UNIVERZITA MATEJA BELA
V BANSKEJ BYSTRICI
FAKULTA PRÍRODNÝCH VIED

Radoslava Kanianska

MATERIÁLOVÉ TOKY PRÍRODNÝCH ZDROJOV S DÔRAZOM NA BIOMASU

BELIANUM

BANSKÁ BYSTRICA
2016

UNIVERZITA MATEJA BELA
V BANSKEJ BYSTRICI
FAKULTA PRÍRODNÝCH VIED

Ing. Radoslava Kanianska, CSc.

MATERIÁLOVÉ TOKY PRÍRODNÝCH ZDROJOV S DÔRAZOM NA BIOMASU

Banská Bystrica
2016

Publikácia vznikla v rámci riešenia projektu č. 028UMB-4/2015 „Zelená ekonomika“ financovaného Kultúrnou a edukačnou grantovou agentúrou MŠVVaŠ SR.

Autor: Ing. Radoslava Kanianska, CSc.

Názov: Materiálové toky prírodných zdrojov s dôrazom na biomasu

Vedecký editor: prof. RNDr. Iveta Marková, PhD.

Recenzenti: prof. RNDr. Iveta Marková, PhD.
doc. RNDr. Juraj Bebej, CSc.
Mgr. Jan Kovanda, PhD.

Rozsah: 114 strán; 6,7 AH

Náklad: 100 výtlačkov

Vydavateľ: ©Belianum. Vydavateľstvo Univerzity Mateja Bela v Banskej Bystrici

Edícia: Fakulta prírodných vied

Rok vydania: 2016

Návrh obálky: Mgr. Stanislav Kaniansky

Tlač: EQUILIBRIA s.r.o., Košice

Vydanie schválila Edičná rada FPV UMB v Banskej Bystrici ako vedeckú monografiu. Rukopis neprešiel jazykovou úpravou.

© Ing. Radoslava Kanianska, CSc., 2016

ISBN 978-80-557-1086-0

OBSAH

ÚVOD 5

ABSTRAKT 6

ABSTRACT 8

1 ZEM A ZEMSKÉ SFÉRY 10
1.1 Vznik a vývoj Zeme a zemských sfér 10
1.2 Zemské sféry, ich charakteristika a chemické zloženie 12
1.2.1 Litosféra 12
1.2.2 Atmosféra 14
1.2.3 Hydrosféra 14
1.2.4 Biosféra 15
1.2.5 Pedosféra 16

2 PRÍRODNÉ ZDROJE, ICH ZÁSOBY A VYUŽÍVANIE VO SVETE, V EURÓPE A NA SLOVENSKU 18
2.1 Abiotické neobnoviteľné prírodné zdroje 19
2.1.1 Nerastné suroviny 19
2.2 Biotické obnoviteľné prírodné zdroje 21
2.2.1 Biomasa 21
2.3 Voda 23
2.4 Pôda 26
2.5 Vplyv ťažby a využívania prírodných zdrojov na životné prostredie 28
2.5.1 Vplyv využívania prírodných zdrojov na litosféru 29
2.5.2 Vplyv využívania prírodných zdrojov na ovzdušie 29
2.5.3 Vplyv využívania prírodných zdrojov na vodu 31
2.5.4 Vplyv využívania prírodných zdrojov na pôdu 31
2.5.5 Vplyv využívania prírodných zdrojov na biotu 32

3 EKONOMIKA A MANAŽÉRSTVO VYUŽÍVANIA PRÍRODNÝCH ZDROJOV 34
3.1 Politické východiská 34
3.2 Prírodný kapitál a prírodné zdroje 37
3.3 Socioekonomický metabolizmus 39
3.4 Analýza a účtovníctvo materiálových tokov 40
3.5 Indikátory materiálových tokov 43
3.5.1 Indikátory vstupov 45
3.5.2 Indikátory výstupov 46
3.5.3 Indikátory spotreby 47
3.5.4 Odvodené indikátory materiálových tokov 47
3.6 Stav a vývoj indikátorov materiálových tokov v Európskej únii a na Slovensku 49

4 MATERIÁLOVÉ TOKY BIOMASY A ICH VYUŽITIE V ENVIRONMENTÁLNYCH ANALÝZACH 52
4.1 Vznik biomasy 53
4.2 Produkčný systém biomasy 56
4.3 Charakteristika a delenie biomasy 57
4.4 Metódy kvantifikácie poľnohospodárskej a lesnej biomasy 58
4.4.1 Metóda kvantifikácie biomasy na ornej pôde 59
4.4.2 Metóda kvantifikácie biomasy trvalých trávnych porastov 64
4.4.3 Metóda kvantifikácie biomasy na lesných pozemkoch 65
4.4.4 Metóda kvantifikácie biomasy zo živočíšnej výroby 67
4.5 Materiál pre kvantifikáciu poľnohospodárskej a lesnej biomasy 68
4.6 Využívanie pozemkov a zmeny krajinnej pokrývky ako faktory podmieňujúce produkciu biomasy 70
4.6.1 Využívanie pozemkov a zmeny krajinnej pokrývky na Slovensku 70
4.6.2 Využívanie pozemkov a zmeny krajinnej pokrývky na modelových územiach 74
4.7 Množstvo ročne vyprodukovanej poľnohospodárskej a lesnej biomasy na Slovensku 75
4.7.1 Stav a vývoj množstva ročne vyprodukovanej biomasy na ornej pôde 75
4.7.2 Množstvo ročne vyprodukovanej biomasy trvalých trávnych porastov a na lesných pozemkoch 79
4.7.3 Stav a vývoj množstva ročne vyprodukovanej biomasy zo živočíšnej výroby 79
4.7.4 Porovnanie množstva ročne vyprodukovanej biomasy rôznych kategórií 81
4.8 Množstvo ročne vyprodukovanej poľnohospodárskej a lesnej biomasy na modelových územiach 81
4.9 Materiálové toky výrobného procesu poľnohospodárskej biomasy 83
4.10 Vybraté účty materiálových tokov poľnohospodárskej fytomasy na makroekonomickej úrovni 84
4.11 Využitie indikátorov materiálových tokov poľnohospodárskej fytomasy v environmentálnych analýzach 87
4.11.1 Príspevok fytomasy k plneniu ekosystémových služieb 88
4.11.2 Sekvestrácia uhlíka fytomasou 89
4.11.3 Environmentálna efektivita výroby fytomasy 90
4.11.4 Záťaž generovaná výrobou fytomasy na životné prostredie 91
4.11.5 Potenciál energetického využitia doposiaľ nevyužitej fytomasy 92

5 ZÁVER 94

LITERATÚRA 95
ZOZNAM TABULIEK 106
ZOZNAM OBRÁZKOV 107
ZOZNAM VYBRATÝCH SKRATIEK A SYMBOLOV 109
REGISTER 111

Úvod

Žijeme v období antropozoika, v čase, keď sa antropogénne činnosti stali hybnou silou mnohých environmentálnych zmien na Zemi. V súčasnosti žije na Zemi 7 miliárd ľudí a podľa predpovedí Organizácie spojených národov, svetová populácia presiahne v roku 2050 9 miliárd. To znásobí už existujúci tlak vyvíjaný na životné prostredie a zdroje využívané ľudskou populáciou. Stúpne dopyt po potravinách a krmovinách, vode, energii, nerastných surovinách. Už v priebehu 20. storočia, so štvornásobným nárastom celosvetovej populácie, hospodárska produkcia vzrástla vyše dvadsať násobne a spotreba fosílnych palív štrnásť násobne.

S rastom ekonomiky rastie aj záujem o životné prostredie a prírodné zdroje. Kritériá kvality životného prostredia a reálnej vyčerpateľnosti zásob prírodných zdrojov sa stali determinantami hospodárskeho rastu. Životné prostredie, označované v ekonomickej terminológii pojmom prírodný kapitál, získalo v modeloch rastu kľúčové postavenie.

Z uvedeného je zrejmá nevyhnutnosť potreby vedomostnej základne týkajúcej sa špecifikácii, kvantifikácii a využívaniu prírodných zdrojov slúžiacej pre ďalšie analýzy ako aj manažérske a politické opatrenia vedúce k ich efektívnemu využívaniu a zelenému rastu.

Cieľom tejto publikácie je predstavenie prírodných zdrojov, obnoviteľných aj neobnoviteľných, z pohľadu ich zásob a materiálových tokov vo svete, v Európe a na Slovensku. Materiálovým tokom predstavujúcim záťaž, ktorou ľudská spoločnosť vyvíja tlak na životné prostredie, je venovaná samostatná kapitola. Nasleduje analýza materiálových tokov a ich indikátorov s následnou aplikáciou v environmentálnom účtovníctve.

Osobitná časť je venovaná biomase, obnoviteľnému prírodnému zdroju, jej materiálovým tokom, indikátorom a výkazníctvu na národnej úrovni ako aj na modelových územiach. Podrobná kvantifikácia rôznych kategórií poľnohospodárskej fytomasy vytvorila základňu pre vypracovanie indikátorov a účtov jej materiálových tokov, nachádzajúc využitie v ďalších environmentálnych analýzach a podkladoch pre efektívne manažérske postupy.

Moje poďakovanie patrí recenzentom, prof. RNDr. Ivete Markovej, PhD., doc. RNDr. Jurajovi Bebejovi, CSc. a Mgr. Janovi Kovandovi, PhD. za posúdenie monografie a cenné pripomienky.

Radoslava Kanianska

Abstrakt

V období dlhého geologického vývoja Zeme sa postupne vyvinulo 5 základných zemských sfér, litosféra, atmosféra, hydrosféra, biosféra a pedosféra, V súčasnosti sa v spolupôsobení ľudí a technológií formuje antroposféra. Zemské sféry majú špecifické vlastnosti odrážajúce ich chemické zloženie a hmotnostné charakteristiky. Zo zemských sfér sa najvyššou hmotnosťou vyznačuje litosféra, najmenšou biosféra. Všetky v rôznom rozsahu poskytujú látky a materiály nevyhnutné pre človeka. Podľa Organizácie spojených národov sa prírodné zdroje delia na materiály (neobnoviteľné a obnoviteľné), vodu, pôdu a ovzdušie. Ich kapacita je determinantom ekonomického rastu. Napriek členeniu prírodných zdrojov na obnoviteľné a neobnoviteľné majú všetky svoje limity a ich kapacita na planéte Zem je obmedzená.

V priebehu 20. storočia, celosvetová ťažba surovín vzrástla 34 násobne. Vo svetovom meradle je najväčší dopyt po energetických surovinách, metalických rudách, stavebných materiáloch a biomase. Na Slovensku podstatnú časť ťažby tvorí ťažba nerudných, stavebných a energetických surovín. Slovensko patrí medzi svetových producentov magnezitu a perlitu. Čo sa týka pôdy, celková výmera plochy všetkých kontinentov tvorí viac ako 145 mil. km^2, z čoho asi 30% zaberá lesná pôda, viac ako 19% orná pôda a menej ako 10% trávne porasty. Zastavané plochy na všetkých kontinentoch stále rastú, častokrát na úkor produkčných pôd. To sa odráža v poklese produkcie biomasy. Najvyššou ročnou čistou primárnou produkciou sa vyznačujú tropické lesy (1 566 – 2 502 $g.m^{-2}$) a naopak najnižšu ročnú primárnu produkciu majú púšte (102 – 252 $g.m^{-2}$). Pod zvyšujúcim sa tlakom sú aj zásoby vody. Z celkového objemu 1,4 miliárd km^3 vody na Zemi, 97% predstavuje slaná voda s limitovaným potenciálom jej využitia a 3% sladká voda. Do roku 2030 sa predpokladá, že počet ľudí trpiacich nedostatkom vody, žijúcich v oblastiach postihnutých dôsledkami klimatickej zmeny, vzrastie na 3,9 miliardy. V Európe, v porovnaní s inými regiónmi, ľudia netrpia akútnym nedostatkom vody alebo jej zlou kvalitou.

Dôsledky ťažby a využívania prírodných surovín sa odrážajú na stave všetkých zložiek životného prostredia. Najkomplexnejší pohľad na zložky životného prostredia je možné získať z kauzálneho DPSIR reťazca (D – Driving forces – hnacie sily, P – Pressure – tlak, S – State – stav, I – Impact – dôsledok, R – Response – odozva), predstavujúceho základný metodologický nástroj integrovaného posudzovania životného prostredia. Príčinno-následné vzťahy pomocou DPSIR modelu sme použili pri hodnotení vplyvu využívania prírodných zdrojov na litosféru, ovzdušie, vodu, pôdu a biotu.

S cieľom udržateľného využívania prírodných zdrojov je potrebná aplikácia efektívnych nástrojov politiky a vhodné manažérske postupy. Zelené stratégie presadzujú začlenenie prírodného kapitálu do environmentálneho účtovníctva a efektívne využívanie zdrojov vychádzajúce z analýzy materiálových tokov. Analýza materiálových tokov kvantifikuje fyzickú výmenu medzi hospodárstvom krajiny, životným prostredím a cudzími ekonomikami a to na základe celkového hmotnostného množstva materiálov, ktoré každý rok prejdú hranicami hospodárstva. Odkrýva negatívne dôsledky zhodnocovania surovín v ekonomike na životnom prostredí. Analýza materiálových tokov môže byť aplikovaná pre neobnoviteľné (nerastné suroviny, pôda) aj obnoviteľné (voda, biomasa) prírodné zdroje.

Najväčší podiel na vyťažených surovinách na Slovenska majú nerudné suroviny, nasleduje biomasa, energetické suroviny a najmenší podiel pripadá na metalické rudy. Biomasa je so svojim viac ako štvrtinovým podielom na celkovo vyťažených domácich surovinách významným prírodným zdrojom pre hospodárstvo Slovenska. Preto sme sa zamerali na hodnotenie stavu a vývoja v produkcii biomasy na národnej úrovni a na modelových územiach. Zostavené boli materiálové toky poľnohospodárskej fytomasy, ich indikátory a účty. Agroekosystémy a lesné ekosystémy Slovenska ročne vyprodukujú viac ako 40 miliónov ton biomasy. Časť vyprodukovanej biomasy, zberaná úroda z ornej pôdy či

vyťažená drevná hmota, je zhodnocovaná priamo v národnom hospodárstve. Časť z biomasy ostáva súčasťou ekosystémov (koreňové zvyšky).
Vývoj celkového množstva biomasy, zberanej vo forme úrod, má na Slovensku od roku 1990 klesajúcu tendenciu. V období rokov 1990 až 2014 sa celková úroda poľnohospodárskej biomasy znížila z 14 418 000 t na 10 730 000 t. Napriek tomu, že množstvo zberanej úrody klesalo, množstvo vyprodukovaných pozberových zvyškov malo pomerne vyrovnaný priebeh. Dôvodom boli najmä stabilizované plochy a tým aj úrody obilnín, ktoré produkujú podstatnú časť kalkulovaných pozberových zvyškov (najmä slamy).
V roku 2006 bolo podľa našich prepočtov na Slovensku spolu vyprodukovanej 49 299 941 t biomasy z agroekosystémov a lesných ekosystémov, z toho 39 081 037 t nadzemnej a 10 218 905 t podzemnej. Hlavný podiel z vyprodukovanej biomasy pripadal na biomasu z lesných pozemkov, nasledovala biomasa z ornej pôdy a nakoniec bola biomasa trvalých trávnych porastov. Celková biomasa na ornej pôde predstavovala 16 725 255 t, z toho 8 059 636 t tvorila úroda plodín, 5 780 279 t pozberové zvyšky (z toho 3 699 687 t využité a 2 080 592 t nevyužité) a 2 885 340 t koreňové zvyšky. Trvalými trávnymi porastmi bolo celkovo vyprodukovaných zhruba 6 776 719 t biomasy, z toho 1 783 347 t nadzemnej a 4 993 372 t podzemnej biomasy. Na lesných pozemkoch bolo celkovo vyprodukovaných zhruba 25 703 165 t biomasy, z ktorej 6 907 151 t tvoril prírastok dreva na pni, 16 455 821 t vetvy s listami a 2 340 193 t koreňová hmota.
Množstvo vyprodukovanej biomasy okrem vplyvu prírodných a geografických podmienok odrážalo aj výrazný vplyv spôsobov využívania pôdy a manažérskych postupov. Na modelových územiach sa množstvo vyprodukovanej biomasy líšilo najmä dôsledkom rôznych výmer katastrálnych území a druhov pozemkov. Aj z tohto dôvodu bola najmenšia produkcia vypočítaná pre najmenšie katastrálne územie Kráľovho Brodu (25 364 t), nasledovala Liptovská Teplička (114 546 t) a Očová a Dúbravy (122 945 t). Napriek rozdielnej produkcii z rôznych kategóriách pozemkov, priemerná ročná hektárová produkcia celkovej biomasy z agroekosystémov a lesných ekosystémov spolu bola na všetkých troch modelových územiach približne rovnaká (11,62 $t.ha^{-1}$ k. ú. Kráľov Brod, 11,68 $t.ha^{-1}$ v k. ú. Očová a Dúbravy, 11,78 $t.ha^{-1}$ v k. ú. Liptovská Teplička).
Pomocou detailnej kvantifikácii biomasy a ďalších vstupných údajov sme zostavili materiálové toky jej výrobného procesu na národnej úrovni. Následne sme zostavili vybraté účty materiálových tokov.
Indikátory a účty materiálových tokov tvoria východiskové podklady ďalších environmentálnych analýz, ako je hodnotenie environmentálnej efektivity výroby fytomasy, potenciálu energetického využitia biomasy, sekvestrácie uhlíka či príspevku k ekosystémovým službám. Umožňujú posúdenie veľkosti ekonomiky a z toho plynúce celkové zaťaženie životného prostredia spojené so spotrebou materiálov ako aj zhodnotenie životného prostredie ako zdroja surovín a energie na jednej strane a jeho schopnosti asimilovať a rozkladať odpadové látky na strane druhej. Zistili sme, že nevyužité pozberové zvyšky z ornej pôdy, stanovené na národnej úrovni v roku 2006, mohli poskytnúť takmer 30 PJ tepla. Toto množstvo by mohlo pokryť zhruba 10 - 30% z celkovej energie spotrebovanej ročne sektorom poľnohospodárstva. Významný bol príspevok k sekvestrácii uhlíka či ekosystémovým službám.

Kľúčové slová: prírodný zdroj, materiálový tok, biomasa, agroekosystém, lesný ekosystém

Abstract

During the long geological earth formation process five fundamental earth spheres were gradually developed lithosphere, atmosphere, hydrosphere, biosphere and pedosphere. Currently, the anthroposphere is forming in the interactions of people and technologies. Earth spheres have specific features reflected their chemical composition and mass characteristics. The highest mass is typical for lithosphere, the lowest for biosphere. All spheres provide in a different extent substances and materials necessary for humans. According to the United Nations natural resources are divided into materials (renewable and non-renewable), water, soil and air. Their capacity is a determinant of an economic growth. Despite the distinguishing natural resources as renewable and non-renewable, all have their limits and their capacity on Earth planet is limited.

Over the 20th century, the world extracting 34 times more material resources. The highest demand in the world is for fossil energy materials, non-metalic minerals, metal ores and biomass. In Slovakia, the major part of the extracted materials creates non-metalic minerals, construction and energy materials. Slovakia belongs to the world´s producers of magnesite and perlite. Concerning to the soil, the total surface area of all continents formed more than 145 million km^2, of which about 30% is occupied by forest land, more than 19% by arable land, and less than 10% by grasslands. Built-up areas on all continents are still growing, often at the expense of productive soils. This reflects in a drop in biomass production. Tropical forests have the highest net primary production (1,566 – 2,502 $g.m^2$) on the world, the lowest have deserts (102 – 252 $g.m^2$). Water supply are also under an increasing pressure.

From the total water volume of the Earth, 1.4 billion km^3, 97% is occupied by the salt water with limited potential of their usage, and only 3% by fresh water. By 2030, it is assumed, that the number of people suffering from water shortage, living in areas affected by the consequences of climate change, will increase to 3.9 billion. In Europe, compared with other regions, people do not suffer from devastating shortage of water or its poor quality.

Consequences of material extracting and utilisation reflect on the state of all parts of the environment. The most comprehensive view on all parts of the environment can be obtain from the causal DPSIR chain (D – Driving forces, P – Pressure, S – State, I – Impact, R – Response),

Representing the basic methodological tool of integrated environmental assessment causal and consequental relations using DPSIR model was used to evaluate the impact of natural resources utilisation on lithosphere, atmosphere, water, soil, and biota.

Application of effective tools of policy and appropriate management methods are required to gain sustainable use of natural resources. Green strategies support natural capital implementation into the environmental accounting and effective use of natural resources based on material flow analysis. Material flow analysis quantifies physical exchange between country economy, environment and foreign country economies using total mass of materials yearly flowing through boundaries of the economy. The analysis shows negative consequences of material use in economy on environment. It can be applied for material flow of non-renewable materials (minerals, ores, soil) and renewable materials (water, biomass).

The biggest portion on extracted materials in Slovakia has non-metalic minerals, followed by biomass, fossil energy materials. The smallest amount is covered by metal ores. Biomass creates more than one quarter portion on extracted materials in Slovakia and thus belongs to the important domestic raw materials. Therefore, we aimed at the assessment of the state and development in biomass production at national and local level in Slovakia. Material flows of agricultural phytomass, their indicators and accounts were set up. Agroecosystems and forest ecosystems of Slovakia yearly produce more than 40 million tonnes of biomass. The part of

the biomass, extracted as a yields from arable land and wood from forests, is directly used in national economy. The part of the biomass stay as a part of ecosystems, e.g. root residues.
Since 1990, the development of the total harvested biomass as yield, had decreasing tendency in Slovakia. In comparison 1990 to 2014, the total yields of agricultural biomass decreased from 14,418,000 to 10,730,000 t. In spite of the decrease in yields, within 1990-2014, the amount of harvest residues had stable development. The reason was in mainly stabilised growing areas and thus also yields of cereals that produce a substantial part of calculated harvest residues (mainly straw).
In 2006, there was produced totally 49,299,941 t of phytomass from agroecosystems and forest ecosystems, of which 39,081,037 t of above-ground and 10,218,905 t of below-ground biomass. Forest ecosystems produced the highest amount of biomass, followed by biomass from arable land and permanent grasslands. Totally, 16,725,255 t of biomass was produced from arable land, of which 8,059,636 t of crop yields, 5,780,279 t of harvest residues (of which 3,699,687 unused and 2,080,592 t used residues), and 2,885,340 to of root residues. Permanent grasslands produced 6,776,719 t of total biomass, of which 1,783,347 t of above-ground and 4,993,372 t of below-ground biomass. Forests produced 25,703,165 t of total biomass, of which 6,907,151 t of biomass stock, 16,455,821 t of branches, 2,340,193 of foliage or needles, and 2,340,193 t of roots.
The amount of biomass reflected besides natural and geographic conditions great impact of land use and management practices. At the three study sites, the amount of produced biomass varied, mainly due to the different areas of cadastres and land categories. Also for this reason, the lowest biomass production was quantified at the cadaster of Kráľov Brod (25,364 t), followed by Liptovská Teplička (114,546 t) and Očová Dúbravy (122,945 t). Despite the differences in the biomass production from different land-use categories, the total average biomass production from hectare of agroecosystem and forest ecosystems together was roughly the same in all three study sites (11.62 $t.ha^{-1}$ in Kráľov Brod cadastre, 11.68 $t.ha^{-1}$ in Očová and Dúbravy cadastres, and 11.78 $t.ha^{-1}$ in Liptovská Teplička cadastre).
By the help of the detailed quantification of agricultural biomass and other input data we set up biomass production process material flow at national level. Subsequently, we compiled the selected material flow accounts at macroeconomic level.
Material flow indicators and accounts create base of further environmental analysis as the evaluation of eco efficiency, biomass energy potential, carbon sequestration or contribution to ecosystem services. They enable to assess the size of the economy and the consequent load on the environment connected with material consumption. Indicators allow to evaluate the environment as a raw material and energy source on the one hand, and its ability to assimilate and decompose waste products on the other. We found that unused harvest residues from arable land set up at national level in 2006, could provide nearly 30 PJ of heat. This amount would cover about 10 – 30% of total energy consumed annually by the agricultural sector. There was a significant contribution to carbon sequestration and ecosystem services.

Keywords: natural resource, material flow, biomass, agroecosystem, forest ecosystem

1 Zem a zemské sféry

1.1 Vznik a vývoj Zeme a zemských sfér

Slnečná sústava sa začala formovať takmer pred 5 miliardami rokov z obrovského oblaku medzihviezdnej hmoty. Stavebným materiálom bol plyn a prach. Pred asi 4,6 mld. Rokmi sa v strede vytvorilo Slnko a okolo neho postupne vznikali planéty vrátane Zeme. Začala predgeologická etapa vývoja Zeme, **hadaikum**.

Vo vývoji Zeme sa postupne okrem kozmických vplyvov začali uplatňovať procesy formujúce vnútornú stavbu Zeme, čo súvisí s ďalšou, protogeologickou etapou, **archaikom** (prahory v období 3,8 – 2,5 mld. rokov). Zemské teleso získalo vrstevnatú štruktúru, tvorenú zemským jadrom, plášťom a kôrou (Lorenc et al., 2010). Kondenzáciou vodných pár vznikali protooceány, začala sa formovať **hydrosféra**. Zemské jadro sa nachádza v strede zemského telesa, v hĺbke okolo 2 900 km s teplotou nad 6 000 ˚C. Skladá sa pravdepodobne zo železa, niklu a iných kovov. Zemský plášť je tvorený roztavenou hmotou bohatou na nikel a železo. Zložený je z plastických a pevných látok obsahujúcich kyslík, kremík, horčík, železo a vápnik. Zemská kôra je najexternejšou geosférou pevného telesa Zeme. Je zo všetkých geosfér hrúbkou aj objemom najmenšia, no z geochemického hľadiska predstavuje významný rezervoár mnohých, najmä inkompatibilných, prvkov (Ivan, 2008). Ako prvá sa sformovala oceánska a jej ďalším vývojom mladšia kontinentálna zemská kôra. Zemská kôra spolu s vrchnou vrstvou zemského plášťa tvorí pevný obal Zeme, **litosféru**. Tá bola spočiatku tvorená len niekoľkými druhmi hlbinných a výlevných hornín. Postupne dochádzalo k ich diverzifikácii na súčasne rozlišovaných asi 3 000 druhov hornín.

Kľúčovým obdobím vo vývoji Zeme bol vznik života pred 3,7 miliardami rokov. Prvé organické zlúčeniny boli koncentrované v protooceánoch, chránené pred silným kozmickým žiarením. Tie podliehali ďalšiemu vývoju a formovaniu zložitejších organických substancií, neskôr s obsahom RNA schopnej autoreprodukcie. Geologická etapa **proterozoika** (starohory v období 2,5 mld. – 542 mil. rokov) je spojené s formovaním vtedajšej **biosféry**, kedy najmä vďaka rozvoju fototrofných siníc vzrástol obsah O_2 v **atmosfére**. Postupne začala kolonizácia súše spoločenstvami mikroorganizmov, neskôr vyššími organizmami. V interakcii existujúcej atmosféry, hydrosféry a biosféry bola rozrušovaná a zvetrávaná zemská kôra, dochádzalo k akumulácii organickej hmoty a pomalej tvorbe vtedajšej **pedosféry**.

