

## **Imamo le eno Zemljo – okoljski in vodni odtis ter učinkovita raba virov skozi naravoslovno perspektivo**

### Izvleček

Prispevek predstavi eno od osrednjih usmeritev pri spremljanju okoljske komponente razvoja – porabo razpoložljivih virov in nastajajočih odpadkov. V zadnjem času stanje trajnostnega razvoja spremljamo z novimi kazalci. Eden od teh je okoljski odtis, ki primerja potrebe človeštva z ekološko obnovitveno sposobnostjo Zemlje in predstavlja površino zemljišča, ki ga prebivalstvo potrebuje za ohranjanje svojega načina življenja. Trenutno stanje kaže, da bi za sedanji način potrošnje svetovnih surovin potrebovali več kot tri Zemlje, vendar se to močno razlikuje po posameznih predelih. Pomembni novi kazalci snovne izrabe so še vodni odtis in domača poraba snovi (DPS).

Naravoslovne vede ponujajo zelo kompleksno znanje o kroženju snovi in energije v naravi, kar omogoča globalno oceno snovnih tokov in oceno naravnega recikliranja oz. biološke zmogljivosti za samoobnovitev.

Učinkovita raba virov je postala vodilna politična strategija EU za nadaljnji gospodarski in družbeni razvoj. Prekinila naj bi neposredno povezanost med rabo virov in gospodarsko rastjo, obdržala okoljske vplive v naravnih mejah našega planeta in omejila tveganje za pomanjkanje virov.

Ključne besede: kazalec trajnostnega razvoja, razpoložljivi viri, okoljski odtis, vodni odtis, kazalec domače porabe snovi, biološka zmogljivost Zemlje, krožni tok snovi, meje planeta, učinkovita raba virov

## **We only have one Earth - Ecological and Water Footprint and efficient use of resources viewed from the natural-sciences perspective**

*The article addresses one of the key trends in monitoring the environmental component of development – the use of available resources and emerging waste. Recently, the status of sustainable development is being monitored by new indicators. One of them is the Ecological Footprint, which compares the needs of mankind to the ecological recovery capability of the Earth and presents the surface area needed for the population to preserve its modus vivendi. The existing situation indicates that the current mode of the world raw material consumption requires more than three Earths, however, this in practice differs greatly according to individual Earth regions. Important new indicators of the material's use are also the Water Footprint and Domestic material consumption (DMC). Natural sciences provide complex knowledge of matter and energy cycles, which enables global assessment of material flows and the assessment of natural recycling and/or biological capability of re-supply. The efficient use of resources has become the EU leading political strategy for future economic and social development. It should discontinue a direct link between the use of resources and economic growth, maintain environmental influence within the natural limits of our planet, and reduce the risk of resources shortage*

*Key words: sustainable development indicator, available resources, Ecological Footprint, Water Footprint, indicator of domestic materials consumption, biological capability of the Earth, matter and energy cycle, planetary boundaries, efficient use of resources.*

## 1 Snovne pretvorbe in agregatna stanja so del kroženja snovi v naravi

Zaradi različnih dejavnikov okolja se snovi v naravi spreminjajo, ker nanje delujejo zunanji dejavniki, zlasti so to temperatura tlak in svetloba. Glede na svojo sestavo se snovi na zunanje vplive različno odzovejo, lahko s fizikalno ali tudi kemijsko spremembo snovi. V kolikor začnejo vplivati druga na drugo in med seboj reagirati, pride do pretvorbe snovi, kar je značilnost kemijske spremembe. Snov se spremeni bistveno in trajno.



Slika 1: Pogled na snovi v štirih letnih časih  
vir: <http://www.kii3.ntf.uni-lj.si/...>, 3.3.2012

Na sliki 1 lahko opazimo izražene snovne spremembe v istem prostoru kot posledico kompleksnih biokemijskih reakcij in fizikalnih sprememb pod vplivom zunanjih dejavnikov, ki določajo tudi hitrost reakcij. Poznavanje nekaterih temeljnih fizikalnih in kemijskih zakonitosti o snoveh in vplivov različnih dejavnikov na njihove interakcije, nam omogoča razumevanje snovnih tokov v okolju.

