNDERS, L. [1998]: The factor X debate: Setting targets for eco-efficiency. *Journal of Industrial Ecology*. 2. évf. 1. sz. 13–22. old.
- SCHMIDT-BLEEK, F. [1994]: *Wie viel Umwelt braucht der Mensch? MIPS – das Maß für ökologisches Wirtschaften*. Birkhäuser. Berlin, Basel.
- SCHMIDT-BLEEK, F. ET AL. [1998]: *MALA – Einführung in die Material-Intensitätsanalyse nach dem MIPS Konzept*. (Introduction to Material-Intensity analysis according to the MIPS concept.) Birkhäuser. Berlin, Basel, Boston.
- SEPPÄLÄ, J. – HÄMÄLÄINEN, R. [2001]: On the meaning of the distance-to-target weighting method and normalisation in life cycle impact assessment. *International Journal of Life Cycle Assessment*. 6. évf. 4. sz. 211–218. old.
- SPANGENBERG, J. – BONNOIT, O. [1998]: *Sustainability indicators – A compass on the road towards sustainability*. Wuppertal Paper. 81. sz. Wuppertal Institute. Wuppertal.
- SPANGENBERG, J. – FEMIA, A. – HINTERBERGER, F. – SCHÜTZ, H. [1998]: *Material flow-based indicators in environmental reporting*. Environmental Issues Series. 14. sz. European Environment Agency. Luxembourg.
- STAHMER, C. ET AL. [1997]: *Physische input–output-Tabellen 1990*. Statistisches Bundesamt. Wiesbaden.

- STATISTISCHES BUNDESAMT [2001a]: *Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung*. Statistisches Bundesamt Deutschland. Wiesbaden.
- STATISTISCHES BUNDESAMT [2001b]: *A Physical input-output table for Germany 1995*. Statistisches Bundesamt Deutschland. Wiesbaden.
- STEURER, A. [1996]: Material flow accounting and analysis - Where to go at a European Level. In: *Statistics Sweden (szerk.): Third meeting of the London Group on Natural Resource and Environmental Accounting – Proceedings Volume*. Stockholm.
- SZABÓ E. – POMÁZI I. [2003]: *Magyarország környezeti mutatói 2002*. Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium. Budapest.
- WEISZ, H. [2000]: *Accounting for economy-wide material flows: Highly aggregated physical input output tables for Austria*. (Munkaanyag.)
- WEISZ, H. – SCHANDL, H. – FISCHER-KOWALSKI, M. [1999]: OMEN – An operating matrix for material interrelations between the economy and nature. How to make material balances consistent. In: *Kleijn, R. et al. (szerk.): Conaccount workshop ecologising societal metabolism – designing scenarios for sustainable materials management*. CML report. 148. sz. Leiden.

Summary

The main goal of economy-wide material flow accounting is to provide aggregate background information on composition and changes of the physical structure of socio-economic systems. Material flow accounting is a useful methodological framework for analysing economy-environment relationships and deriving environmental and integrated environmental/socio-economic indicators. These allow comparisons with aggregated economic or social indicators such as GDP and unemployment rates, thus help shift the policy focus from purely monetary analysis to integrating biophysical aspects.

Due to consistent and comprehensive data organisation, material flow accounts can directly be linked to existing economic accounting schemes, such as the system of national accounts and is part of extended environmental and economic accounts, like system of integrated environmental and economic accounts of the United Nations.

There are two main shortcomings in aggregating different qualities and quantities of material flows to derive aggregated indicators and the weak links between material flow accounting indicators and environmental impacts.