Vymretím tzv. Ediakarskej fauny začína geologická etapa **fanerozoika,** členená na éry:

- **paleozoikum** (prvohory v období 542 – 251 mil. rokov), so 6 periódami:
  - kambrium, ordovik, silúr, devón, karbón, perm
- **mezozoikum** (druhohory v období od 251 – 65,5 mil. rokov), s 3 periódami:
  - trias, jura, krieda
- **kenozoikum** (terciér a kvartér, v období 65,5 mil. rokov do súčasnosti):
  - terciér (paleogén, neogén),
  - kvartér (pleistocén, holocén).

V neogéne sa rozvinula skupina vtákov a cicavcov vrátane primátov, neskôr homonidov. Počiatky človeka sa vymedzujú do obdobia pred asi 70 miliónmi rokov, na prelome mezozoika a kenozoika. Kvartér, členený na pleistocén a holocén, predstavuje najrecentnejšie obdobie geologickej histórie Zeme a báza holocénu sa začala pred 10 000 rokmi, kedy nastal súvislý nárast ľudskej populácie, pričom sa Homo sapiens rozšíril po celej Zemi (Barabas

a Labunová, 2009). V súvislosti s pôsobením človeka na Zemi bolo ekológom Eugenom F. Stoermerom zavedené pomenovanie tohto obdobia **antropozoikum** alebo antropocén, so začiatkom asi pred miliónom rokov do súčasnosti (Slaughter, 2011). Výsledný ľudský vplyv na globálne cykly dosiahol bezprecedentnú úroveň v dejinách planéty, stal sa hnacím mechanizmom globálnych environmentálnych zmien (Crutzen, 2002).

V období dlhého geologického vývoja Zeme sa postupne vyvinulo 5 základných zemských sfér. Ako prvá sa sformovala litosféra, neskôr sa objavila atmosféra a po nej hydrosféra. V neskoršom geologickom období z prvých foriem života vznikala biosféra a následne pedosféra. V súčasnosti sa však formuje nová zemská sféra, vznikajúca v spolupôsobení ľudí a technológií **- antroposféra** alebo **technosféra** (Haff, 2012). Tá len za niekoľko storočí dokonca presiahla hranice Zeme. Veľký tlak ľudských činností na zemské sféry a zásoby prírodných zdrojov zosilnel s nástupom novoveku a priemyselnej revolúcie v polovici 18. storočia (Matyášek, Suk, 2009). Dopyt po zásobách prírodných zdrojov vzrástol. Vplyv antroposféry na ostatné sféry sa začal prejavovať devastačne v mnohých smeroch, napríklad:

- 30 až 50% pevniny bolo zmenenej ľudskou činnosťou,
- využívanie fosílnych palív na báze **uhlíka** stúplo v priebehu 20. storočia 12 násobne a koncentrácie niekoľkých skleníkových plynov v atmosfére značne stúpli, napr. oxid uhličitý o viac ako 30% a metán o viac ako 100%,
- viac **dusíka** sa dnes zachytáva synteticky a aplikuje vo forme hnojív v poľnohospodárstve, než sa zachytáva prirodzeným spôsobom vo všetkých suchozemských ekosystémoch a emisie oxidu dusného zo spaľovania fosílnych palív a biomasy sú vyššie než vstupy z prírodných zdrojov,
- globálne vstupy **fosforu** do biosféry vzrástli 3 násbone v porovnaní s úrovňou, ktorá existovala pred industrializáciou, ako dôsledok nárastu vo využívaní priemyselných hnojív a živočíšnej výroby,
- emisie oxidu **siričitého** z celosvetového spaľovania uhlia a ropy sú dnes minimálne dvakrát tak vysoké ako prírodné emisie (ktoré sú hlavne v podobe morského dimetylsulfidu uvoľňovaného z oceánov),
- ľudstvo využíva viac než polovicu všetkej dostupnej **sladkej vody** (väčšinou pre poľnohospodársku výrobu) a v mnohých oblastiach dochádza k prudkému vyčerpávaniu zdrojov podzemnej vody (EEA, 2015).

V súčasnosti, moderné technológie väčšinou nedokážu nahradiť čoraz viac vyčerpávané prírodné zdroje. Sú generované nové zmeny v systémoch fungujúcich stovky až milióny rokov. Je však prirodzené, že s nástupom nového fenoménu prichádzajú zmeny, s ktorými sa systémy postupne vyrovnávajú. Príkladom je aj nástup cievnatých rastlín v silúre. Svojim životným cyklom, závislým od prvkov zemskej kôry, ju začali rozrušovať. Na jednej strane pôsobili degradačne, na druhej strane svojimi odumretými telami prispievali k tvorbe organickej hmoty a formovaniu pôdy. Tú následne chránili pred eróziou. Podobne aj činnosť a pôsobenie človeka na zemské sféry je potrebné hodnotiť a posudzovať v širších súvislostiach, vždy však s ohľadom na udržateľnosť systémov, ktoré sú predpokladom jeho existencie.

1.2 Zemské sféry, ich charakteristika a chemické zloženie

Zemské sféry majú špecifické vlastnosti. Tie sú odrazom aj ich chemického zloženia a hmotnostných charakteristík. V súčasnosti sa **hmotnosť zemského telesa** odhaduje na zhruba $5{,}97.10^{24}$ kg. Zo zemských sfér sa najvyššou hmotnosťou vyznačuje litosféra, najmenšou biosféra (tab. 1).

Tabuľka 1 Hmotnosť zemských sfér (kg)

Sféra	Hmotnosť (kg)
Litosféra	$1{,}365.10^{23}$
Hydrosféra	$1{,}4.10^{21}$
Atmosféra	$5{,}1.10^{18}$
Biosféra[1]	$2{,}245.10^{13}$

Zdroj: Williams, 2013; [1]Cunningham et al., 1994

Porovnávať hrúbku jednotlivých zemských sfér je zložité vzhľadom na rôzne vlastnosti či hustotu materiálov, z ktorých sú tvorené. Keby sme látkové obsahy sfér konvertovali na ekvivalentné jednotky, zistili by sme, že **hrúbky jednotlivých sfér** sa výrazne odlišujú (tab. 2).

Tabuľka 2 Relatívna hrúbka zemských sfér (m)

Sféra	Hrúbka (m)
Litosféra	100 000
Hydrosféra	1 000
Atmosféra	5
Pedosféra	1
Biosféra	0,001
Technosféra	0,000 1

Zdroj: Haff, 2014

1.2.1 Litosféra

***Litosféra** (z gréckeho lithos – skala, sphaira – guľa) je vonkajší pevný obal Zeme. Zahŕňa zemskú kôru a najvrchnejšie časti zemského plášťa. Jej hrúbka je premenlivá. V oblastiach oceánov sa pohybuje v rozsahu 10 až 100 km, na kontinentoch v medziach 150 až 250 km (Hovorka, 1990, Holmes, 1979).*

Časť listosféry v dosahu ľudskej činnosti, t. j. asi 15 km vrchnej časti zemskej kôry, kam umožňujú dosiahnuť súčasné technické prostriedky sa označuje pojmom **horninové prostredie**. Podľa Kukala a Reichmanna (2000) je horninové prostredie najvrchnejšia časť zemskej kôry, kde sa prejavuje alebo môže prejaviť ľudská činnosť. Je tvorené horninami, nespevnenými zeminami, pôdou a všetkým, čo sa v nich nachádza, teda nerastnými surovinami, podzemnou vodou a plynmi v póroch hornín a pôd. Horniny môžu byť vyvreté, premenené alebo sedimentárne. Napríklad v petrografickom zložení Karpát dominujú horniny sedimentárne (80%), nasledujú horniny vyvreté (13%) a premenené (7%).

Oceánska zemská kôra je tvorená bazaltovými horninami a tromi vrstvami, medzi ktorými sú postupné prechody:

- vrstva **sedimentov** tvoriaca dno oceánov s mocnosťou 0,5 km,
- vrstva **bazaltová** tvorená bazaltovými lávami,
- vrstva **gabrová** tvorená gabrami a peridotitmi.

Kontinentálna kôra tvorí 40% zemského povrchu a jej hrúbka sa pohybuje od 30 do 70 km. Je tvorená dvomi vrstvami:

- Vrstva **granitová** je tvorená horninami typu granitov, granidioritov, dioritov prekrytých mocnou vrstvou mladších sedimentov. Hrúbka vrstvy je okolo 20 – 25 km s hustotou od 2 500 do 2 700 $kg.m^{-3}$. Chemickým zložením zodpovedá kyslým vyvretým horninám, s najväčším zastúpením prvkov kremíku a hliníku.
- Vrstva **bazaltová** je tvorená horninami typu amfibolit, granulit. Jej hrúbka sa pohybuje v rozmedzí 10 – 15 km s hustotou 2 800 až 3 100 $kg.m^{-3}$. Chemickým zložením zodpovedá bazaltovým horninám (Bajer et al., 2014).

Oceánska zemská kôra má jednoduchšie chemické zloženie ako kontinentálna (tab. 3) (Yanagi, 2011).

Tabuľka 3 Chemické zloženie zemskej kôry (%)

Zlúčenina	Oceánska zemská kôra(%)[1]	Pevninská zemská kôra (%)[2]
SiO_2	50,5	65,2
TiO_2	1,6	0,6
Al_2O_3	15,3	15,6
Fe_2O_3	-	2,1
FeO	10,4	2,8
MnO	-	0,1
MgO	7,6	2,3
CaO	11,3	4,7
Na_2O	2,7	3,1
K_2O	0,2	3,3
P_2O_5	-	0,2
Spolu	99,6	100,0

Zdroj: [1]Condie, 1997; [2]Ronov, Yaroshevsky, 1969

Z 92 prirodzene sa vyskytujúcich prvkov má v zemskej kôre len 8 zastúpenie väčšie ako 1% a spolu zaberajú 98,5 hmotnostných percent zemskej kôry (Šály, 1978). Sú to O, Si, Al, Fe, Ca, Na, K, Mg. Najvyššie prvkové zastúpenie v zemskej kôre má kyslík a kremík obsiahnutý v kremičitanoch. Ďalšie prvky zastúpené v zemskej kôre sú Ti, P, H, Mn (tab. 4).

Tabuľka 4 Zastúpenie prvkov v zemskej kôre (%)

Prvok	Hm. %	Prvok	Hm. %
O	46,6	Na	2,8
Si	27,7	K	2,6
Al	8,1	Mg	2,1
Fe	5,0	Iné	1,5
Ca	3,6		

Zdroj: Dyar et al. 2014

Hustota hornín sa zvetrávaním znižuje, pričom sa mení aj ich chemické zloženie a mnohé minerály sa obohacujú štruktúrne viazanou vodou. Okrem zmeny chemického zloženia má zvetrávanie za následok aj zväčšenie pórovitosti a tým zníženie celkovej hustoty hornín. Zvetrané horniny sa stávajú pôdotvorným substrátom.

1.2.2 Atmosféra

Atmosféra *(z gréckeho atmos – para, sphaira – guľa) je vzdušný (plynný) obal Zeme. Atmosféra je tvorená riedkou zmesou plynov s určitým množstvom koloidov prachu, kvapiek a kryštálov, s mocnosťou do 30 000 – 40 000 km. Jej spodnú hranicu tvorí litosféra, hoci vzduch hlboko preniká aj do zemskej kôry a oceánov. Horná hranica je nevýrazná (Činčura et al., 1983).*

V porovnaní s ostatnými zemskými sférami sa atmosféra podstatne odlišuje svojou menšou hmotnosťou ($5{,}1.10^{18}$ kg), veľkou pohyblivosťou aj rozdielnym chemickým zložením. Chemické zloženie atmosféry sa v priebehu geologických období postupne menilo. Hladina voľného kyslíka sa v atmosfére Zeme zvýšila až v neskorších geologických dobách nástupom fototrofných siníc a ďalších organizmov. V súčasnej atmosfére je kyslík zastúpený 20,95% a je po dusíku (78,09%) prvkom s najvyšším zastúpením v atmosfére (tab. 5).

Tabuľka 5 Súčasné zloženie atmosféry

Plyn	Obj. %	Plyn	Obj. %
N_2	78,09	SO_2	$2{,}0.10^{-8} – 1{,}0.10^{-4}$
O_2	20,95	NH_3	$1{,}0.10^{-6} – 1{,}0.10^{-4}$
Ar	0,93	H_2	$5{,}0.10^{-5}$
CO_2	0,03	N_2O	$2{,}5.10^{-5} – 1{,}0.10^{-5}$
Ne	$1{,}8.10^{-3}$	HCOH	$1{,}0.10^{-5}$
He	$5{,}2.10^{-4}$	Xe	$8{,}0.10^{-6}$
CH_4	2.10^{-4}	O_3	$1{,}0.10^{-6}$
Kr	$1{,}2.10^{-4}$	NO_2	$5{,}0.10^{-8} – 1{,}0.10^{-6}$
CO	$6{,}0.10^{-5}$	H_2S	$2{,}0.10^{-8}$

Zdroj: Barančíková et al., 2009

1.2.3 Hydrosféra

Hydrosféra *(z gréckeho hydro – voda, sphaira – guľa) je nesúvislý vodný obal Zeme, zahŕňajúci vodu oceánov, morí a povrchové vody súše (jazier, vodných nádrží, riek), v širšom zmysle aj pôdnu vodu, podzemnú vodu, vodu viazanú v ľadovcoch a snehu, atmosférickú vodu a vodu v živých organizmoch (Činčura et al., 1983).*

Všetky vody pevniny a morí v akejkoľvek forme sa zúčastňujú obehu vody v prírode, menia svoje skupenstvo, miesto v priestore a čase.

Hoci celkové zásoby vody na Zemi sú obrovské, predstavujúce asi 1,4 miliárd km^3, väčšinu z nich (97%) tvorí **slaná voda**. Na **sladkú vodu** pripadá asi 3%, čo predstavuje asi 35 miliónov km^3. Väčšina z nej je viazaná vo forme ľadu a trvalej snehovej pokrývky. Asi 30% z celosvetových zásob sladkej vody sa vyskytuje vo forme podzemnej vody. Z nej je asi 200 000 km^3 ľahko dostupnej pre ľudské potreby (Shiklomanov, 1990).

Prírodná voda je roztokom pre mnohé minerály a ďalšie prírodné a umelé látky ako aj prírodné plyny. Priemerná koncentrácia minerálov v sladkej vode je približne 120 $mg.l^{-1}$, v morskej vode nad 350 $mg.l^{-1}$. Kým v kontinentálnych vodách je až 80% hydrogén uhličitanov a uhličitanov, v morskej je ich iba 0,2%. Obrátený pomer je pri chloridoch. V morskej vode je ich až 89 %, kým v riečnej maximálne 7%. Morská voda obsahuje 7 hlavných zlúčenín (tab. 6). Všetky spolu tvoria 35 g solí v 1 kg vody. To zodpovedá 3,5% ($35^0/_{00}$). Kontinentálne vody majú rozdielne zastúpenie jednotlivých rozpustných minerálnych látok, ich koncentrácia závisí od zloženia hornín, s ktorými boli v kontakte.

Tabuľka 6 Zastúpenie zlúčenín v morskej vode (%)

Zlúčenina	Obj. %	Zlúčenina	Obj. %
NaCl	77,7	K_2SO_4	2,5
$MgCl_2$	10,9	$CaCO_3$	0,33
$MgSO_4$	4,7	$MgBr_2$	0,2
$CaSO_4$	3,6		

Zdroj: Terek, 2013

1.2.4 Biosféra

Biosféra *(z gréckeho bio – život, sphaira – guľa) je časť zemského obalu so žijúcimi organizmami rastlinného a živočíšneho pôvodu (vrátane výskytu odpočinkových - dormantných foriem), v ktorej prebiehajú ich životné procesy (Kalivodová et al., 1979). Zahŕňa časti zemských sfér (litosféry, predosféry, atmosféry, hydrosféry) s vhodnými podmienkami pre život (Činčura, 1983). Lisický (1993) biosféru označuje ako súhrn všetkého živého na Zemi, ako globálnu biomasu.*

Viac ako 90% živej hmoty organizmov je tvorená organickými zlúčeninami a vodou. Organominerálne a minerálne zlúčeniny sú v živej hmote zastúpené relatívne málo.

Obsah **vody** v pletivách rastúcich vegetatívnych orgánoch rastlín kolíše od 70 do 95%, ale v zásobných pletivách semien a v bunkách mechanických pletív od 5 do 15%. Starnutím sa celkové množstvo i relatívny obsah vody v pletivách, najmä v reproduktívnych orgánoch znižuje. Rastliny v najväčšom množstve prijímajú C, N, P, K, Ca, Mg a S. Vo forme vody sa do rastlinného organizmu dostávajú tiež O a H. Všetky tieto prvky sa nazývajú **makroelementy** a v rastlinách sa vyskytujú v rozmedzí 0,01 – 10%. Pri spaľovaní organickej hmoty všetky tieto prvky okrem C, O, H, N zostávajú v popole, preto sa často nazývajú popolovinami. Atómové číslo šiestich z týchto prvkov (H, C, O, N, S, P) nepresahuje 16. Pre rastliny sú potrebné prvky prijímané v malých množstvách – **mikroelementy** (Ivanič et al, 1988). Patria k nim Cl, Fe, B, Mn, Zn, Cu, Co, Mo a iné, a ich zastúpenie v rastlinách

predstavuje len stotiny alebo tisíciny percenta (tab. 7). Atómové čísla ďalších makro a mikroelementov sú nižšie ako 30 (napr. Cu, K, Ca, Mg, F) (Beneš, 1994).

Tabuľka 7 Zastúpenie prvkov v rastlinných organizmoch ako percento suchej hmoty (%, ppm)

Makroelementy (%)		Mikroelementy (ppm)	
C	44	Cl	100-10 000
O	44	Fe	30-100
H	6	Mn	20-150
N	2,8-4,2	Zn	20-55
K	1,0-2,5	B	10-60
Ca	0,5-1,3	Cu	5-20
Mg	0,2-0,6	Mo	0,15-0,5
P	0,1-0,8		
S	0,2-0,5		

Zdroj: Landshoot, 2003

Prvky, vyskytujúce sa v rastlinách v stopových množstvách sa označujú ako **ultramikroelementy**. Patria sem Ag, Au, Ra, Th, U, Ac a iné. Okrem toho rastliny prijímajú tzv. užitočné prvky, ako Si, Al, Cl a Na. Aj keď nie sú nevyhnutné pre rastliny, v jednotlivých prípadoch môžu mať pozitívny (napr. Na na cukrovú repu, Si na obilniny) alebo negatívny (Cl na zemiaky a tabak) účinok.

1.2.5 Pedosféra

Pedosféra *(z gréckeho pedo – pôda, sphaira – guľa) je pôdny obal Zeme, zložka geosféry (Činčura et al., 1983). Je to súbor všetkých pôd na zemskom povrchu – pôdny príkrov. Pedosféra vznikla ako samostatný prírodný útvar transformáciou vrchnej časti zemskej kôry pôsobením organizmov na horniny za účasti atmosféry, hydrosféry a slnečnej radiácie (Hraško a Bedrna, 1988).*

V pôde je zastúpený minerálny aj organický podiel. Minerálny podiel pôdy vzniká zvetrávaním materskej horniny – zemskej kôry, ktorej chemické zloženie sa odráža aj v chemickom zložení pedosféry. Organický podiel pôd tvorí v priemere 6% hmotnosti pôd, ale obsah organickej hmoty sa v pôde pohybuje v širšom rozmedzí (Šantrůčková, 2001). Organický podiel pôd je tvorený živou zložkou, ktorá spadá do rastlinnej alebo živočíšnej ríše (edafón) a neživou zložkou, ktorá je zastúpená odumretými organizmami a produktami transformácie organických zbytkov (pôdna organická hmota). Najrozšírenejšími prvkami v pedosfére sú O, Si, Al. Tabuľka 8 ukazuje príklad percentuálneho zastúpenia prvkov v poľnohospodárskej pôde.

Tabuľka 8 Zastúpenie prvkov (vyjadrené ako mediánová hodnota) v poľnohospodárskej pôde (príklad Japonsko) ($g.kg^{-1}$, $mg.kg^{-1}$)

Prvok	$g.kg^{-1}$	Prvok	$mg.kg^{-1}$
O	504	Ba	394
Si	291	V	140
Al	76,6	Sr	125
Fe	36,8	Zn	90,5
C	24,8	Cu	24,5
K	15,0	Ni	14,3
Na	14,3	Se	0,42
Ca	11,9		
Mg	8,78		
Ti	3,82		
N	2,15		
P	1,43		
Mn	0,70		

Zdroj: Yanai et al., 2012

Medzi zastúpením prvkov v zemskej kôre a nárokmi rastlín je značný nesúlad. Rastliny potrebujú 16 esenciálnych makro a mikroelementov (C, O, H, N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, B, Mo, Cl, Mn, Cu, Zn). Prvé 3 dostávajú rastliny prostredníctvom vody a CO_2, zo zvyšných 13-tich sa v zemskej kôre nachádzajú iba 4 v množstve väčšom ako 1%. Takmer 90% zemskej kôry pripadá na prvky, ktoré z fyziologického hľadiska nie sú prvoradé (Šály, 1978).

Merná hmotnosť pôdy závisí od obsahu organických látok a materskej horniny, z ktorých vznikla. Aj vzhľadom na vysoké zastúpenie kremičitanov sa merná hmotnosť pohybuje okolo 2,65 $g.cm^{-3}$.

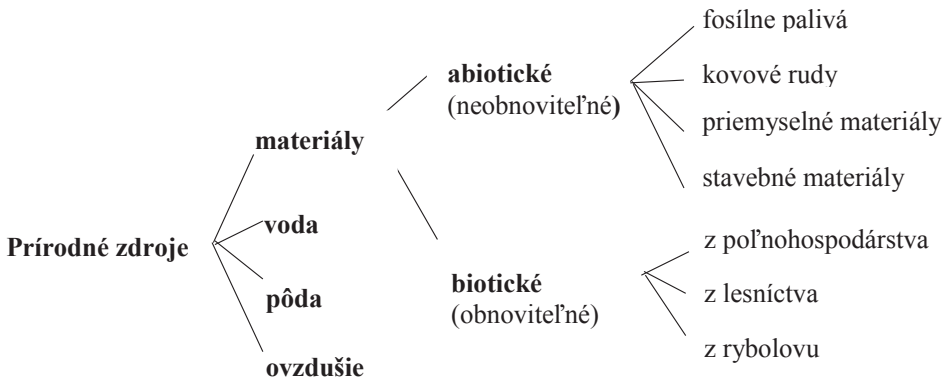
2 Prírodné zdroje, ich zásoby a využívanie vo svete, v Európe a na Slovensku

Zem a zemské sféry poskytujú rôzne prírodné zdroje, využívané človekom prioritne na plnenie základných ľudských potrieb, potravinové a pitné účely či výrobu tepla.

Na základe prognóz Organizácie spojených národov sa očakáva, že do roku 2050 presiahne svetová populácia 9 miliárd osôb (UN, 2012). V súčasnosti je svetová populácia na úrovni 7 miliárd, pričom v roku 1950 bola nižšia než 3 miliardy.

V priebehu 20. storočia celosvetová ťažba surovín vzrástla 34 násobne (Krausmann et al., 2009) a je možné, že do roku 2030 sa ešte zdvojnásobí. Podľa niektorých prognóz stúpne počas nasledujúcich 20 rokov svetový dopyt po energii a vode o 30 až 40% (WRG, 2009). Množstvo vyťažených a spotrebovaných materiálov sa od roku 1980 celosvetovo zdvojnásobilo a v roku 2010 dosiahlo takmer 72 Gt s predpokladaným nárastom na 100 Gt v roku 2030. Na tomto množstve sa podieľajú najmä krajiny OECD (38%) a krajiny BRICS (35%). Najväčší dopyt bol zaznamenaný u **stavebných materiálov** (36% v krajinách OECD), **fosílnych palív** (28%) a **biomasy** využívanej vo forme potravín a krmív (20%) (OECD, 2014).

Podľa Organizácie spojených národov sa prírodné zdroje delia na materiály (neobnoviteľné a obnoviteľné), vodu, pôdu a ovzdušie (obr. 1) (UN, 2000).



Obrázok 1 Delenie prírodných zdrojov (UN, 2000)

Kapacita prírodných zdrojov je determinantom ekonomického rastu. Napriek členeniu prírodných zdrojov na obnoviteľné a neobnoviteľné, majú všetky svoje limity a ich kapacita na planéte Zem je obmedzená. Na tento aspekt veľmi názorne poukázal Adam Nieman, ktorý v roku 2003 vytvoril fotografickú kompozíciu planéty Zem s malou modrou bublinou na jej povrchu, predstavujúcou všetku vodu sveta, v mierke porovnateľnej s veľkosťou zemegule. Táto bublina je veľmi malá v porovnaní s veľkosťou zemegule, hoci predstavuje vodu nachádzajúcu sa na, v a nad Zemou. Znázornený objem bubliny s priemerom 1 385 km, umiestnený na severoamerickom kontinente a zaberajúci ani nie štvrtinu rozlohy USA, reprezentuje 1 386 000 000 km^3 vody. Ďalšia vizualizácia zobrazujúca zásoby sladkej vody je ešte dramatickejšia a bublina s priemerom 272,8 km o veľkosti špendlíkovej hlavičky reprezentuje 10 663 450 km^3 sladkej vody (podzemnej aj povrchovej). Bublina zobrazujúca zásoby pitnej vody je už sotva viditeľná s priemerom 56,2 km, predstavujúca objem

93 113 km^3 vody. Podobná vizualizácia bola spracovaná pre vzduch, zobrazený o niečo väčšou bublinou ako voda, reprezentujúcou 5 140 000 000 000 t, s priemerom 1 999 km.

2.1 Abiotické neobnoviteľné prírodné zdroje

Neobnoviteľné prírodné zdroje sú zdroje, ktoré sa využívaním postupne vyčerpávajú. Z pohľadu dĺžky ľudského života a potrieb spoločnosti sú v čase a priestore vyčerpateľné. V prípade neobnoviteľných zdrojov energie rýchlosť ich spotreby a využitia mnoho násobne prekračuje rýchlosť ich obnovy (Kanianska, Kizeková, 2013). Medzi neobnoviteľné prírodné zdroje patria najmä nerastné suroviny.

V 20. storočí sa v celosvetovom meradle ťažba neobnoviteľných surovín zvýšila, zatiaľ čo sa ťažba obnoviteľných materiálov znížila. Bolo to dôsledkom zmeny globálnej ekonomiky postavenej na poľnohospodárstve na ekonomiku, ktorej základňu tvorí priemysel.