Za razumevanje krožnih tokov v naravi, kakor tudi snovno-energetskih tokov antropogenega izvora, je pomembno razumevanje dveh temeljnih naravoslovnih zakonitosti in sicer zakona o ohranitvi mase in zakona o ohranitvi energije (ali 1. zakon termodinamike). **Zakon o ohranitvi mase** pove, da mase snovi ni možno niti ustvariti niti uničiti ne glede na kakšno spremembo gre. Masa vseh snovi, ki so vstopile v kemijsko reakcijo, je enaka masi snovi, ki je nastala. Ta zakonitost omogoča izračun snovne bilance posameznih snovi tudi na globalni ravni. **Zakon o ohranitvi energije** določa, da energije ni mogoče uničiti ali ustvariti iz nič, pod določenimi pogoji pa je mogoče pretvoriti eno obliko energije v drugo<sup>1</sup>.

## 2 Primeri kroženja nekaterih snovi v naravi in antropogeni vplivi

Gibanje snovi in energije poteka na več ravneh - na mikro ravni kot biološka prehranjevalna veriga, vključno s fotosintezo ter na globalni ravni, ki vključuje tudi stik z vesoljem. Kroženje in pretvorbo anorganskih ter organskih snovi kot nosilcev atomov, ki so nujni v življenjski verigi razvrščamo v več naravnih ciklov - vodikov, dušikov, ogljikov, fosforjev, kisikov ter žveplov cikel. Gre za najpomembnejše kemijske elemente, ki krožijo na globalni ravni, povezani pa so z vsemi glavnimi ekosistemi – biosfero, atmosfero, litosfero in hidrosfero. V biogeokemičnem ciklu gre za izmenjavo kemičnih elementov in spojin med živim in neživim delom ekosistema, torej med organizmi in okoljem. Izmenjujejo se elementi iz sicer končnih snovnih zalog, v katerih so snovi v pretežno stalni sestavi. V zraku so velike zaloge ogljika (kot  $\text{CO}_2$ ) in dušika; v vodah so zaloge vodika. V litosferi se nahaja večina kemijskih elementov, ki predstavljajo hranila, prenosni medij je predvsem

<sup>1</sup>

[http://sl.wikipedia.org/wiki/Prvi\\_zakon\\_termodinamike](http://sl.wikipedia.org/wiki/Prvi_zakon_termodinamike), 3.3.2012

voda. Ogljik v fosilnih gorivih je zaloga, nastala preko fotosinteze v daljšem geološkem obdobju (Park (v:Zupan, 2011, str.18)<sup>2</sup>. Izredno povečana človeška dejavnost, tako v kmetijskem kot industrijskem sektorju in prometu, spreminja deleže snovi v določenih fazah cikla, kar se je pokazalo kot grožnja ekosistemu, kot so učinek tople grede, kisle padavine, ozonska luknja, prekomerno povečanje hranil in kopičenje nevarnih snovi v vodah.

## 2.1 Primer krožnega toka vode

Temelji na fizikalnem procesu sprememb agregatnega stanja, na katere vplivata temperatura in tlak. Pod vplivom teh dveh dejavnikov prehaja led od medsebojno povezanih, praktično negibljevih molekul v trdnem stanju, do popolnoma prosto gibljivih molekul v plinastem stanju, ki vstopajo v ozračje, vplivajo na njegovo sestavo in na kemijske reakcije z drugimi plini. Tekoča faza vode je zaradi svoje hidratacijske sposobnosti medij za prenos, zlasti anorganskih hranil, v ionski ali polarni zgradbi. Prebitek hranil in fitofarmaceutskih sredstev se v raztopljeni obliki kopiči zlasti v podtalnici zaradi majhnega števila prisotnih organizmov, v površinskih vodah pa povzroča ekosistemsko neravnovesje med vegetacijo in raztopljenim kisikom.

Hidrološki cikel, v katerem voda nenehno spreminja svoje agregatno stanje, opisuje gibanje vode nad površino zemlje in pod njo, vključno z evapotranspiracijo - prehajanjem vode v obliki vodne pare z zemeljske površine in skozi listne reže rastlin v ozračje<sup>3</sup>. Ne glede na to, da se celotna masa vode ohranjanja, bo globalno poviševanje povprečne temperature po letu 1980 spremenilo razmerja med količino vode v posameznem agregatnem stanju. Ocene za porast povprečne temperature v 21. stoletju ob dosedanjih trendih proizvodnje in potrošnje so 4°C ali celo več, kar bi zaradi intenzivnejšega izhlapevanja pomenilo povečano maso plinaste faze in manjše količine površinske ter podzemne in vode. Tako stanje bi povzročilo izredne spremembe in pritiske v vodnogospodarski dejavnosti.

## 2.2 Primer krožnega toka ogljika

Ogljik je v vlogi temeljnega življenjskega elementa, saj ga potrebuje vsak zemeljski organizem, bodisi za svojo zgradbo ali kot energetski vir; človek potrebuje oboje. Kemijske lastnosti ogljika omogočajo tvorbo anorganskih spojin ter ogromnega števila organskih molekul, kar ni lastnost nobenega drugega kemijskega elementa. Krožni tok ogljika (ogljikov cikel) predstavlja izmenjavo ogljikovih atomov iz njegovih številnih spojin, med atmosfero, oceani, biosfero in geosfero. Je eden od najpomembnejših globalnih biogeokemičnih krožnih tokov snovi, ki ga delimo v geološko in biološko komponento. Geološki ogljikov tok se meri na časovni lestvici v milijonih let, medtem ko se biološki cikel meri v času od nekaj dni do tisoč let. 4

Slika 2 kaže, da je glavna zaloga ogljika v atmosferi v obliki ogljikovega dioksida CO<sub>2</sub>. Količine snovnih tokov so podane v gigatonah (1Gt = 10<sup>9</sup> t).<sup>5</sup> Naravni snovni tok poteka preko fotosinteze organizmov, vrača pa se preko dihanja nazaj v atmosfero. Ogljikov dioksid tvori z vodo šibko kislino, zaradi česar nastaja hidrogen karbonatni ion (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), ki tvori večinoma netopne soli, npr. kalcijev karbonat (apnenec), kar izkoristijo školjke, raki...). Šibka ogljikova kislina počasi raztaplja nekatere minerale, zaradi česar lahko vstopajo v prehranjevalno verigo.