2.1.1 Nerastné suroviny

Nerastné suroviny *sú akékoľvek horniny, minerály alebo prirodzene sa vyskytujúce substancie ekonomickej hodnoty, najmä kovové rudy, palivá a stavebné materiály (Bates, 1975). V súčasnosti využívané zásoby nerastných surovín sú označované ako bilančné zásoby.*

Ak základnou stavebnou jednotkou života je DNA, potom základnou stavebnou jednotkou súčasného spôsobu života sú nerastné suroviny. Začiatky využívania nerastných surovín človekom siahajú do doby kamennej. S rozvojom ekonomiky rastie spotreba nerastných surovín. V súčasnosti sa podľa množstva a diverzity nerastných surovín a stavebných materiálov využívaných spoločnosťou posudzuje ekonomická sila štátov. Hoci medzi najobchodovanejšie komodity patria kovy a ropa, v priemysle sa využíva viac ako 60 druhov priemyselných nerastných surovín, poskytujúcich základ pre vznik miliónov produktov. Nerastné suroviny sa delia na:

- priemyselné horniny:
  - vyvreté: bazalt, diabaz, žula, perlit,
  - premenené: mramor, bridlice,
  - sedimentárne: íl, sadra, vápenec, dolomit, fosfáty, soľ, piesok, štrk, pieskovec,
- priemyselné minerály:
  - z vyvretých hornín: beryl, živce, sľudy,
  - z premenených hornín: azbest, grafit, vermikulit,
  - zo sedimentárnych hornín: diatomit, dusičnany, potaš, minerály sodíka, draslíka, síra (Kogel et al., 2006).

Názory geológov, baníkov, priemyselníkov a environmentalistov ohľadom zásob nerastných surovín vo svete sa líšia. Hoci všetky strany pripúšťajú úbytok prirodzených zásob týchto **neobnoviteľných prírodných surovín**, či ich vyčerpanie, dobyvatelia a spracovatelia surovín hovoria len o ich lokálnom úbytku. V ekonomickom ponímaní, v globálnom meradle došlo k „vyťaženiu“ len jedného minerálu – kryolitu, zriedkavo sa vyskytujúceho fluoridu využívaného pri tavení hliníka. V súčasnosti sa vyrába synteticky.

Na strane druhej, environmentalisti varujú pred nárastom svetovej populácie spojenou s rastúcim dopytom po prírodných zdrojoch. Jedna zo štúdií predpokladá, že celosvetové zásoby nerastných surovín sú schopné pokryť dopyt len pre obdobie budúcich 50 rokov. Iné odhady hovoria, že rezervy nerastných surovín sú 20 až 1 000 násobne väčšie, ako je ich súčasné využívanie, v závislosti od typu komodity. Ide však skôr o teoretické úvahy, nakoľko technológie prieskumu a ťažby surovín sa stále zdokonaľujú a tak sa odkrývajú stále nové zdroje surovín (Kesler, 2007). Pri ich využívaní je potrebné brať do úvahy aj to, že sú geograficky rozmiestnené nerovnomerne podobne ako trh s nimi. V niektorých regiónoch sú obrovské zásoby niektorých surovín, ale miestny dopyt po nich nie je. Naopak, sú oblasti s vysokou spotrebou surovín a nenasýteným trhom, avšak bez vlastných zásob.

Za posledných 30 rokov bol v **celosvetovom meradle** zaznamenaný najväčší dopyt po metalických rudách. V rokoch 1980 až 2008 sa ich ťažba zvýšila z 3,5 na 8,2 Gt a dopyt po nich sa zvýšil o 133%. Tento nárast bol dôsledkom zvýšenej spotreby a intenzifikácie priemyselnej výroby v rozvinutých krajinách. Ročná ťažba nad 1 mil. t ročne sa eviduje u 9-tich kovov – Fe, Al, Cu, Mn, Zn, Cr, Pb, Ti, Ni (Wellmer, Becker-Platen, 2007). Podobne rástol dopyt po stavebných materiáloch, ktorý sa zvýšil o 80% v porovnaní rokov 1980 a 2008, čo predstavovalo nárast o 8,7 Gt. Bolo to dôsledkom demografických zmien a nárastom blahobytu. Celosvetovo ťažba fosílnych palív rástla o niečo menej ako ťažba stavebných materiálov a v rokoch 1980 až 2008 bol zaznamenaný 60% nárast predstavujúci 4,8 Gt (OECD, 2010a).

Európa má geologicky veľmi pestré geologické podložie, z čoho pramení jej bohatstvo na zásoby nerastných surovín. Kovy a uhlie sa stali základom industrializácie v Európe začiatkom 19. storočia. Ťažba surovín sa v 20. storočí zintenzívnila a pokračuje dodnes. Zásoby niektorých surovín sa znížili, na druhej strane boli nájdené nové zásoby napr. ropy a zemného plynu v Severnom mori. V súčasnosti je väčšina európskych krajín sebestačná v zásobách stavebných materiálov. Čo sa týka metalických rúd, niektoré krajiny majú veľké ložiská špecifických rúd. Väčšina krajín je závislá na ich dovoze z iných kontinentov. V prípade energetických surovín, hoci dochádza aj k exportu ropy, ťažiskový je import surovej ropy (BGS, 2014).

Na Slovensku podstatnú časť ťažby tvorí ťažba nerudných, stavebných a energetických surovín. Produkcia väčšiny nerudných a stavebných surovín (magnezit, vápenec, dolomit, sadrovec, stavebný kameň a i.) pokrýva v podstatnej miere ich domácu spotrebu. Slovensko patrí medzi svetových producentov magnezitu a perlitu. Významné sú aj jeho zásoby sadrovca, barytu, kaolínu, amoniaku a kamennej soli. Energetické suroviny a rudné suroviny sú silne deficitné, ich ťažba stále klesá. Potreba surovín pre priemysel a domácnosti je v čoraz väčšej miere krytá dovozom (Prokša, 2011). V roku 2011 geologické zásoby 621 výhradných ložísk dosiahli na Slovensku 16,459 mld. ton s podstatnou prevahou nerudných surovín (12,467 mld. ton). Celková ťažba v roku 2010 dosiahla 29,7 mil. ton. Zo 621 výhradných ložísk bolo 91 ložísk **energetických surovín** s celkovými geologickými zásobami 1 151 mil. ton, z toho 470 mil. ton (41%) bolo vykazovaných ako bilančné zásoby. Geologické **zásoby rudných surovín** dosahovali na 46 výhradných ložiskách 325 mil. t, z toho vyše 74% predstavovali nebilančné zásoby. Ako bilančné možno hodnotiť len časti zásob na ložiskách železných rúd, komplexných železných rúd a zlatých rúd. 76% z celkových geologických zásob tvorilo 292 ložísk nerudných surovín s geologickými zásobami 12,5 mld. ton. Podiel bilančných zásob na geologických zásobách nerudných surovín je takmer 88%. Podiel nerudných surovín na celkovej ťažbe v roku 2010 dosahoval 37% (11 mil. t). Čo sa týka nevyhradených ložísk nerastov (predovšetkým stavebný kameň, štrkopiesky a tehliarske

suroviny), v roku 2011 bolo na území Slovenska evidovaných spolu 457 ložísk s celkovými geologickými zásobami 2,8 mld. t. Ťažba z nich dosiahla 8,3 mil. t v roku 2010 (ŠGÚDŠ, 2011).

Obrázok 2 Ťažba andezitu, Vígľaš Pstruša (Kanianska, 2015)

2.2 Biotické obnoviteľné prírodné zdroje

Medzi obnoviteľné prírodné zdroje je zaraďovaná najmä biomasa. Voda je z dlhodobého pohľadu tiež pokladaná za obnoviteľný prírodný zdroj vďaka jej hydrologickému cyklu. Za neobnoviteľné vodné zdroje sú pokladané len útvary podzemných vôd, ktoré je možné z pohľadu dĺžky ľudského života vyčerpať.

2.2.1 Biomasa

Biomasa je tvorená látkami biologického pôvodu. Zahŕňa rastlinnú biomasu rastúcu na pôde, vo vode či pestovanú hydroponicky a živočíšnu biomasu vrátane produktov živočíšneho pôvodu. Podľa pôvodu sa delí na rastlinnú (dendromasu a fytomasu) a živočíšnu biomasu (zoomasu). Terestriálna rastlinná biomasa sa delí na podzemnú, nadzemnú a odumretú (Sessa et al., 2009).

Biomasa okrem poskytovania potravy a energie pre ľudí má veľmi široké uplatnenie. V anglickej odbornej literatúre sa jej z pohľadu využiteľnosti pripisuje „6 f“, pretože poskytuje potraviny (food), krmoviny (feed), palivá (fuel), suroviny (feedstock), vlákna (fibre), hnojivá (fertilizer) (Rossilo-Cale et al., 2008).

Množstvo biomasy poskytovanej rôznymi ekosystémami a biómami sa odvíja od primárnej produkcie, čiže množstva fixovaného CO_2 v živých organizmoch v priebehu fotosyntézy. Biómy majú rôznu úroveň primárnej produkcie. Najvyššou ročnou čistou primárnou produkciou sa vyznačujú tropické lesy (1 566 – 2 502 $g.m^{-2}$), ďalej nasledujú mokrade (2 458 $g.m^{-2}$), lesy mierneho pásma (1 250 – 1 558 $g.m^{-2}$), tropické savany a trávne porasty (1 080 – 1 282 $g.m^{-2}$), poľnohospodárske plodiny (608 – 1 008 $g.m^{-2}$), trávne porasty mierneho pásma (596 – 786 $g.m^{-2}$), boreálne lesy (380 – 468 $g.m^{-2}$), tundra (178 – 358 $g.m^{-2}$) a púšte (102 – 252 $g.m^{-2}$) (Knapp et al., 2014). V globálnom meradle, je **na Zemi** ročne vyprodukovanej asi 220 miliárd ton suchej hmoty biomasy. Energetický ekvivalent tejto biomasy je asi 36.10^{21} J (Hall, Rao, 1999). **V Európe**, na kontinente s najväčšou rozlohou lesov na svete, sú významným zdrojom biomasy lesy. Podľa EUROSTATu (2011), lesy pokrývajú v Európe až 39% z celkovej výmery územia.

Ročná spotreba biomasy zahŕňajúca rôzny účely jej využitia sa na národnej úrovni líši. Ročná spotreba biomasy na osobu na rok predstavuje v rozvojových krajinách asi 1 tonu (s 20% vlhkosťou, 15 $GJ.t^{-1}$) a asi 0,5 t v urbánnych oblastiach sveta (Hall, Rosillo-Calee, 1998). Čo sa týka spotreby biomasy na energetické účely, celosvetovo tvorí asi 14% podiel (55 EJ) (Lysen et al., 2008). V rozvojových krajinách pokrýva až tretinu spotrebovanej energie. V krajinách ako Nepál, Rwanda či Tanzánia sa podieľa biomasa na energetickom využití až 90%. V rozvinutých krajinách je tento podiel oveľa menší, napr. 20% vo Fínsku, či 18% vo Švédsku. Celosvetovo, v rokoch 1980 až 2008, ťažba biomasy využívanej vo forme potravín a krmív vzrástla o 50%, ťažba dreva o 20%. Predpokladá sa, že do roku 2050 celkový dopyt po biomase vo forme potravín, krmovín či vlákien ďalej vzrastie približne o 60%, zatiaľ čo rozloha obrábateľnej pôdy na osobu môže klesnúť o 1,5% ročne (FAO, 2009).

Obrázok 3 Ťažba dreva, Kyslinky (Kanianska, 2006)

Vodná biomasa sa tiež významne podieľa na ľudskej výžive. Avšak zásoby rýb sa vo svetových oceánoch pomaly vyčerpávajú. Údaje FAO hovoria o tom, že v roku 2009 bolo úplne vyťažených 57% z celosvetových zásob oceánskych rýb a 30% bolo ohrozených nadmerným výlovom (FAO, 2011).

2.3 Voda

Vody sa členia na povrchové vody a podzemné vody. Povrchovými vodami sú vody prirodzene sa vyskytujúce na zemskom povrchu. Sú nimi:

- *rieky, potoky a ostatné vodné toky,*
- *občasne tečúce nesústredené vody,*
- *jazerá a iné stojaté povrchové sústredenia vody,*
- *vody, ktoré sa vyskytujú na území chránenom pred zaplavením pri povodni a ktoré nemôžu pri zvýšenom vodnom stave vo vodnom toku odtekať prirodzeným spôsobom.*

Podzemnými vodami sú všetky vody nachádzajúce sa pod povrchom zeme v pásme nasýtenia a v bezprostrednom kontakte s pôdou alebo s pôdnym podložím vrátane podzemných vôd slúžiacich ako médium na akumuláciu, transport a exploatáciu zemského tepla z horninového prostredia (Zákon č. 364/2004 Z.z.).

Voda je jednou zo základných podmienok existencie živých organizmov. Hrá významnú úlohu pri dosahovaní ľudského blahobytu, ovplyvňuje efektivitu ekonomických sektorov. Voda je tretí najviac zastúpený plyn v atmosfére. V kvapalnom stave pokrýva 70,7% zemského povrchu (Grafton, Hussey, 2011). Z celkového objemu 1,4 miliárd km^3 vody na Zemi, **97%** predstavuje **slaná** a **3%** s**ladká voda**. Dve tretiny z celkových zásob sladkej vody sú v tuhom skupenstve uložené v ľadovcoch a len jedna tretina je v kvapalnom stave, pričom väčšina prestavuje vodu podzemnú. Z celkových zásob sladkej vody na Zemi, len asi 0,3% predstavujú vodu povrchovú (Shiklomanov, 1993). Len časť z nej, asi 200 000 km^3 predstavuje vodu v jazerách, pôde a permafroste, atmosfére, mokradiach, riekach a živých organizmoch (Pearce, 2006). Podrobné členenie uvádza tabuľka 9.

Tabuľka 9 Rozdelenie vody podľa zdrojov (km^3, %)

Vodný zdroj	Objem vody (km^3)	% zo sladkej vody	% z celkovej vody
Oceány a moria	321 000 000	-	96,54
Ľadovce, večný sneh, ľadové vrcholce hôr	24 064 000	68,70	1,74
Podzemná voda	23 400 000	–	1,69
sladká	10 530 000	30,1	0,76
slaná	12 870 000	–	0,93
Pôdna vlhkosť	16 500	0,05	0,001
Pôdny ľad, permafrost	300 000	0,86	0,022
Jazerá	176 400	–	0,013
sladké	91 000	0,26	0,007
slané	85 400	–	0,006
Atmosféra	12 900	0,04	0,001
Mokrade	11 470	0,03	0,0008
Rieky	2 120	0,006	0,0002
Biologická voda	1 120	0,003	0,0001

Zdroj: Shiklomanov, 1993

Napriek nízkemu zastúpeniu **povrchovej vody** na celkových zásobách, podieľajú sa až 83% na antropogénnom využívaní vody (WRG, 2009). **Voda vodných tokov** cyklicky prúdi do oceánov s čistým ročným odhadovaným odtokom 37 000 km^3. S využitím súčasných technológií je možné zachytiť a využiť na antropogénne účely len asi 14 000 km^3. Navyše, využívanie tohto množstva je limitované výskytom tohto zdroja vody v oblastiach, kde nie je po vode dopyt (Pearce, 2006). Globálna ekonomika dnes spotrebuje asi 2 000 km^3 vody (Postel, Richter, 2003). Zásoby **podzemných vôd** kolíšu v priestore aj v čase. V regiónoch s nedostatkom povrchových vôd sú základným zdrojom sladkej vody. Ich celosvetové zásoby predstavujú zhruba 3% z množstva vody nachádzajúcej sa vo svetových oceánoch. Významným ale malým zdrojom vody sú aj pevninské vysokohorské **ľadovce**. V súčasnej dobe správa IPCC (IPCC FAR, 2007) uvádza ich 80% úbytok.

Mnohé časti sveta trpia neustále rastúcim **dopytom po vodných zdrojoch**. Zvyšujúce sa využívanie vodných zdrojov a ich znečisťovanie znižujú zásoby vody na svete. Ekonomický a populačný rast spolu s urbanizáciou a klimatickou zmenou prispievajú k tomuto tlaku. Do roku 2030 sa predpokladá, že počet ľudí trpiacich nedostatkom vody, žijúcich v oblastiach postihnutých dôsledkami klimatickej zmeny, vzrastie na 3,9 miliardy, čo bude skoro polovica z predpokladaného počtu svetovej populácie. Pôjde najmä o oblasti Číny a južnej Ázie (OECD, 2009). **V Európe**, v porovnaní s inými regiónmi, ľudia netrpia akútnym nedostatkom vody alebo jej zlou kvalitou. Európa je bohatá na sladkovodné zdroje, predstavujúce okolo 2 270 $km^3.r^{-1}$. Navyše len 13% z týchto zdrojov je ročne využívaných na rôzne účely. Historicky najviac trpia problémami s nedostatkom vody regióny južnej Európy. Avšak v súvislosti s klimatickou zmenou je predpoklad ďalšieho rozšírenia oblastí s nedostatkom vody aj do severnejších oblastí (EEA, 2009).

Z celkovej plochy **Slovenska** je odvodňovaných 96 % územia do Čierneho mora a 4% do Baltského mora. V dlhodobom priemere **slovenskými tokmi** preteká približne 3 328 $m^3.s^{-1}$ vody (vrátane prítokov zo susedných štátov), z čoho len asi 398 $m^3.s^{-1}$ pramení na našom území (12%). Celková dĺžka zaevidovaných tokov Slovenska má 49 775 km. V súčasnosti je na Slovensku vybudovaných 50 veľkých vodných nádrží (s celkovým objemom nad 1 mil. m^3) o sumárnom celkovom ovládateľnom objeme 1 881 mil. m^3 (SHMÚ, 2014a). Slovensko má priaznivé hydrologické a hydrogeologické podmienky aj pre tvorbu, obeh a akumuláciu podzemných vôd. Nevýhodou je ich nerovnomerné rozloženie. Najvýznamnejšie množstvá **podzemných vôd** sú evidované v Bratislavskom a Trnavskom kraji (46%), naopak najmenšie v Prešovskom a Nitrianskom kraji. V roku 2013 bolo v SR na základe hydrologického hodnotenia a prieskumov k dispozícii 78 887 $l.s^{-1}$ využiteľných množstiev podzemných vôd. Pomer využiteľných množstiev podzemných vôd k odberným množstvám dosiahol hodnotu 7,55 (SHMÚ, 2014b).

Odbery povrchových a podzemných vôd sú určené na zavlažovanie, využívané v energetike, priemysle, pre potreby ľudí a ekosystémov. Napriek tomu, že existujú rôzne databázy poskytujúce informácie o odberoch vody **vo svete**, komplexné a detailné údaje zahŕňajúce rôzne regióny sveta neexistujú (Flörke et al. 2013). V roku 2003 bolo podľa AQUASTAT, na rôzne účely odobratých 3 856 km^3 vody. Väčšina (70%) bolo využitej v poľnohospodárstve, nasledoval priemysel (19%) a domácnosti (11%) (FAO, 2010). Predpokladá sa, že do roku 2050, spotreba vody na výrobu potravín vzrastie na 9 až 11 000 km^3 ročne (CAWMA, 2007). Účel využívania vody vo svete sa mení podľa regiónov. Napríklad v Ázii bolo v roku 2003 až 82% vody odobratej pre účely poľnohospodárstve a len 9% v priemysle a pre potreby domácností. Naopak, v Európe bola väčšina vody odobratej pre účely priemyslu (55%), nasledovalo poľnohospodárstvo (29%) a domáci sektor (16%) (FAO,

2010). V krajinách OECD, sa poľnohospodárstvo podieľa na 40% využívaní vody. Predpokladá sa, že globálne tento podiel narastie na asi 70%. Produkcia biopalív zintenzívni poľnohospodársku výrobu a tak aj tlak na zásoby vody (OECD, 2009). V Európskej únii sa v roku 2008 na odberoch vody najviac podieľala energetika (44% z celkových odberov), nasledovalo poľnohospodárstvo (24%), komunálna sféra (21%) a ostatný priemysel (11%). Na úrovni EÚ sú vo väčšine členských štátov odbery povrchových a podzemných vôd považované za udržateľné a stabilné (EEA, 2009).

V roku 2013 **odbery povrchových vôd na Slovensku** predstavovali 308 mil. m^3, z toho tvorili odbery pre priemysel 247 mil. m^3, odbery povrchových vôd pre vodovody 47 mil. m^3 a závlahy 14 mil. m^3. Na základe hodnotenia vodohospodárskej bilancie **podzemných vôd** v roku 2013, zo 141 hydrogeologických rajónov SR bol bilančný stav hodnotený ako dobrý v 129 rajónoch, uspokojivý v 11 rajónoch a v jednom rajóne bol bilančný stav napätý. Havarijný ani kritický bilančný stav sa nevyskytol v žiadnom hydrogeologickom rajóne ako celku. Aj napriek tomu, najmä na niektorých vodárensky významných lokalitách bol zaznamenaný kritický a havarijný bilančný stav, čo poukazuje na nevhodné a nadmerné využívanie zdrojov podzemných vôd. V roku 2013 bolo na Slovenku celkovo odberateľmi využívaných 10 438,8 $l.s^{-1}$ podzemnej vody, čo predstavovalo 13,23 % z dokumentovaných využiteľných množstiev. Podzemná voda sa najviac využívala na vodárenské účely (7 886,4 $l.s^{-1}$), medzi významných užívateľov ďalej patril priemysel, poľnohospodárska výroba vrátane závlah či sociálne účely (MŽP, SAŽP, 2014).

Obrázok 4 Rieka Ipeľ (Kanianska, 2010)

2.4 Pôda

Pôda je integrálnou súčasťou ekosystémov Zeme, situovaná medzi povrchom a materskou horninou. Je rozdelená na horizonty so špecifickými fyzikálnymi, chemickými a biologickými charakteristikami a rozdielnymi funkciami (Rada Európy, 1992).

Pôda je veľmi dynamický systém nevyhnutný pre ľudskú činnosť a existenciu ekosystémov. Vzhľadom na to, že regenerácia či obnova pôdy trvá stovky až tisícky rokov, patrí medzi **neobnoviteľné prírodné zdroje** (Kanianska, 2012a). Za jeden rok sa môže vytvoriť len desatina milimetra úrodnej pôdy (Churchman, Landa, 2014).

Najrozšírenejším pôdnym typom na svete, v Európe aj na Slovensku sú kambizeme. Vo **svetovom meradle** zaberajúce tretinu zemskej súše nasledujú litozeme (16% zemského povrchu) (Tan, 2009). V **Európskej únii** kambizeme zaberajú 26,7% z celkovej výmery pôd, nasledujú luvizeme (14,7%), podzoly (13,7%) (Tóth et al., 2008). **Slovensko** je typické vysokou diverzitou pôdnych typov, čo je dôsledkom diferencovaných geologických, geografických a klimatických podmienok. Nachádzajú sa tu typické pôdy nížin a pahorkatín (černozeme, čiernice, fluvizeme, gleje), pahorkatín (hnedozeme, regozeme, pseudogleje), podhorí (kambizeme, rendziny) až po typické horské pôdy (podzoly, litozeme, rankre) (Kanianska, 2009). Kambizeme zaberajú 55,4% lesného (Šály, 1996) a 26,8% poľnohospodárskeho (Bielek et al., 1998) pôdneho fondu.

Pôdne typy a z nich odvodené vlastnosti ich predurčujú na rôzne účely využitia. Vysoko produkčné pôdy nachádzajú svoje využitie najmä v poľnohospodárstve. Celková výmera plochy všetkých kontinentov tvorí viac ako 145 mil. km^2. Z tejto výmery zhruba 40 mil. km^2, čiže asi 30% zaberá lesná pôda. Viac ako 18% súše (vyše 27 mil. km^2) tvorí orná pôda a menej ako 10% trávne porasty. Zastavané plochy na kontinentoch zaberajú viac ako 260 tis. km^2 (Hill, Aspinall, 2000). V súčasnosti pôda ako základňa pre produkciu potravín, zabezpečuje 99% ľudskej potreby kalórii. Menej ako 1% potravín pochádza z oceánov (FAO, 2009). Podľa Bluma (2013) z celosvetových zásob pôdnych zdrojov, je len 12% vhodných na výrobu potravín a vlákien, 24% na pasenie dobytka, 31% pre rast lesov a 33% nie je vhodných na žiaden z uvedených účelov najmä z dôvodu zlých klimatických pomerov. V roku 2012, celková výmera **EÚ-28** predstavovala viac ako 4,3 mil. km^2. Lesná pôda zaberala 41,2%, orná pôda takmer 24,7% a trávne porasty takmer 19,5%. Medzi krajiny s najvyšším zastúpením lesnej pôdy v Európe patrí Švédsko, Fínsko, Estónsko a Slovinsko. Krajiny s najvyšším podielom ornej pôdy z celkovej výmery pôdy krajiny sú Dánsko a Maďarsko. Výmera trávnych porastov dominuje v Írsku, Veľkej Británii, Holandsku a Luxembursku. Zastavané plochy a ostatné nepriepustne prekryté povrchy pokrývajú 4,6% z celkovej výmery (EUROSTAT, 2015a). Na **Slovensku** je väčšina pôdy (49%) využívanej na poľnohospodárske účely. Na Slovensku, v roku 2010, výmera poľnohospodárskej pôdy predstavovala 24 143 km^2, lesná pôda pokrývala 20 113 km^2. Najväčší podiel z poľnohospodárskej pôdy tvorila orná pôda (1 416 633 ha), nasledovali trvalé trávne porasty (876 484 ha), záhrady (76 529 ha), vinice (27 091 ha), ovocné sady (17 034 ha) a chmeľnice (520 ha) (ÚGKKSR, 2011). Trend vývoja vo využívaní pôd vo svete smeruje k neustálemu úbytku lesov a nárastu poľnohospodárskych a zastavaných plôch. Odlišná situácia je vo vyspelých krajinách, medzi ktoré patrí aj Slovensko. Za posledných 60 rokov je tu badateľný postupný úbytok pôd poľnohospodárskych a nárast plôch lesných i zastavaných (Vilček, 2011).