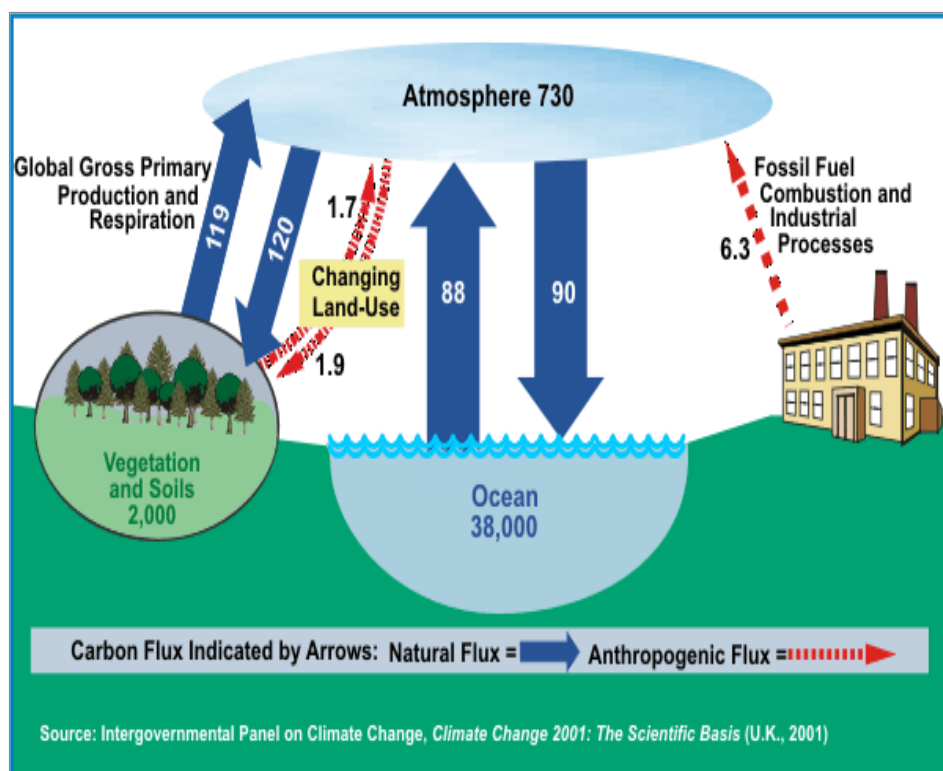
---

<sup>2</sup> Maja Zupan, magistrska naloga: Snovnoenergetski pretoki skozi Slovenijo in primerjava z izbranimi državami, Uni Lj.2011,

<sup>3</sup> <http://meteo.arso.gov.si/met/sl/agromet/period/etp/> 8.4.2012

<sup>4</sup> [http://www.visionlearning.com/library/module\\_viewer.php?mid=95](http://www.visionlearning.com/library/module_viewer.php?mid=95) - 8.4. 2012

<sup>5</sup> [http://www.visionlearning.com/library/module\\_viewer.php?mid=95](http://www.visionlearning.com/library/module_viewer.php?mid=95) - 8.4. 2012



Slika 2: Krožni tok ogljika

Vir: Medvladni portal o podnebnih spremembah; podnebne spremembe 2001 (U.K. 2001)

Človek je posegel v uravnotežen krožni tok s spremembo namembnosti zemljišč, še zlasti pa z izredno veliko rabo fosilnih goriv v zadnjih sedemdesetih letih. Reakcijski čas kopičenja atmosfarskega ogljika v organizmih, ki so postali fosilna goriva, je neprimerno daljši od reakcij gorenja, pri katerih se sprošča nazaj v atmosfero. Ponori ne morejo slediti tako velikim emisijam ogljikovega dioksida, zato se količina prosto gibljivih plinastih molekul v atmosferi kopiči, njihov toplogredni učinek pa globalno vpliva na podnebne spremembe.

### 3 Raba naravnih virov in kazalci trajnostnega razvoja

Zemlja ima končne zaloge snovnih virov. Njihova raba je povezana s proizvodnjo in potrošnjo ljudi za svoj življenjski slog in razvoj. Socio-ekonomski razvoj razvitega dela sveta, povezan s potrošništvom in s hitrim, globalnim naraščanjem prebivalstva v zadnjih 100 letih, predstavlja izreden pritisk na rabo naravnih virov in povečano količina odpadkov. Zato se je evropska politika zavezala k učinkoviti rabi virov in uvedbi zelene ekonomije, katere cilj je pridobivanje uporabnih surovin iz odpadkov. Prizadevanja za boljšo količinsko opredelitev vplivov rabe virov na okolje in doseganje napredka pri razdruževanju gospodarske rasti od rabe naravnih virov, potekajo z oblikovanjem novih kazalnikov.

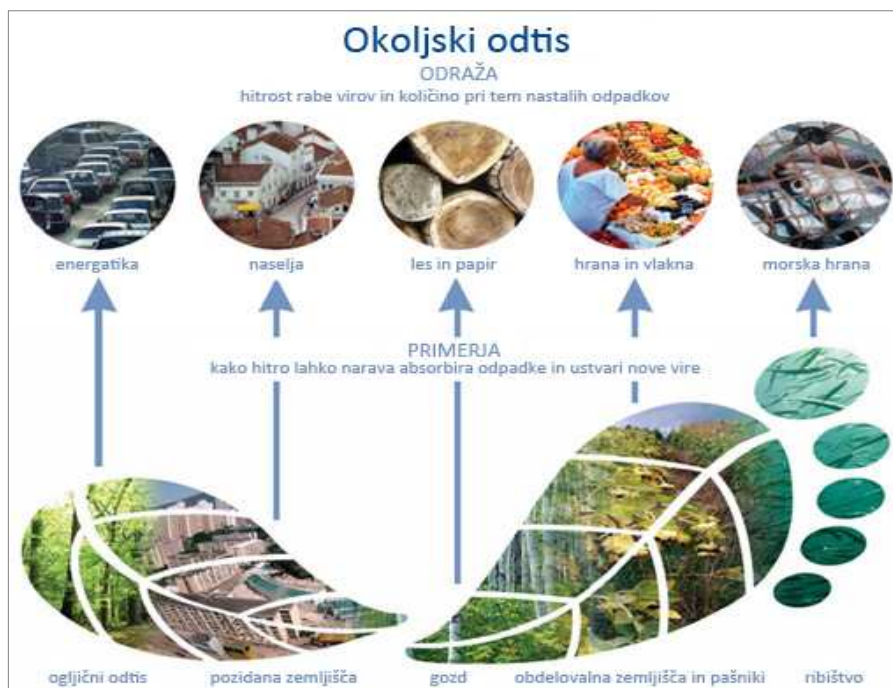
#### 3.1 Okoljski odtis, domača poraba snovi in vodni odtis

**Okoljski odtis** je kazalec trajnostnega razvoja, ki opredeli: "površino zemljišča, ki ga prebivalstvo potrebuje za ohranjanje svojega načina življenja. Okoljski odtis primerja biološko produktivne površine z vsemi površinami, ki so na voljo, vključno z morjem./...../ Del odtisa so tudi izpusti ogljikovega dioksida in površina morja"<sup>6</sup>. Okoljski odtis je izražen v standardizirani enoti biološko produktivne površine - v globalnem hektarju (gha) na osebo. Evropska komisija s tem kazalcem

6

ARSO-Kazalci okolja; okoljski odtis, 8.4.2012, dosegljivo na spletni strani: kazalci.arso.gov.si

spremlja okoljsko komponento razvoja. Skupaj s kazalcem vodnega odtisa: "odražata trajnostno potrošnjo človeštva in tako pomembno vplivata na vrednost naravnega kapitala" (vir 10).



Slika 3: Okoljski odtis

Vir: ARSO ( GFN, Footprint for Nations, 2011)

Opredelitve v kazalniku okoljskega odtisa, (ARSO-Kazalci okolja; okoljski odtis, 8.4.2012):

„Biološko produktivne površine, vključno s površino morja so tiste, ki so namenjene ali potrošnji (proizvodnja hrane, vlaken, lesa in industrijskih rastlin z gospodarskim pomenom ter zemljišča namenjena infrastrukturi) ali absorpcije ogljikovega dioksida“ (Vir 10: ARSO KOS). Večina biološke proizvodnje poteka na približno eni četrtini Zemljine površine, kar je 11,9 milijard hektarjev.

„Biološka zmogljivost ali biokapaciteta predstavlja površino zemljišč ali morja, ki je potrebna za proizvodnjo hrane, vlaken, lesa, goriv in absorpcijo ogljikovega dioksida in so se je sposobna samoobnavljati ali regenerirati.“ (Vir 10: ARSO KOS).