Úbytky pôdy, spojené najmä s nepriepustným prekrytím pôdy z dôvodu urbanizácie, priemyslu, dopravy či iných ekonomických ľudských aktivít, sú negatívne najmä vzhľadom na fakt, že pôda je považovaná za neobnoviteľný prírodný zdroj. V období rokov 1970 až 2000 výmera urbánnych zastavaných území **na svete** vzrástla o 58 000 km^2 (Seto et al., 2011), čo je viac ako rozloha územia Slovenska (49 000 km^2). Najrýchlejší nárast bol zaznamenaný v Indii, Číne a Afrike, najväčší v severnej Amerike. Je predpoklad, že pri súčasnom trende nárastu zastavaných plôch sa táto výmera za 20 rokov zdvojnásobí, v rozvojových krajinách až strojnásobí. Podobne aj v **Európe**, zmeny vo využívaní krajiny neboli nikdy také intenzívne ako v posledných desaťročiach (Turner et al., 2007). Pôdne zdroje sú ohrozené najmä zmenami lesnej a poľnohospodárskej pôdy na zastavané územia (EEA, 2010). V období 1990 až 2000, sa výmera zastavaných území v EÚ 25 zväčšila o 80 000 km^2, čo zodpovedá trojnásobnej rozlohe územia Luxemburska. V období rokov 2000 až 2006, zastavané územia v Európe vzrástli o ďalších 6 258 km^2. **Na Slovensku** pozorujeme podobný trend. V rokoch 1990 až 2000 vzrástla výmera zastavaných plôch o 927,47 km^2 (Kanianska, 2009) a o ďalších 112,51 km^2 v rokoch 2000 až 2010 (Kročková, 2011).

Obrázok 5 Skrývka humusového horizontu černozeme pri výstavbe nákupného centra, Voderady (Kanianska, 2014)

2.5 Vplyv ťažby a využívania prírodných zdrojov na životné prostredie

Využívanie prírodných zdrojov je spojené s antropogénnymi vplyvmi, prejavujúcimi sa priamo alebo nepriamo na všetkých zložkách životného prostredia. Hoci sa v súčasnosti hovorí o akcelerácii týchto negatívnych vplyvov, človek v svojej histórii vždy výrazne pôsobil na prostredie, v ktorom žil. Ľudské dejiny sú často krát spájané s krízami nerastných surovín z dôvodu ich nadmerného využívania. Napríklad v Stredomorí, tým že došlo k vyťaženiu dostupných ložísk medi a cínu potrebných na výrobu bronzu, sa dejinná etapa doby bronzovej posunula do doby železnej.

Ak sú súčasné trendy spotreby prírodných surovín vnímané individuálne, každý z nich je pozoruhodný. Ak sú posudzované v kumulatívnom spolupôsobení, majú silný dopad na stav životného prostredia a dostupnosť kľúčových zdrojov z globálneho hľadiska.

Úbytok prírodných zdrojov dôsledkom ich neudržateľného využívania ohrozuje okrem kvality ľudského života aj dobrý ekologický stav a odolnosť ekosystémov, t. j. schopnosť životného prostredia adaptovať sa na rušivé vplyvy alebo ich tolerovať bez toho, aby došlo ku kvalitatívnemu zhoršeniu jeho stavu (EEA, 2010). Obnovenie odolnosti ekosystémov a zvýšenie blaha ľudí trvá často omnoho dlhšie než dosiahnutie zníženia environmentálnych tlakov alebo dosiahnutie zvýšenia efektívneho využívania zdrojov. Zatiaľ čo zvýšenie efektívnosti využívania zdrojov často trvá dve desaťročia alebo menej, na dosiahnutie zníženia environmentálnych tlakov sa zvyčajne vyžaduje niekoľko desaťročí sústavného úsilia.

Kvalitatívny aj kvantitatívny stav zložiek životného prostredia determinuje kvalitu života ľudí, ich blaho a s tým spojený hospodársky rast. Podmieňuje teda samotné využívanie prírodných zdrojov, respektíve ich využívanie sa prejavuje na jednotlivých zložkách.

Najkomplexnejší pohľad na zložky životného prostredia je možné získať z kauzálneho reťazca, predstavujúceho základný metodologický nástroj integrovaného posudzovania životného prostredia (Integrated Environment Assessment - IEA). Európska environmentálna agentúra ho používa pri posudzovaní stavu životného prostredia a jeho zložiek, príčin tohto stavu, ako aj predpokladaných tendencií vývoja do budúcnosti. Prioritným cieľom takéhoto hodnotenia je poznať príčinno - následné vzťahy medzi činnosťou človeka a stavom životného prostredia, pričom v rámci jednotlivých článkov tohto reťazca sa nachádzajú indikátory charakterizujúce:

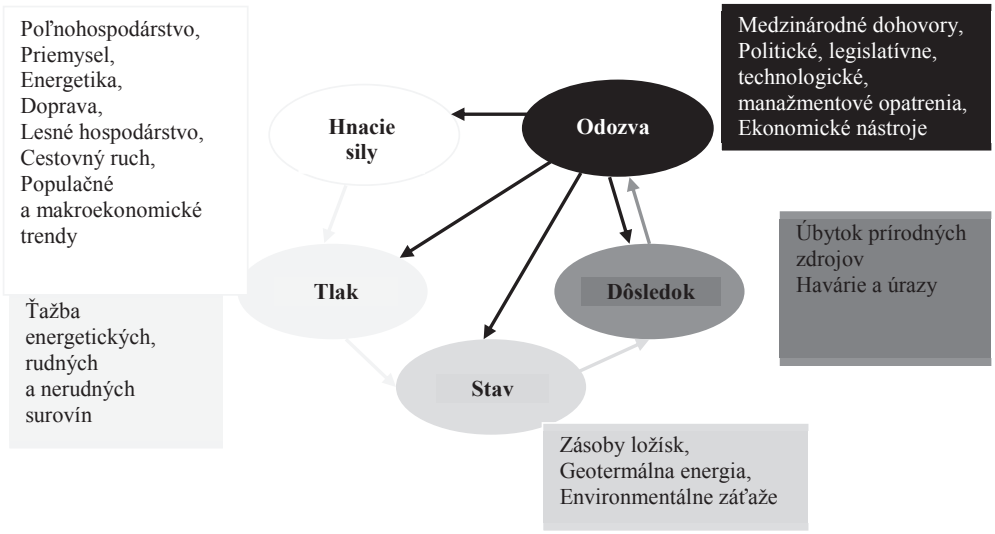
- **hnacie sily** (*Driving forces* - D), t.j. sociálne, demografické a ekonomické faktory, tzv. spúšťacie mechanizmy procesov v spoločnosti, ktoré vyvolávajú
- **tlak** (*Pressure* - P) na životné prostredie, ktorý je bezprostrednou príčinou zmien v
- **stave životného prostredia** ("state" - S). Zhoršovanie stavu životného prostredia má zvyčajne za následok negatívny
- **dôsledok** (*Impact* - I) na zdravie človeka, biodiverzitu, funkcie ekosystémov, čo logicky vedie k formulovaniu opatrení a nástrojov v spoločnosti zameraných na eliminovanie, resp. nápravu škôd v životnom prostredí v poslednom článku tohto kauzálneho reťazca - ktorým je
- **odozva** (*Response* - R) (Kanianska 2007, 2013a).

Hodnotenie zložiek životného prostredia pomocou **DPSIR modelu** je okrem zhodnotenia stavu zamerané aj na identifikáciu a analýzu vzájomných interakcií medzi zložkami

životného prostredia ako aj vplyvu hospodárskych odvetví a iných ľudských aktivít, spojených aj s využívaním prírodných zdrojov na ich kvalitu či kvantitu. V rámci jednotlivých článkov tohto reťazca sa nachádzajú agregované a individuálne indikátory. DPSIR modely sú zjednodušeným vyjadrením reality. Existujú ďalšie vzťahy a faktory (napr. sociálne-ekonomické), významne ovplyvňujúce životné prostredie, ktoré v modeloch nebývajú plne zahrnuté.

2.5.1 Vplyv využívania prírodných zdrojov na litosféru

Hnacími silami v spoločnosti, vytvárajúcimi tlak na horninové prostredie sú najmä ekonomické sektory so zvyšujúcim sa dopytom po prírodných zdrojoch. Tak je generovaný tlak na horninové prostredie v súčasnosti vyvolaný najmä ťažbou nerastných surovín a poľnohospodárstvom (Blažková, 2002). Stav zásob prírodných zdrojov klesá. Následky ťažby nerastných surovín sa zintenzívnili s nástupom industrializácie. Nejde pritom len o samotný proces ťažby, ale aj ďalší technologický proces úpravy a zušľachťovania vydobytých nerastov. Táto činnosť je charakterizovaná vznikom odvalov, výsypiek a odkalísk, ktoré sú príčinou zmien vzhľadu krajiny, s dopadom na flóru a faunu, pedosféru aj hydrosféru. Sprevádzajúcim negatívom sú aj škody na ľudskom zdraví, havárie a úrazy, ako dôsledok získavania a spracúvania nerastných surovín. Odozvou spoločnosti, so snahou minimalizovať uvedené negatíva, sú prijímané politické, legislatívne či ekonomické nástroje na rôznych úrovniach v spoločnosti. Kauzálny DPSIR model horninového prostredia ako zložky životného prostredia zahŕňajúci hodnotiace indikátory znázorňuje obr. 6.

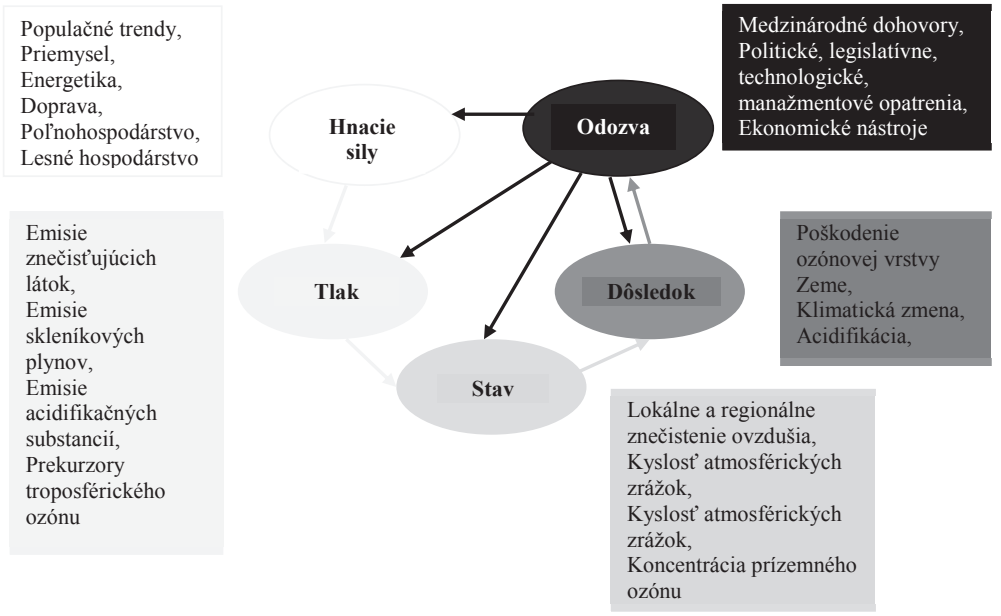


Obrázok 6 DPSIR model pre horninové prostredie (upravené podľa Prokša, 2011)

2.5.2 Vplyv využívania prírodných zdrojov na ovzdušie

Ovzdušie má ako prírodný zdroj osobitné postavenie medzi zložkami životného prostredia. Hoci je podmienkou života a mnohých prírodných aj technologických procesov, v ekonomike sa ako surovina takmer nevyužíva ani nespotrebúva a zložitejšie sa vyjadrujú aj jeho toky. Prírodná surovina, získavaná z ovzdušia je amoniak (Dott, Batten, 1988). Na druhej strane

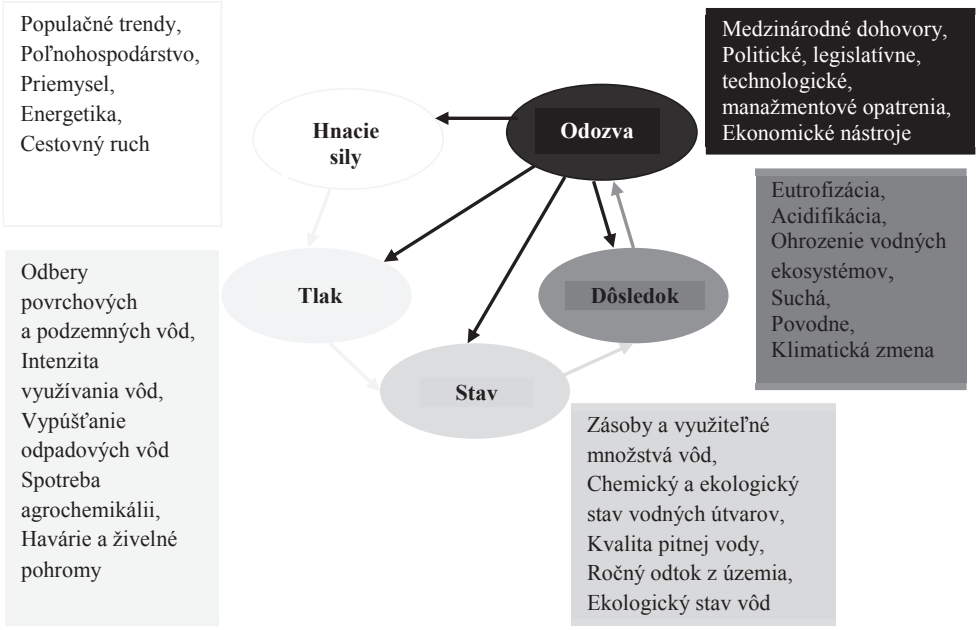
činnosťou človeka, spojenou s ťažbou, získavaním a využívaním prírodných zdrojov je ovzdušie výrazne ovplyvňované, čo súvisí s ďalšími environmentálnymi dôsledkami, znásobenými všeobecnou cirkuláciou atmosféry. Je generovaný tlak na životné prostredie formou rôznych emisií. Z celosvetového pohľadu sú v súčasnosti emisie SO_2 zo spaľovania uhlia a ropy aspoň dvakrát také vysoké ako ich prírodné emisie. Zvýšené sú emisie CO_2. Boli zaznamenané veľké regionálne rozdiely, kedy 56% globálnych emisií pripadlo na Čínu (29%), USA (16%), EÚ (11%). V USA a EÚ bol však medziročne pozorovaný pokles, zatiaľ čo v Číne a krajinách ako India, Japonsko a Ruská federácia bol zaznamenaný nárast (PBL, 2013). V Európe bol v posledných desaťročiach zaznamenaný výrazný pokles emisií väčšiny znečisťujúcich látok, najmä SO_2 a Pb. Problémom ostávajú emisie NO_x s negatívnym dopadom na biodiverzitu citlivých terestrických a vodných ekosystémov. Vzhľadom na zdravie sú najproblematickejšími polutantami v Európe tuhé častice (PM), prízemný ozón a NO_2 (EEA, 2010). Na Slovensku bol rovnako ako v Európe zaznamenaný po roku 1990 plynulý pokles emisií znečisťujúcich látok. Najvýraznejší pokles bol zaznamenaný v prípade emisií SO_2, dosahujúcich v SR najvyššiu úroveň v 80-tych rokoch. V období rokov 1990 – 2009 sa tieto emisie znížili o 88% (SHMÚ, 2014; Škantárová, 2011). Emisie znečisťujúcich látok ďalej prispievajú k regionálnemu a lokálnemu znečisteniu ovzdušia, prispievajú k zvyšovaniu kyslosti zrážok, či koncentrácii prízemného ozónu. To prispieva k environmentálnym problémom, acidifikácii, poškodzovaniu ozónovej vrstve či klimatickej zmene. Odozvou k zlepšeniu stavu a dôsledkov znečisťovania ovzdušia sú prijímané opatrenia. Kauzálny DPSIR model ovzdušia zahŕňajúci hodnotiace indikátory znázorňuje obr. 7.



Obrázok 7 DPSIR model pre ovzdušie (upravené podľa Škantárová, 2011)

2.5.3 Vplyv využívania prírodných zdrojov na vodu

Hoci samotná voda ako prírodná surovina je intenzívne využívaná a spotrebúvaná činnosťou človeka, ako zložka životného prostredia je vystavená aj zhoršovaniu jej kvality. Tlak na ňu je vyvolávaný ako odbermi povrchových a podzemných vôd, tak aj vypúšťaním vôd odpadových. Aktivity súvisiace s pestovaním, ťažbou či využívaním prírodných surovín sa odrážajú v stave zásob vody, jej chemickom aj ekologickom stave. Znižovanie kvality vody vplyvom ľudských aktivít vo svete neustále rastie. Ohrozuje to zdravie ľudí a ekosystémov (UNEP, 2007). V roku 2009 bolo v EÚ len 43% útvarov povrchových vôd hodnotených dobrým alebo veľmi dobrým **ekologickým stavom**. Najohrozenejší je ekologický stav útvarov povrchových vôd strednej a severozápadnej Európy v oblastiach s intenzívnym poľnohospodárstvom a vysokou hustotou obyvateľstva. Okolo 10% riek a jazier má zlý **chemický stav**, najmä vďaka prítomnosti ťažkých kovov v riekach a jazerách. Približne 25% povrchových vôd má zlý stav u dôvodu prítomnosti dusičnanov (EC, 2012). Na Slovensku malo z hodnotených vodných útvarov veľmi dobrý a dobrý ekologický stav 63,7% vodných útvarov. Chemický stav malo dobrý 95% vodných útvarov (MŽP SR, 2011). Dôsledkom nevyhovujúceho stavu vôd sú environmentálne problémy ako eutrofizácia, acidifikácia. Odozvou sú prijímané opatrenia. Kauzálny DPSIR model pre vodu zahŕňajúci hodnotiace indikátory znázorňuje obr. 8.

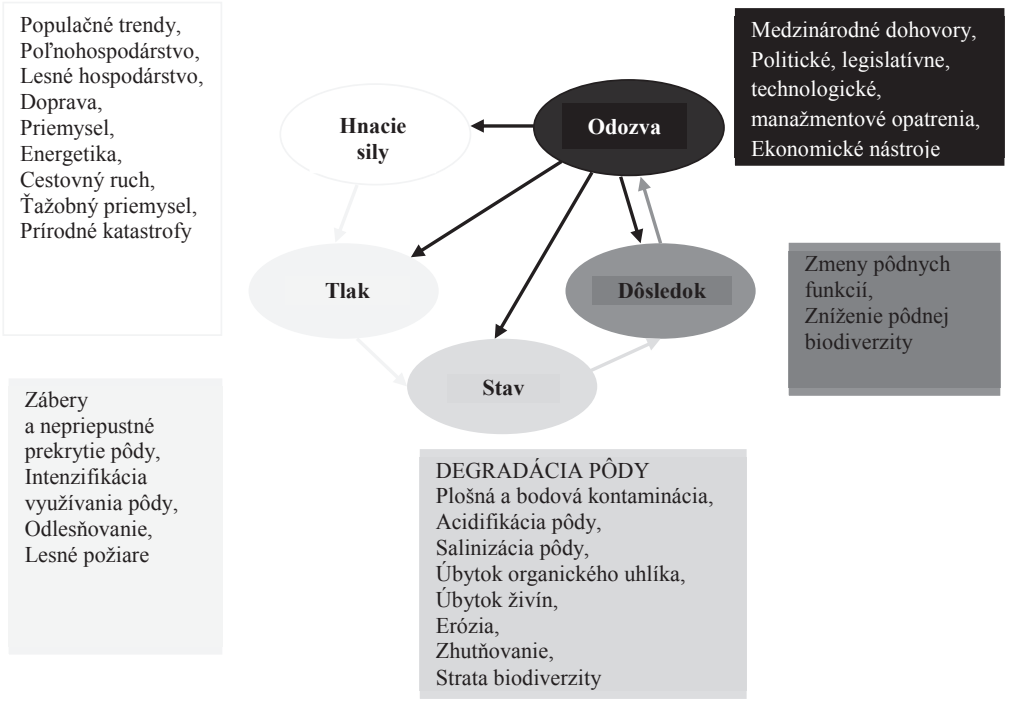


Obrázok 8 DPSIR model pre vodu (upravené podľa Koreňová, 2011)

2.5.4 Vplyv využívania prírodných zdrojov na pôdu

Pôda ako prírodná surovina dôsledkom využívania prírodných zdrojov, teda aj jej samotnej, trpí podobne ako voda vyvolanými degradačnými procesmi. Podľa Baia et al. (2008) bolo celosvetovo degradovaných 24% pôdy. Z celkovo degradovanej pôdy pripadalo 20% na ornú

pôdu, 23% na pôdu v listnatých a 19% v ihličnatých lesoch. Za hlavné degradačné procesy pôdy sú považované pokles biodiverzity, zhutňovanie pôdy, kontaminácia, erózia, zosuvy pôdy, úbytok organického uhlíka, salinizácia. S ťažbou nerastov súvisí najmä kontaminácia pôdy. V Európe sa odhaduje výskyt troch miliónov potenciálnych environmentálnych záťaží. Čo sa týka erózie, v Európe (okrem Ruska) je 105 mil. ha pôdy ovplyvnených vodnou a 42 mil. ha veternou eróziou. V 45 % pôd Európy je nízky alebo veľmi nízky obsah organického uhlíka (s obsahom 0 - 2%). Salinizáciou trpí 3,8 mil ha pôd (Jones et al., 2012). Na Slovensku bolo vo vzťahu ku kontaminácii identifikovaných 878 pravdepodobných a 257 existujúcich environmentálnych záťaží. Vodnou eróziou je postihnutých zhruba 44% a veternou 5,5% poľnohospodárskych pôd Slovenska. Zhutnením trpí asi 192 tis. ha pôd a procesy zhutňovania potenciálne prebiehajú na ďalších 457 tis. ha poľnohospodárskych pôd (Kanianska, 2009). Dôsledkom degradačných procesov môže dôjsť k zmenu pôdnych funkcií či pôdnej biodiverzity. Prijímaním ochranných opatrení je vyvíjaná snaha zmierniť negatívne antropogénne dôsledky. Kauzálny DPSIR model pre pôdu zahŕňajúci hodnotiace indikátory znázorňuje obr. 9.

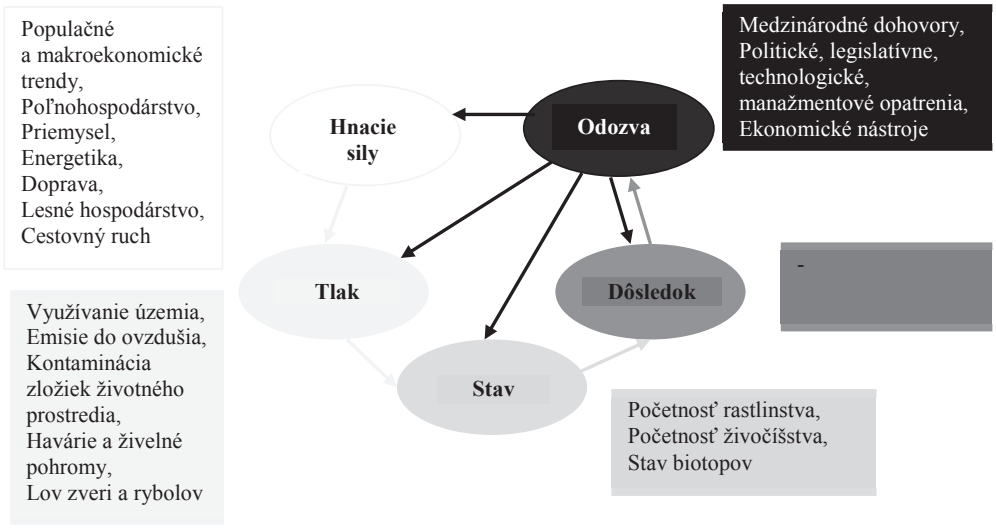


Obrázok 9 DPSIR model pre pôdu (upravené podľa Kanianska, 2009)

2.5.5 Vplyv využívania prírodných zdrojov na biotu

Biota je svojou rôznorodosťou nenahraditeľným zdrojom biomasy ako prírodného zdroja. Jej využívanie na potravinové a krmovinové účely sa odráža v stave bioty. Poľnohospodárstvo spôsobuje pokles diverzity pestovaných plodín a kontamináciu zložiek životného prostredia vrátane bioty ako následok vysokých vstupov hnojív a pesticídov. Prírodné biotopy sú degradované, fragmentované či kontaminované. V celosvetovom meradle, na európskej ako aj národnej úrovni, sú mnohé druhy ohrozené vyhynutím. V EÚ, z 1182 druhov uvedených

v zozname Smernice o biotopoch, sa v nepriaznivom stave nachádza 52% z týchto druhov a u 31% prípadov stav nie je známy. Z 216 typov biotopov sa len 17% nachádza v priaznivom stave (EEA, 2010). Na Slovensku, celkového počtu 12 618 druhov rastlín sa skoro jedna štvrtina pôvodných druhov rastlín nachádza v rôznom stupni **ohrozenosti** (cez 40% vyšších rastlín a cez 17% nižších rastlín), pričom vyhynutých je 196 druhov a 222 druhov je klasifikovaných ako endemity (Kapusta, 2011). Ako odozva sú na ochranu biodiverzity prijímané špecifické ochranné opatrenia. Kauzálny DPSIR model pre pôdu zahŕňajúci hodnotiace indikátory znázorňuje obr. 10.



Obrázok 10 DPSIR model pre biotu (upravené podľa Kapusta, 2011)

3 Ekonomika a manažérstvo využívania prírodných zdrojov

Prírodné zdroje sú základom každej ekonomickej činnosti. Efektívne nástroje politiky ako aj vhodné manažérske postupy sú kľúčovým predpokladom udržateľného využívania prírodných zdrojov. Odráža sa to aj v legislatívnej oblasti. Z takéhoto pohľadu sú súčasťou mnohých prierezových politík, ekonomiky a manažérskych opatrení. Posledné desaťročia spojené so zvýšeným záujmom o otázky životného prostredia spôsobili, že aj v legislatívnej oblasti sa dostávajú do popredia oblasti ochrany životného prostredia ako aj racionálne využívanie prírodných zdrojov (Kanianska, 2013b).

3.1 Politické východiská

Integrácia environmentálnej politiky do ekonomiky a sektorových politík predstavuje proces, pri ktorom sú zámery a ciele environmentálnej politiky premietnuté do všetkých parciálnych a rámcových politík, predovšetkým do tých, ktoré tvoria bázu činností ekonomických sektorov, s cieľom zabezpečenia udržateľného rozvoja. Jej primárnym cieľom je zabezpečiť prechod od tradičného spôsobu politickej praxe, kedy environmentálne opatrenia boli realizované len ako odozva na škody spôsobených aktivitami ekonomických sektorov v životnom prostredí („end-of-pipe"), k politikám so zabudovanými preventívnymi opatreniami, minimalizujúcimi tieto negatívne dopady na maximálne možnú mieru.