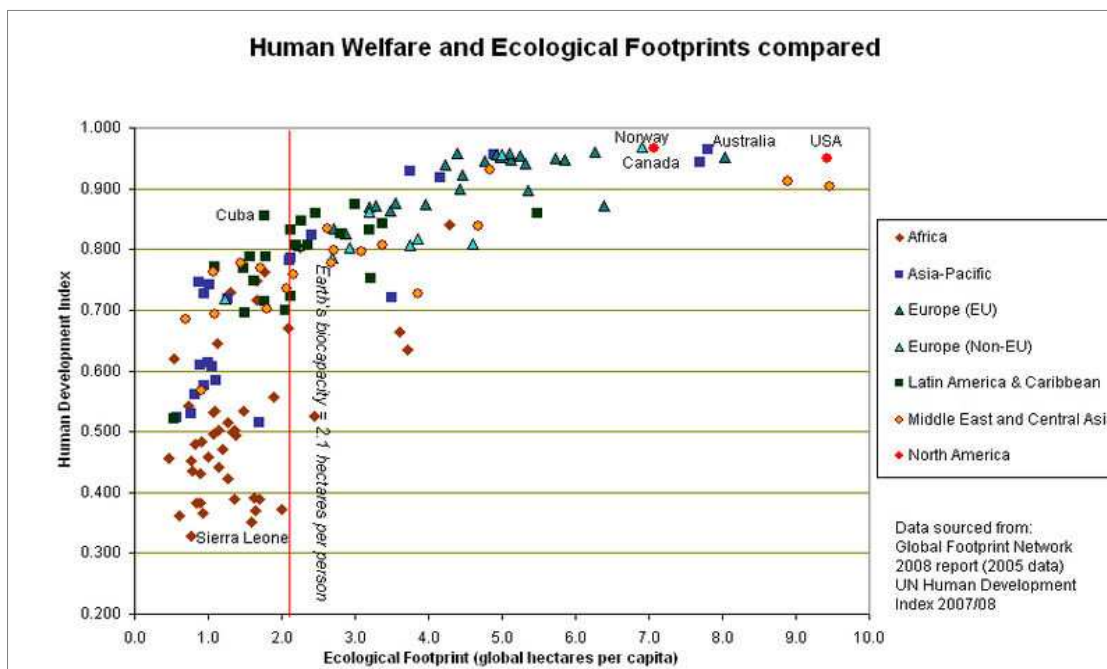
Razlika med okoljskim odtisom in biološko zmogljivostjo predstavlja okoljski primanjkljaj, iz katerega lahko ocenimo koliko Zemlja bi potrebovali ob dosedanjem stanju bioproduktivnosti Zemlje in potrošnje sedanjega števila prebivalstva.

Slika 4, ki kaže da znaša sedanja biološka zmogljivost 2,1 gha. Primerjava med blaginjo različnih držav in njihovim okoljskim odtisom pokaže, da je večina afriških, azijsko - pacifičnih in latinsko-ameriških držav pod to mejo, medtem, ko jo Amerika, Kanada, Avstralija in mnoge evropske države bistveno presegajo.

Okoljski odtis Slovenije je bil 5,3 gha v letu 2010 ( evropsko povprečje 4,9), kar pomeni, da bi za svoje potrebe in način življenja in ravnanja z odpadki potrebovali 2,5 Zemlje.

**Kazalec domače porabe snovi** (DPS) kaže koliko naravnih virov neposredno porabi gospodarstvo določene države, pri čemer se šteje, da iz vsake tone snovi, ki jih vnesemo v gospodarstvo, na koncu nastanejo odpadki ali izpusti. Kazalec ne upošteva razlik, kako te snovi

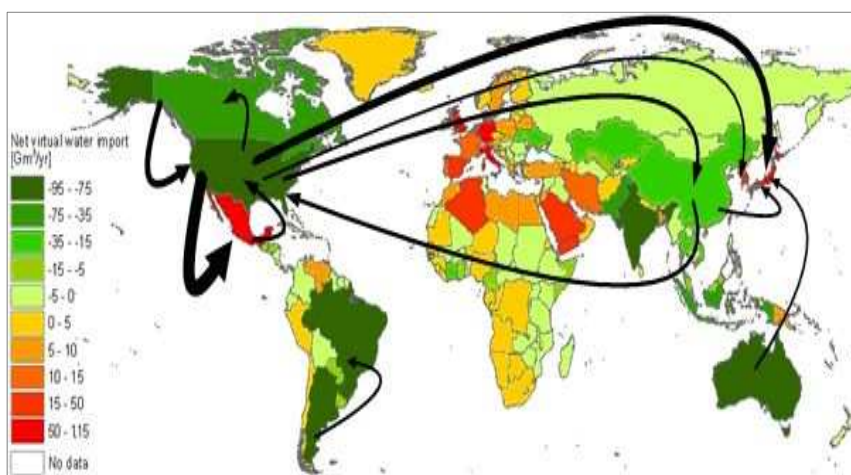
vplivajo na okolje, kar je določena pomanjkljivost<sup>7</sup>.



Slika 4: Primerjava med blaginjo v posameznih državah in okoljskim odtisom

Vir: Global Footprint Network 2008 report

**Vodni odtis je kazalnik<sup>8</sup>**, ki poda oceno neposredno in posredno porabljene sveže vode in količino onesnažene vode pri potrošnikih in proizvajalcih in je namenjen upravljanju z vodnimi viri. Podan je kot volumen porabljene in onesnažene vode v časovni enoti. Izračuna se za točno določene skupine uporabnikov (posamezniki, družine, mesta, določen ekonomski sektor...). Opredeljen je tudi s točno geografsko lokacijo. Vodni odtis proizvodov (in storitev) ne zajema le količin sveže porabljene vode, temveč tudi odkod je bila ta voda zajeta, zaradi česar so določena področja zaradi proizvodnje bistveno bolj obremenjena in izgubljajo svoje količine sveže vode, kopičijo pa onesnaženo.



Slika 5: Virtualni pretok vode preko proizvodov

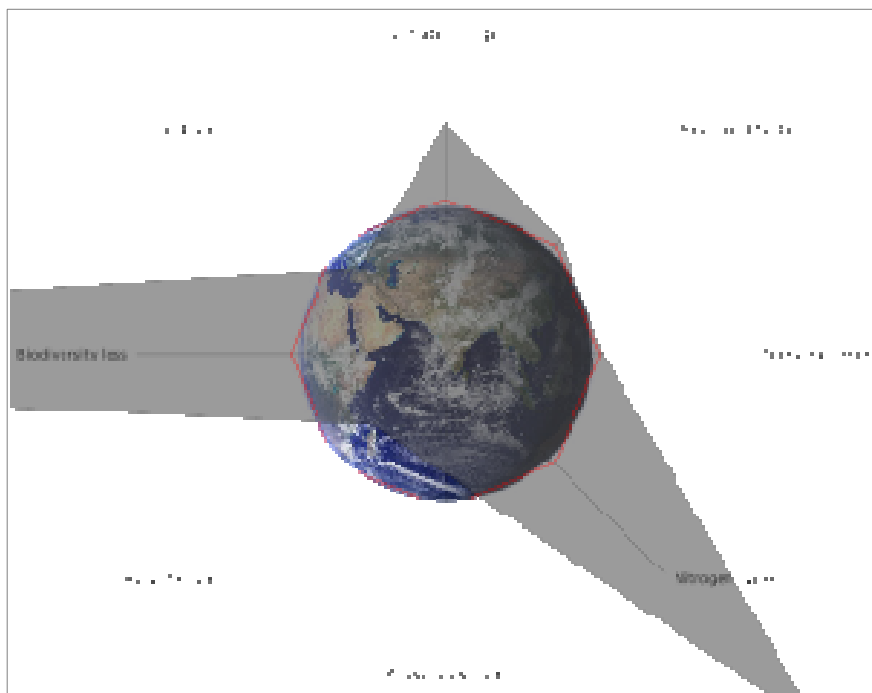
<sup>7</sup> Evropsko okolje — stanje in napovedi, strnjeno poročilo EEA 2010, str. 79, Evropska agencija za okolje, Kopenhagen

<sup>8</sup> <http://www.waterfootprint.org?page=files/Glossary>

Vir: Mekonnen and Hoekstra (2011).