Už správa Naša spoločná budúcnosť (*Our common future*) (Brundtland, 1987) a v nej navrhnutý **koncept trvalo udržateľného rozvoja** vytýčil za hlavný cieľ oživenie ekonomického rastu, ale zároveň zmenu jeho kvality spojenú so znížením materiálnej a technickej náročnosti a začlenením environmentálnych aspektov do ekonomického rozhodovania. Na takýchto princípoch bol vytvorený aj základný koncepčný dokument **Agenda 21. storočia** ako jeden z výstupov Konferencia OSN o životnom prostredí a rozvoji v Rio de Janeiro (1992). Kapitola č. 8 tohto dokumentu je venovaná aplikácii integrácie životného prostredia a rozvoja do rozhodovacích procesov (*Integrating Environment and Development in Decision-Making*) pomocou:

- integrácie životného prostredia a ekonomického rozvoja v politike, plánovaní a riadení,
- vytvorenia systémov pre **integrované environmentálne a ekonomické účtovníctvo**

Aj na ďalšom **Svetovom summite o trvalo udržateľnom rozvoji** v roku 2002 v Johannesburgu sa zdôraznila potreba podporiť udržateľné vzorce výroby a spotreby.

Už konferencia v roku 1992 sa stala impulzom pre začatie procesu **integrácie environmentálnej politiky** (*Environmental Policy Integration - EPI*) do ekonomiky a sektorových politík aj na európskej úrovni. Do tohto obdobia sa sektorové politiky vyvíjali a hodnotili separátne, bez ohľadu na vzájomné interakcie a ich spolupôsobenie na životné prostredie či zdravie ľudí. Uvedomujúc si túto situáciu bol v roku 1997 v Amsterdame zakotvený do **Zmluvy o Európskom spoločenstve** samostatný článok č. 6, týkajúci sa integrácie environmentálnej politiky do sektorových politík: „*Environmentálna ochrana musí byť integrovaná a implementovaná do politík Európskeho Spoločenstva a jeho aktivít, zvlášť z pohľadu podpory trvalo udržateľného rozvoja*".

Integrácia environmentálnej politiky (EPI) predstavuje proces, pri ktorom sú zámery a ciele environmentálnej politiky premietnuté do všetkých parciálnych a rámcových politík, predovšetkým do tých, ktoré tvoria bázu činností ekonomických sektorov, s cieľom zabezpečenia udržateľného rozvoja. Primárnym cieľom EPI je zabezpečiť prechod od tradičného spôsobu politickej praxe, kedy environmentálne opatrenia boli realizované len ako odozva na škody spôsobených aktivitami ekonomických sektorov v životnom prostredí („end-of-pipe"), k politikám so zabudovanými preventívnymi opatreniami, minimalizujúcimi tieto negatívne dopady na maximálne možnú mieru.

Od roku 1997, summitu Európskej rady v Luxemburgu, sa proces EPI stal integrálnou súčasťou politiky EÚ. V roku 1998 bol na summite Európskej rady v Cardiffe zahájený tzv. Cardiffský proces, ktorého cieľom je praktická aplikácia článku 6 Zmluvy o Európskom spoločenstve. Na medzinárodnej úrovni pokračovalo zosúladenia indikátorového systému vytvoreného Európskou environmentálnou agentúrou (EEA), Organizáciou pre ekonomickú spoluprácu a rozvoj (OECD) a Štatistickým úradom ES (EUROSTAT). Environmentálny pilier bol zahrnutý aj do **6. Environmentálneho akčného programu** (september 2002) a **tematickej stratégie o trvalo udržateľnom využívaní prírodných zdrojov,** cieľom ktorých malo byť zabezpečenie toho, aby spotreba prírodných zdrojov a s tým súvisiaci dopad na životné prostredie nepresiahol únosnú kapacitu životného prostredia a aby sa prelomili väzby medzi ekonomickým rozvojom a spotrebou prírodných zdrojov.

Helsinský summit Európskej rady (1999) skonkretizoval ďalšie opatrenia pre realizáciu Cardiffského procesu a potrebu monitorovania dosahovania stanovenia cieľov. **Lisabonský summit Európskej rady** (marec 2000) vzniesol požiadavku, aby sa dvojpilierový rámec TUR rozšíril aj o ekonomicko-sociálnu doménu. Pôvodne koncipovaný Cardiffský proces založený na dvoch pilieroch TUR sa rozšíril o tretí – štrukturálny pilier, v súlade s požiadavkami Európskej rady zabezpečiť integráciu environmentálnej politiky do sektorových politík. **Göteborgský summit Európskej rady** (jún 2001) zdôraznil potrebu zabezpečiť lepšie štatistické podklady a zavedenie relevantných indikátorov na monitorovanie procesu integrácie a pokroku v oblasti TUR. **Marcový summit Európskej rady v Barcelone** (2003) zdôraznil posilnenie Cardiffského procesu. Vyzval k vývoju indikátorov hodnotiacich environmentálnu efektivitu a k zlepšeniu štrukturálnych indikátorov. Sledovanie pokroku v oblasti integrácie environmentálnej politiky na svetovej a európskej úrovni zabezpečuje súbormi indikátorov OECD, EEA a EUROSTAT.

Na Slovensku boli základné princípy integrácie environmentálnej politiky do sektorov ekonomiky zakotvené už v dokumente Stratégia, zásady a priority štátnej environmentálnej politiky SR z roku 1993. V tomto dokumente sa zároveň konštatuje, že „*stratégia environmentálnej politiky SR by sa mala premietnuť do environmentálnych koncepcií alebo environmentálnych akčných programov príslušných hospodárskych odvetví*". Tento zásadný dokument načrtáva pozíciu SR vo vzťahu k implementácii environmentálnych aspektov do sektorových politík založenú na praktickej implementácii environmentálnej politiky v jednotlivých odvetviach hospodárstva, v príslušných sektorových koncepciách, stratégiách a opatreniach. Aj ďalšie politické dokumenty ako Národný environmentálny akčný program I a II., Národná stratégia trvalo udržateľného rozvoja SR nadviazali na takto stanovené východiská environmentálnej politiky. Hodnotenie pokroku formou indikátorov v tomto smere na Slovensku vykonáva Slovenská agentúra životného prostredia (SAŽP) a Štatistický úrad Slovenskej republiky (ŠÚ SR).

Problematika využívania prírodných zdrojov je aj jednou z kľúčových tém v súčasnosti nových tzv. **zelených stratégií, zeleného rastu a ekonomiky**. Cieľom zelených stratégií je podporovanie takých stimulov a inštitúcií, ktoré prispievajú k zvyšovaniu ľudskej prosperity. Ide o podporu:

- **manažmentu efektívne využívajúceho prírodné zdroje**, a
- ekonomických činností, ktoré sú z dlhodobého hľadiska výhodné pre spoločnosť.

Zelená ekonomika *je ekonomika podporujúca ľudskú prosperitu a sociálnu rovnosť za súčasného výrazného zníženia environmentálnych rizík a ekologických škôd. Zjednodušene vyjadrené, ide o nízko uhlíkovú ekonomiku, efektívne využívajúcu zdroje a podporujúcu sociálne začlenenie (UNEP, 2011).*

Hlavným cieľom zelenej ekonomike je oživenie ekonomiky, odstránenie chudoby, zníženie uhlíkových emisií a degradácie ekosystémov.

Zelený rast aj zelená ekonomika pristupujú k environmentálnym problémom osobitne. Medzi **kľúčové environmentálne oblasti,** v ktorých je potrebné prijať opatrenia vedúce k zlepšeniu stavu a udržateľnosti, patrí:

- klimatická zmena,
- biodiverzita,
- **prírodné zdroje** a ekosystémové služby,
- spotreba a výroba,
- mestá.

V týchto oblastiach je potrebné prijať opatrenia vedúce k zlepšeniu stavu a udržateľnosti. Je to najmä z dôvodu nevhodných modelov spotreby a výroby, typickými pre krajiny s vyspelou ekonomikou, medzi ktoré patrí aj EÚ (Kanianska, 2013c). Zelená ekonomika stanovila za potrebné pri dosahovaní cieľov ochrany prírodných zdrojov a ekosystémových služieb implementáciu vhodného udržateľného manažmentu s využitím nástrojov ako je:

- podpora technológií a inovácií vedúcich k efektívnemu využívaniu prírodných zdrojov,
- ochrana a udržateľné využívanie vody,
- oceňovanie ekosystémových služieb,
- **začlenenie prírodného kapitálu do environmentálneho účtovníctva** (IUCN, 2011).

Zelená ekonomika je aj súčasťou stratégie EÚ Európa 2020 zameranej na inovácie, zamestnanosť, vzdelávanie, sociálnu inklúziu, klimatické zmeny a energetiku. Jej cieľom je aj príprava európskej ekonomiky na budúce desaťročia v intenciách udržateľného rozvoja a nízkouhlíkovej ekonomiky. Hlavné iniciatívy sú v tomto smere orientované na efektívne využívanie prírodných zdrojov a zelený rast v priemyselnej politike (EC, 2011).

Aj vláda SR sústreďuje pozornosť na nedostatočne využívaný národohospodársky potenciál Slovenska, založený na prírodnom bohatstve, obnoviteľných zdrojov surovín a energie najmä v regiónoch SR s vysokým podielom chránených území. V oblasti zeleného hospodárstva považuje pre budúce obdobie za motor rastu prírodné zdroje, vodné toky, vodné zdroje, termálne vody, všetky druhy prírodných organických a anorganických odpadov, ovzdušie a plynné zdroje, pôdu a nerastné suroviny (Kanianska, 2011).

3.2 Prírodný kapitál a prírodné zdroje

Zemské sféry poskytujú rôzne prírodné zdroje využívané človekom na potravinové účely alebo na uspokojovanie ďalších ľudských potrieb. Stali sa determinantom ekonomického rastu, ktorý v súčasnosti integruje ekonomický a environmentálny kontext, majúci dôsledok na ďalšie sociálne a kultúrnospoločenské oblasti. Ekonomický kontext súvisí s hospodárskym rastom. Hospodársky rast predstavuje zvyšovanie úhrnného produktu ekonomiky v istom časovom období (Samuelsom, Nordhaus, 1992). Pokiaľ hrubý domáci produkt vyjadruje stav ekonomiky, hospodársky rast hovorí o zmene v čase.

Podľa neoklasického modelu (Solow, 1956) je ekonomický výstup (*output*) funkciou práce (L) a kapitálu (K). Tento model bol neskôr rozšírený o ďalšie dva faktory, o úroveň technického pokroku v spoločnosti (A) (Pack, 1994) a ľudský kapitál (H) (Mankiw et al., 1992):

$Y = f(L,K,A,H)$

kde
Y – produkcia - výstup
L – práca - vstup
K – fyzický kapitál - vstup
A – technológie (inovácie) - vstup
H – ľudský kapitál - vstup

Takýto model rastu ešte nezohľadňoval úlohu a význam životného prostredia (Hallegatte et al., 2011). Teórie ukazujúce závislosť hrubého domáceho produktu a hospodárskeho rastu od zásob prírodných surovín a kvality životného prostredia sa začali objavovať až v 70-tych rokoch 20. storočia (Dasgupta, Heal, 1974). V súčasnosti sa kritériá kvality životného prostredia a vyčerpateľnosti zásob prírodných zdrojov stali rovnocennými determinantami hospodárskeho rastu a sú plnohodnotnou súčasťou modelov rastu.

V ekonomickej terminológii je životné prostredie označované aj pojmom **prírodný kapitál**. Termín kapitál sa všeobecne používa ekonómami na vyjadrenie zásoby niečoho, čo má schopnosť vyvolať tok (zvyčajne tovaru a služieb), ktorý je v prospech ľudí a je nimi cenený. Nie je to to isté ako príroda, lebo prírodný kapitál je základom pre výrobu v ľudskom hospodárstve a je poskytovateľom ekosystémových služieb.

Prírodný kapitál predstavuje prírodné zdroje poskytujúce tok vzácnych tovarov a služieb. Medzi hlavné zložky prírodného kapitálu patrí poľnohospodárska pôda, ložiská nerastných surovín (ropy, plynu, uhlia a minerálov), lesy, voda, rybárske oblasti a atmosféra. Tovary a služby prírodného kapitálu podmieňujú hospodársky rast poskytovaním vstupov do poľnohospodárstva, priemyslu a služieb, zvyšovaním produktivity poľnohospodárstva a zabezpečením spoľahlivosti služieb infraštruktúry prostredníctvom kontroly klímy podľa (OECD, 2011, WB, 2012).

Prírodný kapitál určuje ekologické limity pre naše sociálno-hospodárske systémy, je limitovaný aj zraniteľný. Preto jeho stav a zásoby sú monitorované a vyhodnocované. Efektívnym nástrojom takéhoto hodnotenia je aj analýza a účtovníctvo materiálových tokov ako súčasť zeleného účtovníctva.

Zelené účtovníctvo vychádza z predpokladu, že prírodný kapitál a služby ekosystémov je potrebné zahrnúť do systému národných účtov pokiaľ majú byť manažované udržateľne. Účty životného prostredia dopĺňajúce klasické hospodárske účty sa zatiaľ rozvíjali najmä v oblasti emisií do ovzdušia a celkovej materiálovej spotreby. Do budúcnosti sa predpokladá, že do účtov budú zahnuté aj úžitky bez trhovej podstaty, ktoré plynú z ekosystémových služieb.

K hlavnému ukazovateľu fungovania ekonomiky, za ktorý je pokladaný hrubý domáci produkt (HDP), by mal pribudnúť ukazovateľ životného prostredia. Takým by mohla byť ekologická alebo uhlíková stopa. Základnou súčasťou zeleného hospodárstva je ochrana ekosystémov a biodiverzity. Napriek tomu, že poskytujú spoločnosti obrovské hodnoty, práve prírodné systémy stáli doteraz mimo účtovného rámca národného bohatstva. Pritom ekosystémové služby a hodnota biodiverzity často priamo ovplyvňuje ľudské životy a ich kvalitu.

Cieľom environmentálne orientovaného účtovníctva je vytvorenie kvalitnej informačnej základne pre environmentálne orientované rozhodovacie procesy na všetkých úrovniach. Rozvoj a implementácia samotného environmentálneho a ekonomického účtovníctva neznamená vyriešenie problémov spojených so životným prostredím. Výstupy majú slúžiť hlavne ako podklad pre formuláciu a usmerňovanie zámerov národohospodárskej politiky a politiky životného prostredia. Systém by mal umožňovať modelovanie vplyvu ekonomických a politických rozhodnutí na stav a vývoj životného prostredia, a aj popis jeho skutočného stavu. Environmentálny účtovný systém by mal umožniť prezentáciu známych informácií v nových súvislostiach a zároveň by mal umožniť získavať nové informácie a identifikovať nové väzby a súvislosti.

Základným informačným systémom pre formulovanie a usmerňovanie národohospodárskej politiky je v súčasnosti najmä **systém národných účtov** (*System of National Accounts* - SNA) Konvenčný systém národných účtov tvorí účtovný rámec určený pre kompiláciu a prezentáciu ekonomických údajov, ekonomických indikátorov. Slúži účelu, pre ktorý bol vyvinutý, t.j. vytvárať podklad pre ekonomické analýzy, pre rozhodovacie a riadiace procesy spoločnosti. Účty sú koncipované tak, aby výstupy poskytovali relevantné informácie o vývoji výkonnosti ekonomiky. SNA zachytávajú dve základné ekonomické kategórie, toky statkov a služieb a zásoby kapitálu využívaných pre tvorbu týchto statkov a služieb, merané a vyjadrené v peňažných jednotkách. Cieľom SNA je teda aj meranie zásob kapitálu ako meradla bohatstva spoločnosti.

Systém environmentálneho a ekonomického účtovníctva (*System of Environmental-Economic Accounting - SEEA*) vytvára priestor pre implementáciu ekologického faktora do systému SNA a identifikáciu príspevku životného prostredia a jeho jednotlivých zložiek pre ekonomický rozvoj spoločnosti. Zároveň s tým vytvára priestor pre indikáciu udržateľnosti využívania životného prostredia z hľadiska budúcich generácií (Ritschelová et al., 2000).

Implementácia SEEA sa odráža v rozhodovacích procesoch týkajúcich sa rôznych sektorov hospodárstva. Napríklad v poľnohospodárstve hrajú prírodné zdroje kľúčovú úlohu. Výroba biomasy ako prírodného zdroja je závislá od ďalších prírodných zdrojov, medzi ktorými má mimoriadny význam pôda a voda. Vyžitie SEEA môže napomôcť k hospodárnemu využívaniu týchto prírodných zdrojov a nasmerovaniu opatrení vedúcich k ich ochrane a hospodárnemu využívaniu, čo je v súčasnosti začlenené aj do Spoločnej poľnohospodárskej politiky (Poláková et al., 2013).

3.3 Socioekonomický metabolizmus

Každá živá sústava je charakteristická **tokom látok a energií** podliehajúcim fyzikálnym zákonom o zachovaní hmoty a energie. Podobne funguje aj ekonomický systém. Ak má poskytovať tovary a služby na uspokojovanie ľudských potrieb, prijíma z okolitého životného prostredia materiály a energiu, ktoré čiastočne využije a nakoniec premení na odpadné látky putujúce späť do životného prostredia. Na strane vstupov ide najmä o surovinové zdroje, biomasu a vodu. Na strane výstupov stoja emisie do ovzdušia, vody či odpad. V tejto súvislosti sa často používa teória o **priemyselnom metabolizme** (*industrial metabolism*) alebo **socio-ekonomickom metabolizme** (Baccini a Brunner, 1991; Ayres a Simonis, 1994).

Teória socio-ekonomického metabolizmu považuje socioekonomický systém za **subsystém životného prostredia**, ktorý je so svojím okolím prepojený tokmi energie a materiálov. Tieto toky predstavujú záťaž, ktorú ľudská spoločnosť vyvíja na životné prostredie a možno ich pokladať spolu s využitím územia a ďalšími biologickými a sociálnymi faktormi za kľúčovú príčinu environmentálnych problémov. Veľkosť každého toku indikuje aj veľkosť tlaku na životné prostredie. Preto je potrebné tieto toky poznať a na základe toho zvyšovať produktivitu zdrojov a znižovať záťaž na životné prostredie. Ak dôjde k poklesu týchto tokov, je možné predpokladať, že dôjde aj k zníženiu záťaže na životné prostredie (Schmidt-Bleek, 1994; Bringezu et al., 2003; Weizsäcker et al., 2009).

Záťaž životnému prostrediu pôsobí už samotné dobývanie nerastných surovín. Pri ťažbe ropy v moriach, dochádza k únikom ako pri ťažbe tak aj transporte. Pri podzemnej a povrchovej ťažbe nerastných surovín vznikajú mnohostranné negatívne vplyvy na životné prostredie (Neužil, 2011). Patria sem plynné emisie (hlavne CO, CO_2, SO_2, SO_3, CH_4, NO, NO_2), prašný aerosól, narušenie vodného režimu a kontaminácia vody, zábery a devastácia pôdneho fondu a znečistenie pôdy, priame narušenie biotopov, hluk, vibrácie, zmena krajinného rázu. Ďalšia záťaž vzniká pri úprave nerastných surovín – triedení, drvení, premývaní, sušení a pod.

Oveľa väčšia záťaž životného prostredia, ako pri ťažbe, je spojená so spotrebou a využitím nerastných surovín. Je to dané aj tým, že zatiaľ čo počet surovín vstupujúcich do ekonomického systému je limitovaný, do životného prostredia je v dôsledku využívania surovín vypúšťané stále väčšie množstvo rôznych látok (Spangenberg et al., 1999). Tieto látky navyše vstupujú do životného prostredia veľkým počtom najrôznejších ciest. Za vstup je možné považovať každú skládku, každý komín či výfuk automobilu. Spotreba a využitie surovín prispieva napríklad ku globálnej zmene klímy, úbytku stratosférického ozónu, eutrofizácii, acidifikácii, rádioaktívnemu znečisteniu a pod. (Giljum et al., 2005).

Životné prostredie je schopné záťaž spojenú so spotrebou materiálov, ktorá je naň ľudskou spoločnosťou vyvíjaná, do istej miery neutralizovať. Ak je napríklad miera využitia obnoviteľných zdrojov nižšia, ako je ich ročný prírastok, alebo ak dochádza k uvoľňovaniu iba takého množstva odpadu, ktoré je životné prostredie schopné absorbovať a rozložiť, aby nedochádzalo k jeho hromadeniu, nemalo by dochádzať k vážnejšiemu narušeniu jeho zložiek (Bringezu a Bleischwitz, 2009). Táto miera je však často prekračovaná (WRI, 2005).

Až doteraz bolo uspokojovanie ľudských potrieb úzko spojené so záťažou vyvíjanou na životné prostredie. Ak rástla životná úroveň obyvateľov, dochádzalo spravidla tiež k rastu tejto záťaže, aj keď v prípade rozvinutých priemyselných štátov bol často tento tlak presúvaný do zahraničia a tak došlo k vyčisteniu ich domáceho životného prostredia (Schütz et al., 2004). V globálnom meradle však v priebehu 20. storočia ľudská spoločnosť zaznamenala

bezprecedentný nárast materiálových a energetických vstupov a výstupov (Krausmann et al., 2009). S tým rástlo aj celkové zaťaženie životného prostredia. Jedným z cieľov hlavne vyspelých krajín sa preto v rámci dosahovania udržateľnosti rozvoja stalo zlomenie vzájomnej závislosti medzi záťažou životného prostredia a hospodárskym rastom, ktorý v tomto prípade zastupuje zvyšujúcu sa mieru uspokojovania ľudských potrieb a rast životnej úrovne. Pre toto oddelenie kriviek hospodárskej výkonnosti a tlaku vyvíjanom na životné prostredie sa vžilo označenie „*Decoupling*“, ktoré je skrátenou verziou anglického výrazu „*Decoupling of environmental pressure from economic performance*“ (OECD, 2002).

3.4 Analýza a účtovníctvo materiálových tokov

Analýza materiálových tokov je systematický prístup k hodnoteniu tokov a zásob materiálov v rámci definovaného systému v danom priestore a čase (Brunner, Rechberger, 2004). Predstavuje **jeden z nástrojov ako kvantifikovať socio-ekonomický metabolizmus** a **hodnotiť záťaž životného prostredia**, ktorá je s ním spojená.

Pozorovanie týchto tokov, ich analýza a účtovníctvo je pomerne mladou vedeckou disciplínou. Analýza a účtovníctvo energetických tokov má dlhšiu tradíciu (Cleveland et al., 2000) a Medzinárodná energetická agentúra pravidelne monitoruje socioekonomický tok energie v globálnom meradle. Materiálové toky sa dostali do centra pozornosti neskôr. V roku 1969 fyzik Robert Ayres a ekonóm Allen Kneese prvý krát spoločne prezentovali niečo, čo bolo v 90-tych rokoch pomenované analýzou materiálových tokov (Fischer-Kowalski et al., 2011). Koncept v takomto znení prví použili v Japonsku (National Institue for Environmental Studies), v Nemecku (Wupertal Institute) a v Rakúsku (Institue for Social Ecology). Ďalej ho rozvinuli v Spojených štátoch amerických (World Resources Institute) a v súčasnosti hrá hlavnú úlohu v problematike materiálových tokov EUROSTAT. Tvorí významnú agendu aj v rámci Európskej environmentálnej agentúry (EEA) a v krajinách OECD.

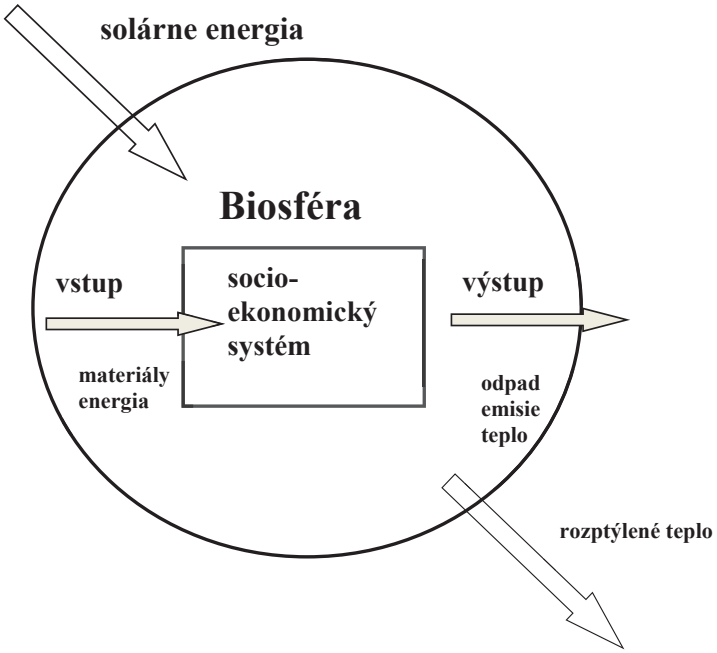
Terminológia materiálových tokov rozlišuje látky, tovary a materiály. **Látka** (*Substance*) je akýkoľvek (chemický) prvok alebo chemická zlúčenina. Všetky prvky a látky sú charakterizované tým, že majú jedinečné a rovnaké zloženie , sú homogénne (napr. C, Cu, CO_2). **Tovar** (*Good*) (tiež výrobok, produkt, komodita), je hmotný predmet s kladnou alebo zápornou ekonomickou hodnotou. Tvorí ho jedna alebo viac látok (napr. hornina, pitná voda, betón). **Materiál** (*Material*) je spoločný termín označujúci látku aj tovar. Celkové množstvo materiálov, ktoré je v zásobe, sa označuje pojmom zásoba (*Stock*).

V **procesoch** (*Processes*) dochádza k premenám, doprave či skladovaniu materiálov. Premena materiálov je spojená s primárnymi výrobnými procesmi, napr. ťažba a extrakcia kovov z rúd. Spotrebnými procesmi dochádza k premene tovarov na odpad a emisie. Procesy sú zvyčajne definované ako čierna skrinka (*Black box*), čo znamená, že vnútorné procesy v rámci čiernej skrinky nie sú brané do úvahy. Hodnotené sú len vstupy (*Input*) a výstupy (*Output*). **Tok** (Flow) je časťou celého materiálového toku (napr. množstvo konkrétneho materiálu za čas).

Procesy prebiehajú v systémoch vymedzených ich hranicami. **Systém** (*System*) tvorí skupina prvkov a interakcie medzi nimi. Môže ním byť podnik, štát alebo domácnosť. Hranice systému (*System boundary*) sú definované v čase a priestore.

Analýza materiálových tokov je východiskom účtovníctva materiálových tokov (*Material Flow Accounting – MFA*). MFA poskytuje kompletnú a konzistentnú sadu informácií o celkových tokoch a zásobách daného materiálu v rámci zvoleného systému na vstupe aj na výstupe.

Účtovníctvo materiálových tokov na makroekonomickej úrovni (*Economy Wide Material Flow Accounts – EW MFA*) a analýza jeho jednotlivých indikátorov predstavujú popisný nástroj cieľom ktorého je podať informácie o tokoch materiálov (energii) vstupujúcich/opúšťajúcich ekonomický sektor príslušnej spoločnosti. Ekonomická sféra spoločnosti je prepojená s okolitým životným prostredím prostredníctvom materiálových a energetických tokov, ktoré participujú na tzv. „priemyselnom metabolizme" krajiny, ktorý je súčasťou „metabolizmus spoločnosti". Spomínané pojmy formou metafory považujú modernú ekonomiku za istú formu živého organizmu s charakteristickým „metabolickým profilom", pričom jeho veľkosť, resp. z neho odvodený tlak na životné prostredie môžu byť vyjadrené veľkosťou metabolického prechodu materiálov/energie cez ekonomiku (obr. 11).



Obrázok 11 Materiálové toky medzi životným prostredím a socioekonomickým systémom (upravené podľa EUROSTAT, 2001)

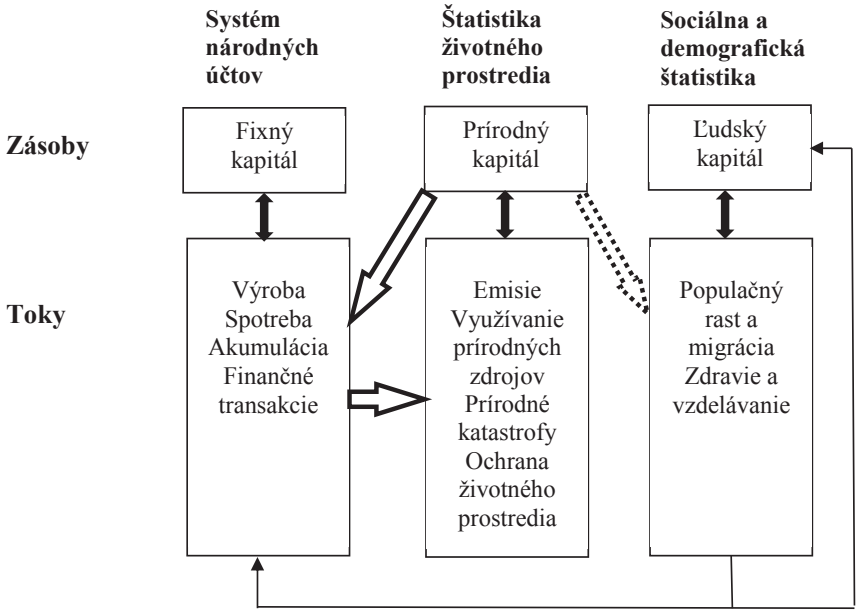
Pre hodnotený systém je základom materiálovej bilancie nasledovná rovnica:

celkový vstup = celkový výstup + čistá akumulácia,

čo znamená, že čokoľvek vstupuje do systému je v tomto systéme buď akumulované alebo tento systém opúšťa vo forme výstupu. Materiálové zmeny sa uskutočňujú pri výrobných ako aj spotrebných procesoch. Ak sa takáto rovnica použije v rámci špecifickej materiálovej skupiny pri ekonomickej bilancii (napr. pre fosílne palivá alebo biomasu), potom surovinový

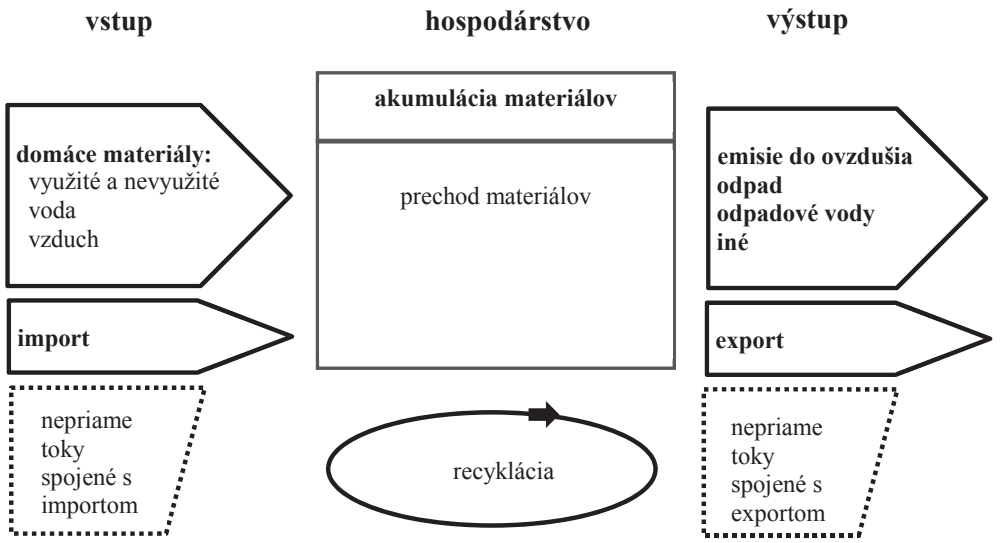
materiál sa musí spájať napr. s emisiami alebo s produkciou odpadov, ktoré sú cieľovou stanicou týchto materiálov.

Environmentálne údaje a štatistika tvoria základný materiál pre účtovníctvo materiálových tokov. Environmentálna štatistika poskytuje údaje o stave životného prostredia a ľudských aktivitách majúcich vplyv na jeho zhoršovanie alebo zlepšovanie. Prvé impulzy smerujúce k vytvoreniu systému zberu, štandardizácii a monitoringu environmentálnych údajov sa viažu ku Konferencii OSN o životnom prostredí človeka konajúcej sa v roku 1972 v Štokholme. K existujúcemu systému národných účtov (*System of National Accounts – SNA*) a systému sociálnej a demografickej štatistike (*System of Social and Demographic Statistics – SSDS*) sa začal vytvárať rámec pre rozvoj environmentálnej štatistiky (*Framework for the Development of Environment Statistics – FDES*). Tento rámec vytvoril základňu pre účtovníctvo materiálových tokov a systém integrovaného environmentálneho a ekonomického účtovníctva (*System for integrated environmental and economic Accounting – SEEA*) (obr. 12) (Bartelmus, 2008).



Obrázok 12 Rámec pre integrovanú štatistiku (Bartelmus, 2008)

Účtovníctvo materiálových tokov na makroekonomickej úrovni a v rámci neho zostavené **bilancie** (súvahy) poskytujú prehľad o ročných materiálových vstupoch a výstupoch vyjadrených v hmotnostných jednotkách. Na vstupe pritom vystupujú aj materiály pochádzajúce priamo zo životného prostredia (napr. voda, horniny), rovnako ako materiály importované. Na výstupe figurujú materiály uvoľňované do životného prostredia (napr. emisie, odpad) a materiály exportované. Čistá zmena zásob je potom ekvivalentom rozdielu medzi vstupmi a výstupmi. Takúto zjednodušenú schému materiálovej bilancie znázorňuje obrázok 13.



Obrázok 13 Zjednodušená schéma materiálovej bilancie (vrátane vody a vzduchu) (EUROSTAT, 2001)

3.5 Indikátory materiálových tokov

Z konceptu EW MFA je odvodených veľa druhov indikátorov. Zostaviť komplexnú materiálovú bilanciu je z pohľadu štatistiky veľmi náročná úloha, nakoľko nie všetky toky materiálov sú štatisticky sledované a vyhodnocované. Toky takýchto materiálov sú potom odhadované.

Indikátory materiálových tokov patria medzi kompozitné indikátory. V agregovanej forme poskytujú základné informácie o stave a zmenách štruktúry socioekonomického systému. Monitorujú množstvo materiálov alebo skupín materiálov využitých v hospodárstve a to v podobe tokov:

- **priamych** (vstupujúcich do ekonomických procesov),
- **nepriamych** (nevstupujú do procesov priamo, ale proces ako taký ovplyvňujú alebo sa ho týkajú, napr. súvisia s ťažbou surovín).

Indikátory MFA sú rozdeľované do **3 základných skupín indikátorov**:

- vstupov,
- výstupov,
- spotreby.

Väčšina indikátorov MFA môže byť prepojená so socio-ekonomickými indikátormi a inými environmentálnymi indikátormi potrebnými na výpočet intenzity, resp. efektivity ich využitia (indikátory environmentálnej efektivity). Pomocou týchto indikátorov je možné zostaviť materiálové účty, resp. bilancie (tab. 10).

Tabuľka 10 Bilancia indikátorov materiálových tokov

VSTUPY	VÝSTUPY
Domáca ťažba (*Domestic Extraction – DE*) Fosílne palivá (uhlie, ropa ...) Minerály a horniny (rudy, piesky...) Biomasa **Import**	**Emisie a odpad** Emisie do ovzdušia Odpadové vody Odpad **Disipatívne využívanie produktov a ich straty** (umelé hnojivá, osivo, korózia materiálov...)
Priame materiálové vstupy (*Direct Material Inputs – DMI*)	**Výstupy z domácej výroby do životného prostredia** (*Domestic Processed Output to nature – DPO*)
Nevyužitá domáca ťažba Nerastných surovín Biomasy Pôdy	**Úložiská nevyužitej domácej ťažby** Nerastných surovín Biomasy Pôdy
Celkový materiálový vstup (*Total Material Input – TMI*)	**Celkový domáci výstup do životného prostredia** (*Total Domestic Output to Nature – TDO*)
	Export
	Celkový materiálový výstup (*Total Material Output – TMO*)
Nepriame toky súvisiace s importom	**Čistý prírastok zásob** (*Net Additions to Stock – NAS*)
Celkové materiálové potreby (*Total Material Requirements – TMR*)	Infraštruktúra, stavby, Iné (stroje, tovary,...)
	Nepriame toky spojené s exportom

Zdroj: EUROSTAT, 2001

Indikátory majú veľmi **široké využitie**. Uplatňujú sa pri posudzovaní celkovej fyzickej veľkosti ekonomiky a celkovej záťaže životného prostredia so spotrebou materiálov, pri **posudzovaní rovnosti v spoločnom využívaní prírodných zdrojov**. Ak sa indikátory materiálových tokov prepočítajú na počet obyvateľov, je možné zostaviť medzinárodné porovnanie spotreby materiálov ako aj vypúšťaných emisií z hľadiska rovnosti v zdieľaní prírodných zdrojov. Vo všeobecnej rovine by podľa princípu udržateľného rozvoja mali mať ľudia rovnaké práva spotrebovávať prírodné zdroje a využívať životné prostredie k asimilácii a rozkladu odpadových látok (Moldan, 1993).

Spotrebu materiálov je možné vzťahovať k územiu, ktoré je potrebné na ich produkciu. Táto problematika je rozpracovaná hlavne pre obnoviteľné zdroje a rieši napríklad **koncept privlastňovania si primárnej produkcie ekosystémov** (Vitousek et al., 1986).

Mnoho priemyselných krajín znížilo domácu ťažbu surovín a produkciu niektorých výrobkov a namiesto toho ich dovážajú zo zahraničia. **Dochádza k presunu záťaže životného prostredia spojenej s ťažbou a výrobou týchto komodít**, a to spravidla na úkor rozvojových krajín (Giljum et al., 2009). Aby bolo možné posúdiť tieto presuny, je nutné sledovať dovoz, vývoz a súvisiace toky materiálov. Indikátory materiálových tokov pomáhajú pri sledovaní materiálovej závislosti na zahraničí. Čím je vyšší podiel dovozu na spotrebe materiálov, tým väčší problém môže spôsobiť dočasný alebo trvalý nedostatok určitých komodít na zahraničných trhoch, nárast cien či ďalšie prekážky brániace voľnému obchodu.

Platí tiež, že všetky vstupné materiálové toky, ktoré sa akumulujú vo forme fyzických zásob, sa skôr či neskôr premenia na odpadné toky. Pri znalosti objemu fyzických zásob v mestách, regiónoch či štátoch a pri znalosti ich životnosti je možné **modelovať budúce odpadné toky**.

Na medzinárodnej úrovni sa všeobecne akceptuje názor, že udržateľná spotreba energie a materiálov by do istej miery mala byť zaistená prostredníctvom obnoviteľných zdrojov. Neodráža to len skutočnosť možnosti vyčerpania neobnoviteľných zdrojov, ale aj skutočnosť, že **spotreba neobnoviteľných zdrojov je obvykle spojená s väčšími dopadmi na životné prostredie než spotreba zdrojov obnoviteľných** (EEA, 2006). Indikátory materiálových tokov vyjadrujúce materiálové vstupy a materiálovú spotrebu môžu byť rozčlenené na obnoviteľné a neobnoviteľné zdroje.

3.5.1 Indikátory vstupov

Medzi **indikátory vstupov** patria:

- priame materiálové vstupy (*Direct Material Inputs – DMI*),
- celkový materiálový vstup (Total Material Input **-** *TMI*),
- celkové materiálové potreby (*Total Material Requirements – TMR),*
- vstupné suroviny (*Raw Material Input – RMI*).

Priame materiálové vstupy (*Direct Material Inputs – DMI*) vyjadrujú vstup materiálov/surovín do ekonomiky štátu. Ide o materiály/suroviny s ekonomickou hodnotou, ktoré sú ďalej využívané pri výrobných a spotrebných aktivitách. Priame materiálové vstupy sú súčtom domácej ťažby (*Domestic Extraction – DE*) surovinových zdrojov a importu (*Import - I*). Materiály, ktoré sú extrahované ekonomickými aktivitami, ale ktoré neslúžia ako vstupný materiál pre výrobu a spotrebu (napr. hlušina a skrývky hornín z banskej činnosti) sa označujú pojmom nevyužitá domáca ťažba alebo skryté toky. Tieto sú zvyčajne bez ekonomickej hodnoty.
DMI = DE + I

Priame materiálové vstupy a nevyužitá domáca ťažba (*Unused Domestic Extraction – UDE*) tvoria **celkový materiálový vstup** (*Total Material Input* **-** *TMI*)
TMI = DMI + UDE

Celkové materiálové potreby (*Total Material Requirements – TMR*) zahŕňajú vzhľadom k celkovému materiálovému vstupu ešte aj skryté materiálové toky súvisiace s importom surovín tvoriacich záťaž na životné prostredie v iných krajinách. Takto indikátory na vstupe merajú celkovú „materiálovú základňu“ ekonomiky, t. j. celkové požiadavky výrobných aktivít na primárne surovinové zdroje.
TMR = TMI + nepriame toky súvisiace s importom

Jednoduchá súvaha obchodovaného tovaru poskytuje neúplný obraz v súvislosti s potrebou surovín na ich výrobu. Komplexnejší pohľad na „materiálovú stopu“ je možné získať premenou obchodovaného tovaru na jeho **surovinové ekvivalenty** (*Raw Material Equivalents – RME*), t. j. množstvo surovín potrebných na výrobu obchodovaného tovaru. Hlavne u finálnych výrobkov, dovoz a vývoz vyjadrený v RME je oveľa vyšší ako im zodpovedajúca fyzická hmotnosť. Takto **import v RME** (*Imports in RME – I in RME*) predstavuje množstvo surovín potrebných na produkciu tovaru dovezeného do národného hospodárstva. **Export**

v RME (*Exports in RME – E in RME*) je množstvom surovín potrebných na produkciu tovaru vyexportovaného do zahraničia. **Vstupné suroviny** (*Raw Material Input – RMI*) predstavujú množstvo surovín potrebných na výrobu tovaru dostupného pre použitie a spotrebu v ekonomike.
RMI = DE + I in RME

3.5.2 Indikátory výstupov

Medzi **indikátory výstupov** patria:

- výstupy z domácej výroby do životného prostredia (*Domestic Processed Output to nature – DPO*),
- celkový domáci výstup *(Total Domestic Outputs – TDO*),
- priamy materiálový výstup (*Direct Material Outputs – DMO*),
- celkový materiálový výstup (*Total Material Outputs – TMO*).

Výstupy z domácej výroby do životného prostredia (*Domestic Processed Outputs – DPO*) vznikajú pri spracovávaní, výrobe, použití a konečnom zneškodňovaní materiálov/surovín v rámci domácej ekonomiky. Z tohto materiálového toku sú vylúčené materiály určené na export – nakoľko tieto po ich upotrebení budú predstavovať odpad v iných krajinách. Tento indikátor zahŕňa emisie znečisťujúcich látok z priemyselných procesov a zo spaľovania energie v rámci komerčných aktivít, priemyselný odpad a odpad z domácností ukladaných na skládkach, odpadové vody, materiály dispergované do životného prostredia ako dôsledok používania produktov (tzv. disipatívne toky) a emisie zo spaľovní odpadov.
DPO = emisie + odpad + disipatívne toky

Celkový domáci výstup *(Total Domestic Outputs – TDO*) tvoriaci súčet výstupov z domácej výroby a zneškodneného množstva nevyužitej domácej extrakcie reprezentuje celkové množstvo materiálových výstupov uvoľňovaných z národnej ekonomiky do životného prostredia v rámci príslušnej krajiny.
TDO = DPO + úložiská nevyužitej domácej ťažby

Priamy materiálový výstup (*Direct Material Outputs – DMO*) predstavuje celkové množstvo materiálových výstupov opúšťajúcich ekonomickú sféru po ich upotrebení v rámci ekonomiky príslušnej krajiny, ktoré sú uvoľňované do životného prostredia v rámci príslušnej krajiny z jej ekonomickej činnosti.

Celkový materiálový výstup (*Total Material Outputs – TMO*) je súčtom celkového domáceho výstupu a exportu (*Export – E*). Indikátor meria celkové množstvo materiálov opúšťajúcich ekonomický sektor (vrátane skrytých nespotrebovaných materiálových tokov).
TMO = TDO +E

3.5.3 Indikátory spotreby

Medzi **indikátory spotreby** patria:

- domáca materiálová spotreba (*Domestic Material Consumption – DMC*),
- celková materiálová spotreba (*Total Material Consumption – TMC*).
- spotreba surovín (*Raw Material Consumption – RMC*).

Domáca materiálová spotreba *(Domestic Material Consumption – DMC*) meria celkové množstvo materiálov priamo spotrebovaných v ekonomike, s vylúčením skrytých materiálových tokov.
DMC = DMI – E

Celková materiálová spotreba (*Total Material Consumption – TMC*) meria celkové materiálové požiadavky na primárny surovinový materiál súvisiaci so spotrebnými aktivitami na národnej úrovni
TMC = TMR – E + skryté materiálové toky

Spotreba surovín (*Raw Material Consumption – RMC*) meria celkové množstvo surovín spotrebovaných na výrobu tovaru použitého v ekonomike (nazýva sa aj materiálová stopa).
RMC = DE + I in RME = RMI – E in RME

Medzi **indikátory súvahy** patria:

- čistý prírastok zásob (*Net Addition to Stock – NAS*)
- fyzická obchodná bilancia (*Physical Trade Balance – PTB*)

Čistý prírastok zásob (*Net Addition to Stock – NAS*) meria fyzický rast ekonomiky. Ten predstavujú nové stavby, infraštruktúra, zariadenia či tovary. Indikátor zároveň zohľadňuje zo stavu zásob odstraňované položky ako demolované staré budovy, zneškodnené predmety dlhodobej spotreby a pod.

Fyzická obchodná bilancia *(Physical Trade Balance – PTB)* meria fyzickú stránku (nadbytok, resp. deficit) materiálovej bilancie súvisiacej s obchodnou bilanciou. Môže zahrnúť do svojej bilancie aj skryté materiálové toky súvisiace s importom a exportom (napr. na základe TMC).
PTB = Import – Export.

3.5.4 Odvodené indikátory materiálových tokov

Existujú mnohé ďalšie skupiny indikátorov odvodených od kompozitných indikátorov materiálových tokov. Môžu slúžiť na hodnotenie vývoja vybratého environmentálneho tlaku na úrovni štátu či svetovej ekonomiky (Shandl, West, 2010). Zaujímavá je ich aplikácia v ekonomických modeloch zameraných na výber stratégií šetrných k využívaniu prírodných zdrojov (Giljum, 2006). Používajú sa pri porovnávaní spotreby prírodných zdrojov vo vzťahu k produkcii emisií či odpadu (Moll, Watson, 2009). V posledných rokoch sa výskum zameriava na možnosti prepojenia informácií o materiálových tokoch s údajmi získanými analýzou životného cyklu (*Life cycle analysis – LCA*) (Van der Voet et al., 2004).

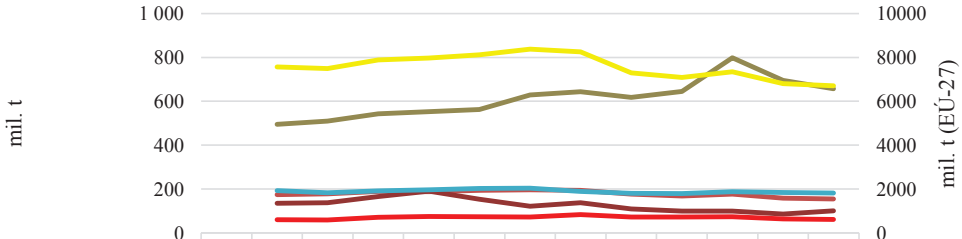
Zvýšenie efektívnosti využívania zdrojov je nevyhnutné na udržanie sociálno-hospodárskeho pokroku vo svete s obmedzenými zdrojmi a ekosystémovými možnosťami, ale samo osebe nepostačuje. Zvýšená efektívnosť predstavuje napokon iba náznak, že produkcia rastie rýchlejšie ako využívanie zdrojov alebo emisie. Nezaručuje zníženie environmentálnych tlakov v absolútnom vyjadrení. Uznávajúc tieto obmedzenia vyvinul EUROSTAT pre krajiny EÚ-27 odhady spotreby surovín (*Raw Material Consumption – RMC*), o ktorej sa niekedy hovorí aj ako „surovinovej stope" (EEA, 2015). Známy je tiež koncept hodnotenia udržateľného využívania zdrojov pomocou indikátora ekologickej stopy (*Ecological Footprint – EF*), ktorá predstavuje rozmer biologicky produktívnej zeme, ktorej kapacitu plne využíva hodnotený jedinec, spoločnosť, štát alebo celé ľudstvo, či určitá oblasť ľudskej činnosti (napr. priemysel). Ekologická stopa je teda mierou obnoviteľnej biologickej kapacity (Holmberg et al., 1999). V roku 1961 bola ekologická stopa v Európe v rovnováhe s kapacitou dostupných prírodných zdrojov. Do roku 2001 sa zdvojnásobila. Predpokladá sa, že do roku 2030 energetická náročnosť globálne vzrastie o 60% a tým sa emisie CO_2 v rozvojových krajinách zdvojnásobia (MoEF, 2006).

Špecifickú skupinu indikátorov predstavujú **indikátory environmentálnej efektivity**. Pojem environmentálna efektivita bol zavedený Svetovou obchodnou radou pre trvalo udržateľný rozvoj a predstavuje koncept založený na vyššej produkcii tovarov a služieb v spojení s nižším využívaním prírodných zdrojov a nižšou produkciou odpadov a znečistenia. Koncept bol akceptovaný na Konferencii OSN o životnom prostredí a rozvoji v Rio de Janeiro (1992), a zapracovaný aj do základného koncepčného dokumentu Agenda 21 storočia. Kritickými aspektmi environmentálnej efektivity je zníženie materiálovej a energetickej náročnosti, zníženie uvoľňovania znečisťujúcich látok, podpora recyklácie a využívania obnoviteľných zdrojov, zvýšenie trvácnosti a životnosti produktov (UNCTAD, 2004). Na vyjadrenie environmentálnej efektivity sa používajú indikátory, vyjadrujúce korelačnú závislosťou medzi ekonomickými ukazovateľmi príslušného sektora, vyjadrených napríklad ukazovateľmi hrubého domáceho produktu (HDP) či pridanej hodnoty (PH) a ukazovateľmi environmentálnymi, t. j. indikátormi materiálových tokov na vstupe alebo výstupe. Pomocou nich je možné hodnotiť environmentálnu efektivitu na makroekonomickej úrovni za príslušné sektory ekonomickej činnosti, či na úrovni konkrétneho podniku. Napríklad pomer HDP/DMI vyjadruje tzv. priamu materiálovú produktivitu, pomer HDP/TDO umožňuje merať ekonomickú výkonnosť vzhľadom na materiálové straty do životného prostredia. Príslušný sektor ekonomickej činnosti sa stáva environmentálne efektívnym v prípade, ak sa darí zabezpečovať jeho ekonomický rast pri minimalizovaní jeho tlaku a tým aj negatívnych environmentálnych dôsledkov v životnom prostredí. Graficky je takýto stav vyjadrený „roztváraním nožníc", t. j. trend nárastu ekonomického ukazovateľa je kopírovaný trendom poklesu negatívneho environmentálneho ukazovateľa (Kanianska et al., 2007). Hlavným cieľom udržateľnej ekonomiky je práve dosiahnutie takéhoto roztvorenia kriviek záťaže (*decoupling*), stavu, keď kvalita života a výkonnosť ekonomiky porastie za súčasného znižovania tlaku na životné prostredie a materiálovej spotreby surovín (Kovanda, Hak, 2007).

3.6 Stav a vývoj indikátorov materiálových tokov v Európskej únii a na Slovensku

Domáca materiálová spotreba *(Domestic Material Consumption – DMC)* je považovaná za jeden z najdôležitejších indikátor MFA. Meria celkové množstvo materiálov priamo spotrebovaných v ekonomike s vylúčením skrytých materiálových tokov.

Aj keď na úrovni EÚ-27 došlo v porovnaní rokov 2002 až 2013 k poklesu DMC zo 7 562 na 6 700 mil. t, v jednotlivých štátoch sa situácia líšila (obr. 14). Na Slovensku došlo k miernemu nárastu zo 60 na 62 mil. t. Pri hodnotení vývoja v rokoch 2002 až 2013, po počiatočnom náraste DMC, došlo v čase globálnej finančnej krízy k poklesu. Napriek poklesu DMC na úrovni EÚ-27 jej hodnoty prevyšujú svetový priemer.