Na sliki 5 je izrisan globalni virtualni prenos vode preko trgovine s kmetijskimi in industrijskimi proizvodi v obdobju 1996-2005. Neto izvozniki so obarvani zeleno, neto uvozniki pa rdeče. S puščicami so prikazani največji mednarodni virtualni vodni tokovi ( $> 15 \text{ Gm}^3/\text{leto}$ )<sup>9</sup>.

#### 4 Planetarne meje in trajnostna raba virov



Slika 5: Planetarne meje

Vir. [http://en.wikipedia.org/wiki/Planetary\\_boundaries](http://en.wikipedia.org/wiki/Planetary_boundaries), 8.4.2012

Na sliki 5 so vrisane meje planeta kot jih je s skupino sodelavcev opredelil Rockström 2009. Siva polja so presežene meje zaradi preobsežne človeške dejavnosti. Obstaja bojazen, da gre za ireverzibilne procese in prekinitev trajnostnega razvoja. Od devetih opredeljenih mej so presežene na štirih področjih - pri izgubi biodiverzitete, podnebnih spremembah, pri dušikovem ciklu in zakisanju oceanov. Razgradnja ozonske plasti je na meji, približuje se fosforjev cikel, medtem, ko sta poraba sveže vode in izkoriščanje tal še nekoliko odmaknjena od skrajne meje. Zaradi zavedanja omejenosti naravnih virov, vse večje njihove potrošnje in negativnih okoljskih vplivov, so viri tudi vse dražji. Trajnostno stanje, ki bi preprečilo nepopravljivo ekosistemsko škodo, je možno doseči le s trajnostno rabo virov. " V povprečju v EU vsako leto porabimo 16 ton snovi na prebivalca, iz večine teh snovi pa prej ali slej nastanejo odpadki: od 6 ton odpadkov na prebivalca, kolikor jih vsako leto nastane v EU, jih približno 33 % prihaja iz gradbenih in rušitvenih dejavnosti, približno 25 % iz pridobivanja rudnin in kamnin, 13 % iz proizvodnih dejavnosti in 8 % iz gospodinjstev" (Vir 11: Evropsko okolje — stanje in napovedi 2010, str. 76).

Pomanjkanje virov in rast cen bo prizadelo evropsko gospodarstvo, zato jih bo potrebno upravljati učinkoviteje v njihovem celotnem življenjskem ciklusu, od pridobivanja, prevoza, nadaljnje predelave in porabe do odstranjevanja odpadkov ". To pomeni ustvarjanje večje vrednosti z uporabo manjše količine materialov in drugačno porabo. Takšno ravnanje bo omejilo tveganje pomanjkanja virov in obdržalo okoljske vplive v naravnih mejah našega planeta"(vir 2:Učinkovita raba virov: str.3). S tem je neposredno povezano preprečevanje nastajanja odpadkov in njihovo recikliranje.

## 5 Zaključek

Naravoslovne znanosti, skupaj z inovativnim tehnološkim razvojem, lahko zmanjšajo pritisk na matične naravne vire z večjo učinkovitostjo, saj so že zdaj nekatera gospodarstva v EU 16 krat bolj učinkovita od nekaterih drugih. Recikliranje in ponovna raba določenih vgradnih elementov bo dodatno spremenilo snovne tokove. Pomembno bo nadomestiti glavne surovine z drugimi, ki zagotavljajo večjo učinkovitost in manj vplivajo na okolje v celotnem življenjskem obdobju. Novi poslovni modeli, blago in storitve bodo nujno vsebovale manj materialov. "Oblikovalci politik morajo najti načine za upoštevanje prave vrednosti naravnih virov pri sprejemanju odločitev, kar bo omogočilo boljše upravljanje naših naravnih virov. Če se naučimo ceniti in denarno ovrednotiti ekosistemske storitve in naravne vire, se bo zmanjšal pritisk na okolje". (vir 2:Učinkovita raba virov: str.3).