	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Česká republika	174	178	189	188	194	197	194	177	168	177	158	155
Maďarsko	135	137	166	190	154	122	137	109	100	99	86	101
Poľsko	495	510	543	552	563	629	644	618	645	798	695	657
Rakúsko	193	183	192	197	203	204	189	180	179	188	184	182
Slovesnko	60	59	71	75	74	72	83	73	72	74	64	62
EÚ-27	7562	7494	7879	7970	8122	8373	8258	7298	7090	7346	6808	6700

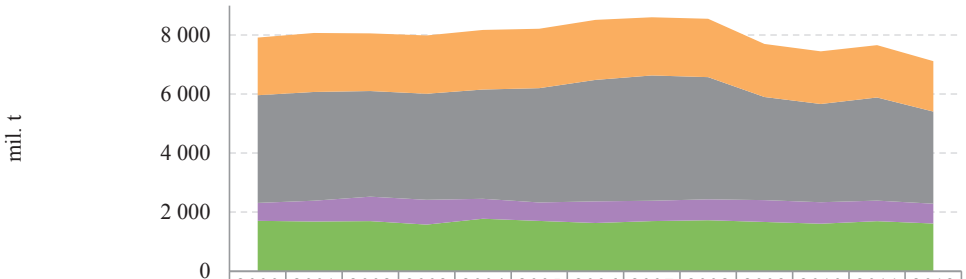
Obrázok 14 Vývoj domácej materiálovej spotreby (DMC) v EÚ-27 spolu a vo vybratých krajinách (mil. t) (upravené podľa EUROSTAT, 2015b)

EUROSTAT (2015b) materiály rozdeľuje a vyhodnocuje podľa štyroch základných skupín:

- biomasa,
- kovy,
- nekovy,
- fosílne energetické suroviny,

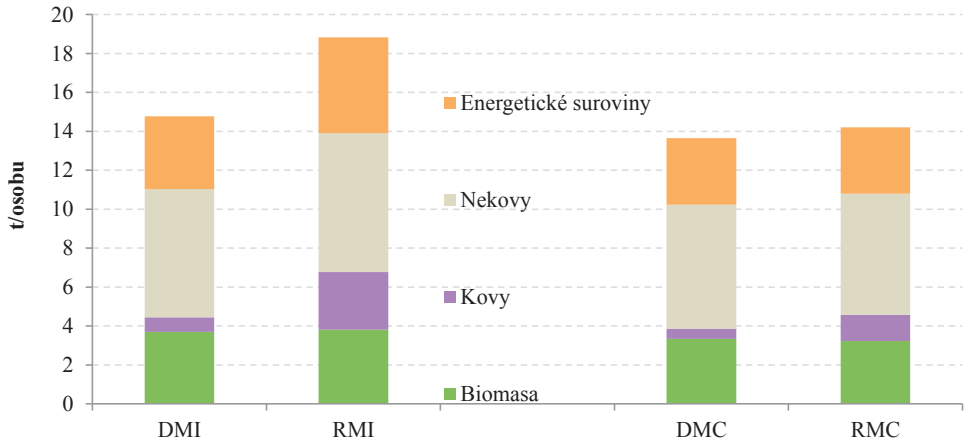
a formou rôznych druhov indikátorov, ako napríklad:

- priame materiálové vstupy (*Direct Material Inputs – DMI*),
- surové materiálové vstupy (*Raw Material Inputs – RMI*),
- domáca materiálová spotreba *(Domestic Material Consumption – DMC*),
- surová materiálová spotreba (*Raw Material Consumption – RMC*) (obr. 15, 16).



	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Energetické suroviny	1952	1999	1954	1976	2019	2013	2034	1972	1977	1798	1784	1773	1709
Nekovy	3649	3684	3578	3593	3702	3872	4115	4245	4140	3493	3328	3494	3120
Kovy	606	705	829	840	676	625	733	689	708	741	728	696	672
Biomasa	1707	1683	1697	1579	1777	1704	1633	1698	1728	1668	1609	1695	1615

Obrázok 15 Vývoj surovej materiálovej spotreby (RMC) v EÚ-27 podľa jednotlivých kategórií (mil. t) (upravené podľa EUROSTAT, 2015b)



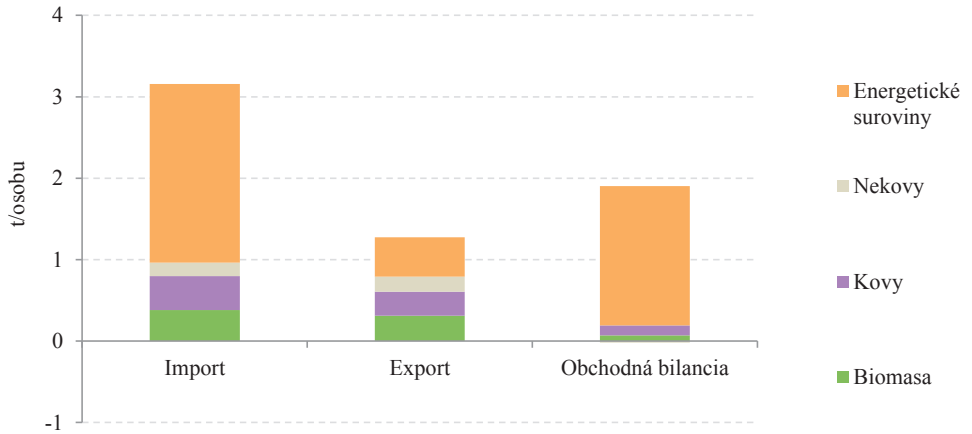
Obrázok 16 Surová materiálová spotreba (RMC) v EÚ-27 v roku 2012 podľa jednotlivých kategórií (t/osobu) (upravené podľa EUROSTAT, 2015b)

Na rozdiel od poklesu domácej materiálovej spotreby krajín EÚ-27 v rokoch 2000 a 2012, HDP vzrástla o 16%. Následkom toho vzrástla produktivita zdrojov krajín EÚ-27 (HDP/DMC) o 29%, z 1,34 EUR/kg zdrojov využitých v roku 2000 na 1,73 EUR/kg v roku 2012. Napriek určitému priemernému zlepšeniu EÚ-27 v produktivite zdrojov, vzorce spotreby na úrovni EÚ sú stále neprimerane náročné na zdroje (EEA, 2015).

Prepočítané hodnoty na osobu v roku 2013, v prípade DMC v EÚ-27 predstavovali 13,2 t, na Slovensku 11,3 t. Najvyšší podiel pripadol na nekovy (EÚ-27: 6,2; SR: 4,8 t/osobu), predstavujúci takmer polovicu celkovej spotreby materiálov. Biomasa (EÚ-27: 3,4; SR: 3,0 t/osobu) a fosílne energetické suroviny (EÚ-27: 3,1; SR: 2,6 t/osobu) tvorili asi po štvrtine z celého množstva. Kovy (EÚ-27:0,5; SR: 0,8 t/osobu) tvorili len malý podiel. Pri hodnotení časového vývoja sa ako stabilný javil vývoj v prípade biomasy. Spotreba kovov, nekovov a energetických surovín bola viac pod vplyvom vývoja ekonomiky a teda aj nevyrovnanejšia.

V rámci jednotlivých krajín EÚ sa hodnoty DMC v prepočte na osobu výrazne líšili. V roku 2013 sa DMC pohyboval od 8,4 t na osobu v Španielsku po 34,5 t vo Fínsku. **Spotreba nekovov** bola najnižšia v Holandsku (2,2 t/osobu) a najvyššia vo Fínsku (19 t/osobu). Nekovy tvorili významný podiel z celkovej spotreby aj v Rumunsku (16,2 t/osobu), Estónsku (12,2 t/osobu), Írsku (11,3 t/osobu) a Rakúsku (12,5 t/osobu). Najvyššia **spotreba biomasy** na osobu bola zistená v Lotyšsku (10,7 t/osobu), Írsku (9,1 t/osobu), Litve (7,1 t/osobu), Fínsku (6,9 t/osobu) a Švédsku (5,6 t/osobu). Pokiaľ v Írsku mali najväčší podiel na celkovej biomase krmoviny a spasená biomasa, v ostatných štátoch EÚ s vysokým podielom lesov v celkovej biomase dominovala lesná biomasa. Nízka spotreba biomasy bola zaznamenaná na Malte (1,4 t/osobu). Medzi krajiny s vysokou **spotrebou fosílnych palív** v EÚ patrí Estónsko (14,7 t/osobu), Grécko (6,2 t/osobu), Česká republika (5,9 t/osobu), Nemecko (5,3 t/osobu), Bulharsko (5,0 t/osobu). Najnižšiu spotrebu fosílnych palív spomedzi EU štátov zaznamenalo Portugalsko a Lotyšsko (1,4 t/osobu). **Spotreba kovov** bola najvyššia vo Švédsku (5,7 t/osobu), Bulharsku (4,0 t/osobu) a Fínsku (4,0 t/osobu) najmä z dôvodu aktívnej banskej činnosti v týchto krajinách. Najnižšia spotreba bola v Estónsku a Litve.

Pri hodnotení importu a exportu materiálov, v rokoch 2002 až 2013 na úrovni EÚ-27 bol import materiálov v priemere 3,2 krát vyšší ako export. Zhruba takýto pomer bol aj v roku 2012 (obr. 17). Najviac dovezených bolo fosílnych energetických surovín (2,19 t/osobu), nasledovali kovy (0,42 t/osobu), biomasa (0,37 t /osobu) a najmenej bolo dovezených nekovov (0,15 t/osobu). V exporte tiež dominovali fosílne energetické suroviny (0,48 t/osobu), nasledovala biomasa (0,31 t/osobu), kovy (0,30 t/osobu) a nekovy (0,18 t/osobu).



Obrázok 17 Import, export a obchodná bilancia v EÚ-27 v roku 2012 (t/osobu) (upravené podľa EUROSTAT, 2015b)

Uvedené údaje vyjadrujú spotrebu na osobu. V tejto súvislosti je potrebné uvedomiť si ako faktor populačnej hustoty v jednotlivých krajinách dokáže ovplyvniť uvedené hodnoty v nezávislosti od štruktúry ekonomiky a klimatických podmienok. Takto krajiny s vysokou hustotou osídlenia, ako napr. Holandsko, Spojené kráľovstvo, Taliansko a Malta majú spotrebu v prepočte na obyvateľov nižšiu oproti krajinám ako sú napr. Fínsko a Švédsko s nízkou hustotou osídlenia.

4 Materiálové toky biomasy a ich využitie v environmentálnych analýzach

Biomasa je jedným **z najrozšírenejších a najuniverzálnejších prírodných zdrojov**. Jej celosvetové zásoby sú obrovské. Produkcia však závisí od mnohých faktorov a preto jej rozšírenie na Zemi je nerovnomerné. Najvyššou čistou primárnou produkciou sa vyznačujú tropické lesy, najnižšou púšte.

Biomasa plní mnoho produkčných aj mimoprodukčných funkcií a prispieva k poskytovaniu ekosystémových služieb pre človeka. Je nenahraditeľná vo výžive ľudí a zvierat, je významným energetickým zdrojom. **Nie všetka biomasa vstupuje priamo do hospodárstva** a teda podlieha analýze materiálových tokov. Napriek tomu, že biomasa je obnoviteľný prírodný zdroj s obrovským produkčným potenciálom, diverzifikácia jej využitia v hospodárstve vytvára tlak na jej súčasné aj potenciálne zdroje. Spôsoby jej využitia v hospodárstve majú často konkurujúcu povahu a vyžadujú rozhodovanie na rôznych úrovniach. Hlavným zdrojom cielene pestovanej biomasy v národnom hospodárstve je poľnohospodárstvo a lesné hospodárstvo.

Pre zhodnotenie zásob a tokov biomasy v hospodárstve slúži analýza jej materiálových tokov. Je efektívnym nástrojom kvantifikácie socio-ekonomického metabolizmu závislého na biomase ako aj zhodnotenia záťaže životného prostredia, ktorá je s ním spojená. Analýza jej materiálových tokov by mala napomáhať k správnemu rozhodovaniu na rôznych úrovniach a v rôznych oblastiach.

Poľnohospodárstvo je najrozšírenejšou formou využívania pôdy **na svete**, pričom poľnohospodárske ekosystémy pokrývajú 40% plochy terestrických ekosystémov (FAO, 2009). Z tohto dôvodu, je poľnohospodárstvo považované za hlavný zdroj produkčných služieb ekosystémov (Fezzi et al., 2011). Hneď za poľnohospodárstvom nasleduje lesné hospodárstvo, poskytujúce obrovské množstvo drevnej biomasy ako aj iných ekosystémových služieb (Scowcroft et al., 2007). **Európa** je kontinent s najintenzívnejším využívaním pôdy na svete, najmä pre účely produkcie, osídľovania či budovania infraštruktúry. Asi polovica rozlohy EÚ je využívaná na poľnohospodárske účely. Z celkovej plochy EÚ je 35% pokrytej lesmi, 25% ornou pôdou a trvalými plodinami a 17% trvalými porastmi (EEA, 2015). **Na Slovensku** 49% územia tvorí poľnohospodárska a 41% lesná pôda (ÚGKKSR, 2013).

Napriek tomu, že pôdne, klimatické aj prírodné podmienky pre produkciu biomasy sú v našich zemepisných šírkach priaznivé, je potrené zdroje biomasy využívať hospodárne. Jednou z **perspektív slovenského hospodárstva je aj zelený priemysel**, ktorý bude v rastúcej miere využívať poľnohospodárske suroviny na nepotravinárske účely. Pôjde o využitie biomasy na energetické a iné rôznorodé využitie, čím sa udomácni exploatácia obnoviteľných zdrojov (Zajac et al., 2002). Považuje sa to za vážny príspevok k ochrane i skvalitneniu životného prostredia a krajiny. Súčasné poznatky však poukazujú aj na negatíva diverzifikovaného ekonomického využívania biomasy. Tie súvisia najmä so zvýšeným odnosom biomasy z lesných a agroekosystémov, ktorá by mala slúžiť ako zdroj organickej hmoty v pôde. Degradované a vyčerpané pôdy agroekosystémov obsahujú menej organického uhlíka ako pôdy prirodzených ekosystémov. Sporné je aj využívanie biopalív prvej generácie, ktoré predstavujú poľnohospodárske plodiny využívané v prvom rade na potravinové účely. Pri rastúcom stave populácie na Zemi v súvislosti s obmedzenosťou pôdnych zdrojov je takéto využívanie považované za neetické. Diskutabilné sú aj ďalšie dôsledky využívania biomasy na energetické účely. Zvýšený dopyt po poľnohospodárskych produktoch vhodných

pre energetiku prispieva k zvyšovaniu intenzifikácie a chemizácie hospodárenia, sprevádzaného negatívnymi dôsledkami na životnom prostredí ako aj k uplatňovaniu nevhodných osevných postupov na ornej pôde.

Efektívne a racionálne manažérske postupy by mali vychádzať nielen z kvantifikácie energetického potenciálu pochádzajúceho z biomasy, ale je potrebné aj podrobné preskúmanie všetkých jej komponentov ako aj preštudovanie a zohľadnenie celého cyklu získavania, výroby, využitia biomasy s jeho pozitívnymi aj negatívnymi následkami a vplyvmi na životné prostredie. Práve sledovanie materiálových tokov na celoekonomickej, podnikovej alebo procesnej úrovni umožňuje celkový pohľad do štruktúr fyzického metabolizmu celého procesu a tým lepšie odkrývať rezervy a možnosti ekonomického využitia s prihliadnutím na environmentálne dôsledky takéhoto využitia. Podrobná analýza zdrojov a tokov biomasy ako aj účtovníctvo jej materiálových tokov a odvodené indikátory sú efektívnymi nástrojmi aj v prípade biomasy.

Cieľom tejto kapitoly je:

1. **Zhodnotiť stav a vývoj zdrojov celkovej biomasy** a jej **jednotlivých komponentov** na základe kvantifikácie množstva ročne vyprodukovanej biomasy v národnom hospodárstve Slovenska a na modelových územiach. Kvantifikácia zohľadňuje biomasu zámerne pestovanú a využitú v národnom hospodárstve, v sektore poľnohospodárstva a lesníctva. Kvantifikované nie sú zdroje biomasy iných prírodných ekosystémov, nezhodnocovaných priamo v ekonomike.
2. **Zostaviť a zhodnotiť materiálové toky poľnohospodárskej fytomasy** pomocou indikátorov a účtov materiálových tokov.
3. **Načrtnúť možnosti ďalšej aplikácie** indikátorov a účtov materiálových tokov v environmentálnych analýzach.

4.1 Vznik biomasy

Biomasa vzniká v procesoch fotosyntézy. **Fotosyntéza je biochemický proces** zachytávania energie slnečného žiarenia a jej využitie na fixáciu oxidu uhličitého v zelených rastlinách a niektorých prokaryontoch za vzniku sacharidov. Je to druh asimilácie oxidu uhličitého, je zdrojom takmer všetkých organických látok, ktoré vznikajú prirodzeným spôsobom, teda bez zásahu ľudskej technickej činnosti. Proces fotosyntézy u vyšších rastlín prebieha v chloroplastoch, kde sa na membránach tylakoidov nachádza chlorofyl *a* a chlorofyl *b*. Okrem chlorofylu sa fotosyntézy zúčastňujú aj iné farbivá, napr. karotenoidy. Hlavným asimilačným farbivom je chlorofyl *a*, ktorý ako jediný má schopnosť absorbovať dopadajúci fotón a je označovaný ako aktívny chlorofyl. Ostatné asimilačné farbivá sú pomocné. Tvoria akúsi „sieť“, do ktorej zachytávajú dopadajúce fotóny vedúce k molekule chlorofylu a. Chemický priebeh fotosyntézy možno zapísať sumárnou rovnicou:

$$6CO_2 + 12H_2O + 2830\ kJ + chlorofyl \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 6O_2$$

Rozlišujú sa dva druhy systémov:

- fotosystém I – uplatňuje sa pri absorbovaní svetla s vlnovou dĺžkou 700 nm a väčšou,
- fotosystém II – uplatňuje sa pri absorbovaní svetla s vlnovou dĺžkou 680 nm a kratšou.

Proces fotosyntézy zahŕňa dva hlavné procesy, fotochemickú a termochemickú. **Fotochemická fáza** označuje primárne procesy fotosyntézy vyžadujúce prítomnosť svetla. Ich podstatou je premena žiarivej energie na energiu chemických väzieb. Počas primárnych procesov prebieha fotofosforylácia a fotolýza vody. Fotofosforylácia začína pohltením svetelnej energie molekulou chlorofylu. Z chlorofylu sa tým uvoľnia elektróny, ktoré zachytí oxidačno-redukčný enzým ferredoxín. Z neho sa elektróny prenášajú späť na chlorofyl reťazou oxidačno-redukčných enzýmov. Energia, ktorú pri tom elektrón vyžiari, sa využíva na tvorbu makroergických fosfátových väzieb v molekule adenozíntrifosfátu (ATP). Fotolýza vody je dej, pri ktorom nastáva svetelný rozklad vody a uvoľnený kyslík sa dostáva do atmosféry:

$H_2O \rightarrow ½O_2 + 2H^+ + 2e^-$.

Vzbudené elektróny sa prenesú na ferredoxín, ktorý redukuje koenzým nikotínamida-deníndinukleotidfosfát (NADP) za spotreby iónov:

$H^+ NADP + 2H^+ + 2e^- \rightarrow NADPH_2$

Výsledkom primárnych procesov fotosyntézy je vznik ATP a $NADPH_2$, ktoré sa využívajú v sekundárnych procesoch fotosyntézy, v termochemickej fáze.

Termochemická fáza nevyžaduje prítomnosť svetla. Počas týchto procesov dochádza k fixácii CO_2 a vzniku sacharidov. Zdrojom energie na túto premenu je ATP a redukovadlom $NADPH_2$. Existujú dva mechanizmy fixácie CO_2:

- C_3 rastliny – primárnym akceptorom CO_2 je ribulóza-1,5-bisfosfát,
- C_4 rastliny – primárnym akceptorom CO_2 je fosfoenolpyruvát

Procesy fotosyntézy, čiže asimilácie, sú v organizmoch zviazané s procesmi disimilácie, čiže dýchania. **Aeróbne dýchanie**, úplná oxidácia, prebieha v mitochondriách za pomoci enzýmov, kedy dochádza k postupnému štiepeniu kyseliny pyrohroznovej v procese nazvanom oxidačná dekarboxylácia na medziprodukty až k úplnému rozkladu na CO_2 a H_2O. Dôležitý medziprodukt, aktivovaná kyselina octová – acetyl-CoA, vstupuje do ďalších reakcií. Krebsov cyklus a dýchací reťazec je sled biochemických reakcií, pri ktorých dochádza k postupnému odbúravaniu CO_2 a H_2O a k uvoľneniu energie 36 molekúl ATP.

Výsledkom procesov fotosyntézy je produkcia zelenej hmoty, biomasy. Na úrovni zelených rastlín – primárnych producentov je produkcia syntetická práca asimilujúcej rastliny. Produktom tejto práce je **biomasa primárnych producentov, označovaná ako fytomasa**. **Produkcia** je schopnosť systému osvojiť si, viazať energiu v procese fotosyntézy, ako aj schopnosť hromadiť organické látky. Vyjadruje sa množstvom energie alebo biomasy za časovú jednotku, to znamená **prírastok produkcie za určité obdobie**. Biomasou je označovaná všetka organická hmota v ekosystéme v určitom čase. Vyjadrená môže byť počtom jedincov – hustotou alebo ich hmotnosťou (najčastejšie suchou hmotnosťou – sušinou) a obsahom energie. Dôležitou súčasťou biomasy je odumretá organická hmota, nazývaná nekromasa.

Primárnu produkciu rozlišujeme hrubú a čistú. **Hrubá primárna produkcia (brutto – BPP)** je celkový produkt činnosti fotosyntetického aparátu (celková asimilácia), vrátane predýchaných asimilátov. Je to úplné množstvo látok vytvorených asimiláciou vrátane energie

viazanej v týchto látkach. Jej hodnoty sa vyjadrujú súčtom čistej primárnej produkcie a dýchania. Rastliny sa nesprávajú čisto ako producenti, pretože aj ony potrebujú energiu na vlastné procesy, takže časť energie z fotosyntézy sa ihneď spotrebuje. Ak sa od množstva asimilovanej organickej hmoty, tvorenej hrubou produkciou, odpočítajú straty vzniknuté dýchaním, získa sa tzv. **čistá primárna produkcia (netto – NPP).**

Dýchanie, aeróbna oxidácia, je proces spojený so stratou organickej hmoty, ktorého koncovými produktami je oxid uhličitý a voda. Pri dýchaní teda dochádza k strate biomasy a v nej obsiahnutej energie. Je to trvalo negatívna zložka bilancie biomasy primárnych aj sekundárnych producentov. Je to vysoko intenzívny proces a strata biomasy ním spôsobená sa pohybuje pri bylinných porastoch od 30 do 40%. V prípade maximálneho využitia žiarenia dopadajúceho na rastliny, dosahuje BPP maximálne 5% z tohto žiarenia. Keď sa 5% slnečnej energie využije na BPP, 70% z toho sa môže preniesť na NPP, t. j. 4% celkovej energie slnečného žiarenia dopadajúceho na rastliny. V normálnych podmienkach sú tieto hodnoty ešte nižšie, BPP 1%, NPP 0,5%.

Produkcia ekosystémov, ktorá zostáva po stratách dýchaním, sa využíva na:

- zvýšenie biomasy primárnych producentov ako priemerný ročný prírastok, pričom veľkosť prírastku závisí od veku porastu,
- zvýšenie zásob organickej hmoty v pôde odumretými nadzemnými aj podzemnými časťami rastlín,
- potravové a iné socioekonomické účely.

Biomasa je výsledkom produkčných aj degradačných procesov (fotosyntézy, chemosyntézy, dýchania, opadu odumretých častí a pod.). Je zostatkom biomasy rastliny k určitému časovému bodu.

Okrem procesu fotosyntézy k vzniku biomasy prispieva ďalšie množstvo **biochemických procesov** prebiehajúcich na úrovni buniek živých organizmov. Pre priebeh týchto procesov sú nevyhnutné biogénne prvky. Ich zdrojmi - zásobníkmi sú všetky zložky životného prostredia (litosféra, pedosféra, hydrosféra, atmosféra), odkiaľ prúdia do biosféry a následne sa vracajú späť. So vznikom a existenciou živej hmoty je neoddeliteľne spojených najmä šesť hlavných biogeochemických cyklov – uhlíka, kyslíka, vody, dusíka, fosforu a síry. Pojem **biogeochemický cyklus** vyjadruje fakt, že cirkulácia týchto prvkov sa odohráva tak v neživom, ako aj v živom prostredí – prvky prechádzajú cez anorganické aj organické zložky, t. j. z neživého prostredia do organizmov a späť. Základným zdrojom stavebného materiálu živej hmoty sú tzv. prekurzory, ktoré sa nachádzajú v zásobníkoch. V nich dochádza k rýchlej výmene medzi organizmami a ich bezprostredným okolím. Cykly nemusia mať vždy pravidelný priebeh, môžu aj stagnovať alebo sa dočasne zastaviť. Navyše, **do týchto prirodzených cyklov výrazne vstúpil aj človek** a to priamo alebo nepriamo, čím sa stal hnacím mechanizmom globálnych environmentálnych zmien. Výrazný vstup človeka do týchto cyklov je spojený práve **s cieleným pestovaním biomasy v produkčných systémoch**.

Zabudovávanie atmosférického CO_2 do organickej hmoty zohráva dominantnú úlohu v uhlíkovom cykle s významným dosahom na klimatickú zmenu. NPP závisí od mnohých prírodno-klimatických faktorov a jej hodnoty sa v rôznych ekosystémoch a biómoch značne odlišujú (tab. 11). Celkovo je **na Zemi** ročne vyprodukovanej asi 220 miliárd ton suchej hmoty biomasy.

Tabuľka 11 Čistá primárna produkcia a množstvo biomasy (suchej hmoty) v rôznych biómoch sveta ($Mg.ha^{-1}$, $g.m^{-2}.r^{-1}$, $Pg.r^{-1}$)

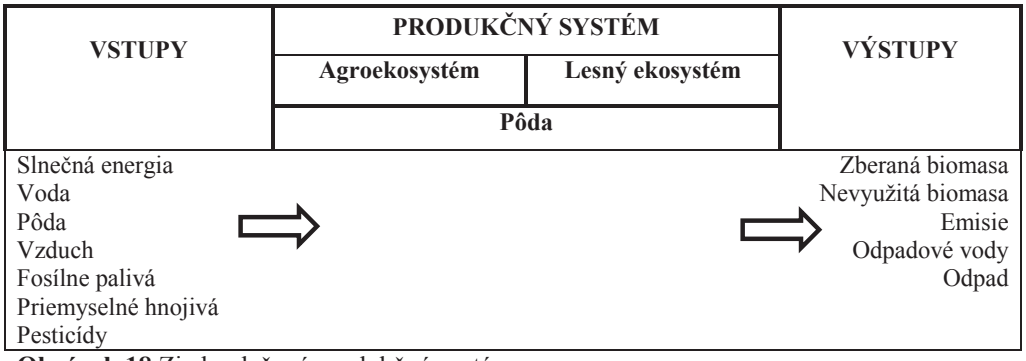
Bióm	Biomasa plodín ($Mg.ha^{-1}$)	Čistá primárna produkcia ($g.m^{-2}.r^{-1}$)	Globálna čistá primárna produkcia ($Pg.r^{-1}$)
Tropický les	240 – 388	1 566 – 2 502	27,4 – 43,8
Les mierneho pásma	114 – 268	1 250 – 1 558	13,0 – 16,2
Boreálny les	84 – 128	380 – 468	5,2 – 6,4
Tropická savana a trávny porast	58	1 080 – 1 282	29,8 – 35,4
Trávne porasty mierneho pásma a kroviny	14 – 26	596 – 786	10,6 – 14,0
Púšť	4 – 8	102 – 252	2,8 – 7,0
Tundra	8 – 12	178 – 358	1,0 – 2,0
Plodiny	4 – 6	608 – 1 008	8,2 – 13,6
Mokrade	86	2 458	8,3

Zdroj: Huston, Wolverton, 2009

4.2 Produkčný systém biomasy

Prirodzene biomasa vzniká v procesoch fotosyntézy a ostatných biochemických procesov bez účasti človeka. Jej cielené intenzívne pestovanie je spojené s antropogénne pridanými vstupmi a výstupmi do produkčného systému.

Produkčný systém (obr. 18) je otvorený termodynamický systém. Z hľadiska energie môže byť interpretovaný ako konverzia slnečného žiarenia do energie potravín, krmovín, drevnej hmoty a ďalších výstupov s intervenciou vody, uhľovodíkov a poloproduktov ako je palivo, hnojivá, pesticídy, osivá a pod. (Ferreira, 2009). Vplyvom tejto premeny energie porast kultúrnej rastliny predstavuje sústavu, ktorá je schopná zväčšovať svoj objem, má svoje vnútorné energetické pomery, kde pôsobí teplota slnečného žiarenia, tlak i spotrebiteľ tepla - zrážky. Týmto procesom dochádza k tvorbe rastlinnej biomasy, ktorá môže napríklad v prípade kukurice (typ C_4 rastlín) dosiahnuť ročnú produkciu 29 ton z jedného hektára poľnohospodárskej pôdy (Murtinger, Beranovský, 2006).



Obrázok 18 Zjednodušený produkčný systém

Obrázok 19 Agroekosystém olemovaný lesným ekosystémom, Tajov (Kanianska, 2015)

4.3 Charakteristika a delenie biomasy

Definícií biomasy v závislosti od určenia jej využitia je veľa. Spája ich spoločná charakteristika biomasy ako hmoty biologického pôvodu. Jedna z definícií hovorí o biomase ako celkovej hmote organizmov jednotlivých druhov alebo celého spoločenstva. Rozlišuje pritom biomasu rastlín a živočíchov. Iná definícia považuje biomasu za látku biologického pôvodu, ktorá zahŕňa rastlinnú biomasu pestovanú na pôde, hydroponicky alebo vo vode (riasy), živočíšnu biomasu, produkciu živočíšneho pôvodu a organické odpady. Je tvorená biologicky rozložiteľnými frakciami výrobkov, odpadov a zvyškov z poľnohospodárstva (vrátane rastlinných a živočíšnych látok), lesníctva a príbuzných odvetví, ale aj biologicky rozložiteľnými frakciami priemyselného a komunálneho odpadu.

Biomasa využívaná v národnom hospodárstve sa podľa zdrojov vzniku delí na:

- poľnohospodársku biomasu,
- lesnú biomasu,
- priemyselné a komunálne odpady.

Poľnohospodárska biomasa je organická hmota rastlinného pôvodu získaná na báze fotosyntetickej konverzie solárnej energie a biomasa získaná ako hlavný a vedľajší produkt živočíšnej výroby. V poľnohospodárskej výrobe vzniká ako produkt, polotovar alebo odpad.

Poľnohospodárska biomasa sa rozlišuje:

- **fytomasa - rastlinná biomasa,** je nadzemná a podzemná časť kultúrnych rastlín pestovaných na poľnohospodárskom pôdnom fonde. Nadzemná fytomasa je zberaná vo forme úrod a využívaná na výživu ľudí, kŕmenie a podstielanie zvierat, energetické účely alebo výživu pôdy. Časť fytomasy ostáva na spustnutých pasienkoch. Podzemná biomasa ostáva v pôde a prispieva k zlepšovaniu vlastností pôdy. Fytomasu tvorí:
    - zberaná úroda poľnohospodárskych plodín,
    - spasená fytomasa,
    - fytomasa zo spustnutých trvalých trávnych porastov,
    - pozberové zvyšky na ornej pôde,
    - koreňové zvyšky,

- **zoomasa - živočíšna biomasa,** predstavuje biomasu zo živočíšnej výroby tvorenú:
    - hlavnými produktmi, kde patria:
        - živé zvieratá,
        - produkcia mlieka,
        - produkcia vajec,
    - vedľajšími produktmi, kde patria exkrementy hospodárskych zvierat.

Lesná biomasa je nadzemná a podzemná masa stromov alebo porastu, vyjadrená v hmotnostných alebo objemových jednotkách. Dendromasa je produkt, pozostávajúci zo zdrevnatenej rastlinnej hmoty alebo časti zdrevnatenej rastlinnej hmoty, pochádzajúcej z pôdohospodárstva drevospracujúceho priemyslu alebo z iných zdrojov, napr. komunálna sféra, ktorú možno využiť na výrobu energie (Trenčiansky et al., 2007).

Jednotlivé komponenty poľnohospodárskej a lesnej biomasy sumarizuje tabuľka 12.

Tabuľka 12 Jednotlivé komponenty poľnohospodárskej a lesnej biomasy

Celková biomasa	Celková biomasa na ornej pôdy	Nadzemná biomasa	Zberaná nadzemná biomasa (úroda)	
			Pozberové zvyšky	Využité pozberové zvyšky
				Nevyužité pozberové zvyšky
		Podzemná biomasa		
	Celková biomasa trvalých trávnych porastov	Nadzemná biomasa		
		Podzemná biomasa		Zóna odnožovania
				Korene
	Celková biomasa na lesných pozemkoch	Nadzemná biomasa		Kmene
				Vetvy
				Listy a ihličie
		Podzemná biomasa		

4.4 Metódy kvantifikácie poľnohospodárskej a lesnej biomasy

Metód kvantifikácie biomasy existuje veľké množstvo. Mnohé medzinárodné inštitúcie spracovali postupy výpočtov, ktoré sme aplikovali v práci. Okrem toho sme využili výsledky prác domácich autorov na to, aby sme zohľadnili špecifiká produkcie biomasy v našich slovenských podmienkach a doplnili výpočty špecifických komponentov, napr. koreňových

zvyškov. Prepočtami sme získali vstupné údaje pre zostavenie indikátorov materiálových tokov modifikovanou metódou EW MFA podľa Eurostatu.

Metódy kvantifikácie poľnohospodárskej a lesnej biomasy sa líšia, najmä použitými koeficientami aplikovanými vo výpočtoch. Z toho dôvodu sa zvlášť počíta biomasa vyprodukovaná:

- na ornej pôde,
- trvalými trávnymi porastami,
- na lesnej pôde,
- zo živočíšnej výroby.

4.4.1 Metóda kvantifikácie biomasy na ornej pôde

Podľa Eurostatu (2009) celkovú biomasu vyprodukovanú na ornej pôde tvorí:

- **nadzemná biomasa** – tvorená:
  - nadzemnými časťami rastlín zberanými vo forme **úrod**,
  - dostupnými **pozberovými zvyškami** tvorenými nadzemnými pozberovými zvyškami ostávajúcimi na poli, ako je slama alebo strnisko po zbere úrody kultúrnych plodín, ktoré sa delia na:
    - využité pozberové zvyšky – zväčša niektorých hospodársky významných plodín, najmä obilnín využívaných najmä v živočíšnej výrobe,
    - nevyužité pozberové zvyšky - ostávajúce na poli, ďalej zapracované do pôdy, alebo pri nesprávnom obhospodarovaní spaľované,
- **podzemná biomasa** – tvorená koreňmi rastlín predstavuje všetky podzemné koreňové zvyšky, ktoré ostávajú na poli a významne prispievajú k zlepšeniu pôdnych vlastností. Množstvo koreňových zvyškov sa dá vypočítať z údajov o pozberových zvyškoch pomocou koeficientov.

Pri výpočte množstva biomasy a jej jednotlivých komponentov sa vychádza zo vstupných štatistických údajov týkajúcich sa:

- výmery ornej pôdy nachádzajúcej sa v sledovanom území (podľa ÚGKK SR, CLC),
- úrod poľnohospodárskych plodín (podľa ŠÚ SR).

Z týchto údajov sa postupne vypočítajú jednotlivé komponenty biomasy z ornej pôdy:

- *množstvo nadzemnej biomasy zberanej vo forme úrod (t) = rozloha pestovaných plodín (ha) x priemerná hektárová úroda plodín (t/ha)*
- množstvo pozberových zvyškov sa vypočíta pomocou prepočítavacích koeficientov (tab. 13,14), pričom:
  - *dostupné pozberové zvyšky (t) = množstvo nadzemnej biomasy zberanej vo forme úrod (t) * zberový koeficient* (podľa Eurostat, 2009 alebo Jölli, Giljum, 2005),
  - *využité pozberové zvyšky (t) = dostupné pozberové zvyšky (t) * koeficient využiteľnosti* (podľa Eurostat, 2009), následne

        - *nevyužité pozberové zvyšky (t) = dostupné pozberové zvyšky (t) – využité pozberové zvyšky (t)*
    - *nevyužité pozberové zvyšky (t) = dostupné pozberové zvyšky (t) * koeficient nevyužiteľnosti* (podľa Jölli, Giljum, 2005), následne
        - *využité pozberové zvyšky (t) = dostupné pozberové zvyšky (t) – nevyužité pozberové zvyšky (t)*
- množstvo koreňových zvyškov sa vypočíta pomocou prepočítavacích koeficientov (tab. 15, pričom
    - *koreňové zvyšky (t) = dostupné pozberové zvyšky (t) * koeficient koreňových zvyškov* (podľa Jurčová, Torma, 2001; Kanianska, 2010a)

Obrázok 20 Nevyužité pozberové zvyšky (Kanianska, 2012)

Tabuľka 13 Hodnoty vybratých zberových koeficientov a koeficientu využiteľnosti pre hlavné poľnohospodárske plodiny

Kategória plodín	Poľnohospodárska plodina	Zberový koeficient	Koeficient využiteľnosti
Obilniny	Pšenica	1,0	0,7
	Jačmeň, ovos, raž	1,2	0,7
	Kukurica	1,2	0,9
	Všetky ostatné obilniny	1,2	0,7
Olejniny	Repka olejná	1,9	0,7
Okopaniny	Cukrová repa	0,7	0,9
Strukoviny	Sója fazuľová	1,2	0,7

Zdroj: upravené podľa EUROSTAT, 2009

Tabuľka 14 Prepočítavacie koeficienty - zberový koeficient a koeficient nevyužitej biomasy poľnohospodárskych plodín

Kategória poľnohospodárskych plodín	Poľnohospodárska plodina	Zberový koeficient	Koeficient nevyužiteľnosti
Obilniny	Pohánka	1,0	0,50
Olejniny	Semená ľanu	1,4	1,26
	Horčica	1,4	1,26
	Semená maku	1,4	1,26
	Slnečnica	2,1	1,89
	Semená ostatné	2,0	1,80
Okopaniny	Zemiaky	0,4	0,36
	Ostatné okopaniny	0,4	0,36
Strukoviny	Fazuľa	1,4	1,40
	Hrach	1,4	1,40
	Šošovica	1,9	1,90
	Vlčí bôb	1,9	1,90
	Vika	1,9	1,90
	Ostatné strukoviny	1,9	1,90
Zelenina	Kapusta	0,5	0,45
	Špargľa	0,5	0,45
	Mrkva	0,5	0,45
	Karfiol	0,5	0,45
	Papriky – čili, zelené	0,5	0,45
	Uhorky	0,5	0,45
	Baklažán	0,5	0,45
	Kukurica	0,5	0,45
	Pór	0,5	0,45
	Šalát	0,5	0,45
	Melóny	0,5	0,45
	Huby	0,5	0,45
	Cibuľa	0,5	0,45
	Hrach	0,5	0,45
	Tekvica	0,5	0,45
	Špenát	0,5	0,45
	Rajčiny	1,0	0,90
	Iná zelenina	0,5	0,45
Ovocie	Jablká	2,0	1,80
	Marhule	1,0	0,90
	Černice	1,0	0,90
	Čerešne	1,0	0,90
	Ríbezle	1,0	0,90
	Egreše	1,0	0,90
	Hrozno	1,0	1,80
	Broskyne, nektarinky	2,0	1,80
	Hrušky	1,0	0,90
	Slivky	1,0	0,90
	Maliny	1,0	0,90
	Višne	1,0	0,90

	Jahody	1,0	10,90
	Čučoriedky	1,0	0,90
	Iné čerstvé ovocie	1,0	0,90
	Iné kôstkoviny	1,0	0,90
Orechy	Gaštany	2,0	1,80
	Lieskovce	2,0	1,80
	Vlašské orechy	2,0	1,80
	Iné orechy	2,0	1,80
Textilné plodiny	Ľan	0,2	0,20
	Konope	0,2	0,20

Zdroj: upravené podľa Jölli, Giljum, 2005

Tabuľka 15 Priemerné ročné množstvá suchej hmoty rastlinných zvyškov skúmaných poľných plodín a z nich odvodený koeficient koreňových zvyškov

Kategória	Plodina	Úroda ($t.ha^{-1}$)	Pozberové zvyšky ($t.ha^{-1}$)	Koreňové zvyšky ($t.ha^{-1}$)	Zvyšky spolu ($t.ha^{-1}$)	Koeficient koreňových zvyškov
Obilniny	Pšenica letná, var. jarná + slama	3,83	4,98	2,67	7,65	0,5
	Pšenica letná, var. ozimná + slama	5,04	6,54	2,75	9,29	0,4
	Pšenica letná, var. ozimná	4,93	2,84	2,76	5,60	1,0
	Pšenica letná, var. jarná	3,83	1,58	2,67	4,25	1,7
	Jačmeň ozimný + slama	4,99	4,71	2,06	6,77	0,4
	Jačmeň jarný + slama	4,19	4,19	1,78	5,97	0,4
	Jačmeň jarný	4,03	2,18	1,79	3,97	0,8
	Jačmeň ozimný	4,89	1,63	2,02	3,65	1,2
	Raž ozimná	3,72	1,57	2,49	4,06	1,6
	Raž ozimná + slama	3,85	5,77	2,76	8,53	0,5
	Ovos siaty + slama	3,78	4,91	2,38	7,29	0,5
	Ovos siaty	3,78	1,52	2,38	3,90	1,6
	Tritikale + slama	4,69	6,57	2,36	8,93	0,4
	Tritikale	4,69	2,00	2,36	4,36	1,2
	Kukurica na zrno	5,85	1,12	2,26	3,38	2,0
	Kukurica na zrno + kôrovie	5,85	7,04	2,30	9,34	0,3
Olejniny	Kapusta repková, f. jarná + slama	0,64	11,20	3,12	14,32	0,3
	Kapusta repková, f.	2,57	8,42	2,70	11,12	0,3

	ozimná + slama					
	Slnečnica ročná + kôrovie	2,17	6,78	2,00	8,78	0,3
	Mak siaty + makovina	0,36	5,37	1,64	7,01	0,3
	Ľan olejnatý + slama	1,56	2,65	2,41	5,06	0,8
Okopaniny	Zemiaky	19,50	1,57	0,87	2,44	0,6
	Cukrová a kŕmna repa	49,95	0,61	0,50	1,11	0,8
Strukoviny	Fazuľa obyčajná + slama	1,95	4,14	1,68	5,82	0,4
	Bôb obyčajný na zrno + slama	2,97	7,67	3,27	10,94	0,4
	Šošovica jedlá + slama	0,71	4,47	2,53	7,00	0,6
	Hrach siaty + slama	3,56	5,14	1,37	6,51	0,3
	Hrach siaty	3,18	1,58	1,30	2,88	0,8
	Cícer baraní + slama	2,78	4,21	1,78	5,99	0,4
	Cícer baraní + slama	2,25	3,25	1,17	4,42	0,4
	Sója fazuľová + slama	1,92	2,41	1,48	3,89	0,6
Jednoročné krmoviny	Kukurica na siláž	32,13	1,36	3,31	4,67	2,4
	Jarná strukovinoobilná miešanka na zeleno	23,10	1,47	2,75	4,22	1,9
	Jarná strukovinoobilná miešanka – krycia plodina	32,00	-	1,34	1,34	-
Viacročné krmoviny	Ďatelina lúčna – 2.rok	7,76	2,55	3,31	5,86	1,3
	Ďatelina lúčna – 3.rok	7,76	2,55	3,64	6,19	1,4
	Dočasné trávy na ornej pôdy 3. rok	4,46	3,98	5,49	9,47	1,4
	Ďatelinotrávna zmes – 2.rok	7,83	2,42	6,83	9,25	2,8
	Lucernotrávna zmes – 3.rok	6,57	2,15	6,04	8,19	2,8
	Lucerna siata – 2.rok	10,83	2,47	4,23	6,70	1,7
	Lucerna siata – 3.rok	10,83	2,47	4,56	7,03	1,9
	Lucerna siata	10,83	2,47	4,89	7,36	2,0

	– 4.rok					
Iné plodiny	Horčica biela + slama	2,01	8,20	1,98	10,18	0,2
	Tabak + stonky	1,60	1,86	1,30	3,16	0,7

Zdroj: upravené podľa Jurčová, Torma, 2001; *Kanianska, 2010a*

4.4.2 Metóda kvantifikácie biomasy trvalých trávnych porastov

Výpočet biomasy vyprodukovanej trvalými trávnymi porastami je len orientačný, nakoľko množstvo vyprodukovanej biomasy je závislé od mnohých faktorov, prírodných a klimatických, od druhového zloženia porastov či spôsobu ich obhospodarovania.

Pri orientačnom výpočte množstva biomasy a jej jednotlivých komponentov sa vychádza zo vstupných údajov týkajúcich sa:

- výmery trávnych porastov nachádzajúcich sa v sledovanom území.

Následne sa použijú údaje o priemerných možných ročných prírastkoch nadzemnej a podzemnej biomasy trávnych porastov (tab. 16). Z týchto údajov sa postupne vypočítajú jednotlivé časti biomasy trávnych porastov pomocou prepočítavacích koeficientov:

- *množstvo nadzemnej biomasy (t) = rozloha trávnych porastov (ha) x priemerná nadzemná čistá primárna produkcia (t.ha^{-1})* (podľa Gáborčík et al., 2005, Jendrišáková et al., 2011; IPCC, 2003; Lichner et al., 1983; Tomaškin et al. 2013)
- *množstvo podzemnej biomasy (t) = rozloha trávnych porastov (ha) x priemerná podzemná čistá primárna produkcia (t.ha^{-1})* (podľa Gáborčík et al., 2005, Jendrišáková et al., 2011; IPCC, 2003; Lichner et al., 1983; Tomaškin et al. 2013)

Tabuľka 16 Ročná nadzemná a podzemná produkcia biomasy trávnych porastov v suchej hmote (t.ha^{-1}.r^{-1})

Krajinný typ	Lúky		Pasienky	
	Nadzemná biomasa	Podzemná biomasa	Nadzemná biomasa	Podzemná biomasa
Nížiny	4,0	11,2	2,0	5,6
Podhorské oblasti	3,0	8,4	1,5	4,2
Horské oblasti	2,0	5,6	1,0	2,8

Zdroj: upravené podľa Gáborčík et al., 2005, Jendrišáková et al., 2011; IPCC, 2003; Lichner et al., 1983; Tomaškin et al. 2013

Obrázok 21 Spásaný pasienok, Tajov (Kanianska, 2015)

4.4.3 Metóda kvantifikácie biomasy na lesných pozemkoch

Výpočet biomasy vyprodukovanej na lesných pozemkoch je len orientačný, nakoľko množstvo vyprodukovanej biomasy je závislé od mnohých faktorov, prírodných a klimatických, od druhového a vekového zloženia porastov.

Pri orientačnom výpočte množstva biomasy a jej jednotlivých komponentov sa vychádza zo vstupných údajov týkajúcich sa:

- výmery lesných pozemkov nachádzajúcich sa v sledovanom území.

Následne sa použijú údaje vyjadrujúce priemerné možné čisté ročné prírastky nadzemnej a podzemnej biomasy prirodzených lesných porastov (tab. 17-19). Z týchto údajov sa postupne vypočítajú jednotlivé časti biomasy lesných porastov pomocou prepočítavacích koeficientov:

- *množstvo nadzemnej biomasy predstavujúci prírastok dreva na pni (t) = rozloha lesných porastov (ha) x priemerný čistý ročný prírastok dreva na pni (t.ha^{-1})*(upravené podľa IPCC, 2003) (tab. 17),
- *množstvo podzemnej biomasy (t) = množstvo nadzemnej biomasy predstavujúci prírastok dreva na pni (t) x (1+koeficient pomeru podzemnej k nadzemnej biomase)* (upravené podľa IPCC, 2003) (tab. 18),
- *množstvo nadzemnej biomasy predstavujúci produkciu vetiev a listov (t) = rozloha lesných porastov (ha) x priemerná ročná produkcia biomasy vetiev a listov (t.ha^{1})* (upravené podľa Pajtík et al., 2013) (tab. 19).

Tabuľka 17 Odhadované priemerné čisté ročné prírastky dreva na pni suchej hmoty prirodzených lesných porastov rastúcich v miernom klimatickom pásme ($t.ha^{-1}.r^{-1}$)

Boreálne lesy	Nadzemná biomasa	Pomer podzemnej a nadzemnej biomasy (R)	Podzemná biomasa
Listnaté	1,5	0,35	0,53
Zmiešané	1,5	0,30	0,50
Ihličnaté	2,5	0,32	0,80

Zdroj: upravené podľa IPCC, 2003

Tabuľka 18 Hodnoty koeficientu vyjadrujúceho pomer množstva podzemnej k nadzemnej biomase dreva na pni

Vegetačný typ	Nadzemná biomasa ($t.ha^{-1}$)	Pomer podzemnej k nadzemnej biomase
Ihličnaté lesy	< 50	0,46
	50-150	0,32
	>150	0,23
Bukové lesy	>70	0,35
Iné listnaté lesy	< 75	0,43
	75-150	0,26
	>150	0,24

Zdroj: upravené podľa IPCC, 2003

Tabuľka 19 Odhadované množstvo nadzemnej biomasy predstavujúci produkciu vetiev a listov suchej hmoty prirodzených lesných porastov rastúcich v miernom klimatickom pásme

Kategória	Buk ($t.ha^{-1}$)	Smrek ($t.ha^{-1}$)
Vetvy	3,27	4,13
Listy	4,89	5,03

Zdroj: upravené podľa Pajtík et al., 2013

Obrázok 22 Koreňová biomasa lesných porastov, Lidečko, ČR (Kanianska, 2014)

4.4.4 Metóda kvantifikácie biomasy zo živočíšnej výroby

Výpočet biomasy vyprodukovanej zo živočíšnej výroby tvorí súčet živých zvierat, ich produktov a exkrementov.

Pri orientačnom výpočte množstva biomasy a jej jednotlivých komponentov sa vychádza zo vstupných údajov týkajúcich sa:

- počtu zvierat v kusoch,
- živočíšnej produkcie (mlieka a vajec).

Následne sa postupne vypočítajú jednotlivé časti živočíšnej biomasy pomocou prepočítavacích koeficientov:

- *množstvo biomasy zvierat (t) = počet veľkých dobytčích jednotiek x 0,5 t*
- *množstvo biomasy mlieka (kg) = objem mlieka (l) x 1,03*
- *množstvo biomasy vajec (kg) = počet vajec (ks) x 0,055*
- *množstvo biomasy exkrementov (t) = počet hospodárskych zvierat (ks) x exkrementy celkom podľa kategórie hospodárskych zvierat (kg.deň$^{-1}$)* (podľa ASAE, 2003; Brestenský et al., 2002; Deublein - Steinhauser, 2008; MP SR, 2010; OECD, 2010b; Pastorek, 2000; Tatlidil et al., 2009; Zacharda et al., 2008) (tab. 20)

Tabuľka 20 Denná produkcia exkrementov (kg.deň$^{-1}$) a prepočítavacie koeficienty pre výpočet veľkých dobytčích jednotiek (VDJ)

Skupiny hospodárskych zvierat	Kategórie hospodárskych zvierat	VDJ	Exkrementy celkom priemerne (kg.deň$^{-1}$)
Hovädzí dobytok	Teľatá do 1 roku	0,2[6]	13,5
	Mladý dobytok, 1 – 2 roky	0,6[6]	35,0
	Býky, jalovice nad 2 roky	1,2[6]	30,0
	Kravy	1,0[6]	60,0
Ošípané	Prasnice	0,34[6]	14,0
	Prasničky	0,16[6]	9,0
	Plemenné kance	0,46[6]	18,5
	Prasiatka (do 20 kg)	0,02[6]	3,0
	Ostatné ošípané (do 50 kg)	0,06[6]	3,0
	Ostatné ošípané (nad 50 kg)	0,16[6]	4,0
Hydina	Kurčatá	0,0016[6]	0,09
	Nosnice	0,0030[6]	0,23
	Kohúty a kapúny	0,0030[6]	0,23
	Husi a gunáre	0,0080[7]	0,27[1]
	Kačice	0,0040[7]	0,23[1]
	Morky	0,0070[7]	0,28[2]
Ovce / kozy	Ovce / kozy	0,1[6]	1,91[3]
Kone	Žriebätá	0,7[6]	15[5]
	Žrebce, valachy, kobyly	1,1[6]	35[4]

Zdroj: upravené podľa Pastorek, 2000, Zacharda et al., 2008, [1]Brestenský et al., 2002, [2]ASAE, 2003, [3]Tatlidil et al., 2009, [4]OECD, 2010b, [5]vlastný odhad, [6]Deublein - Steinhauser, 2008, [7]MP SR, 2010

4.5 Materiál pre kvantifikáciu poľnohospodárskej a lesnej biomasy

Prírodné, klimatické a pôdne podmienky vytvárajú vhodné predpoklady pre produkciu biomasy na našom území. Vysoká diverzita územia však vytvára rozdiely medzi regiónmi a mikroregiónmi. Preto sme sa zamerali na kvantifikáciu biomasy agroekosystémov a lesných ekosystémov **na národnej úrovni a na troch modelových územiach**.

Pomocou uvedených metód, sme zvlášť kvantifikovali biomasu vyprodukovanú:

- na **ornej pôde**,
- **trvalými trávnymi porastmi**,
- na **lesnej pôde**.

Slovensko je z hľadiska prírodných podmienok značne rozmanitá a pestrá krajina. Z veľkej časti sa rozprestiera v hornatom území západnej časti karpatského oblúka, v sústave Západných Karpát, ktorá tvorí hranicu významných fyzikálnych a biogeografických zón. Súčasne je hranicou niekoľkých hlavných európskych rozvodí. Jeho členité územie sa rozprestiera na ploche 49 036 km^2 v rovnobežkovom smere v maximálnej dĺžke od západného po východný bod 428 km a najmenšej šírke 76 km. Nadmorská výška územia sa pohybuje v

rozmedzí od 92 m do 2 655 m nad morom. Slovensko patrí do mierneho klimatického pásma, ale podnebie je lokálne výrazne ovplyvňované nadmorskou výškou a typom reliéfu. V nížinách dosahuje priemerná ročná teplota 9 - 10 °C. S rastom nadmorskej výšky sa teplota znižuje (v priemere o 0,52 °C na 100 m), v dôsledku čoho je priemerná ročná teplota na najvyšších vrcholoch (nad 2 500 m) iba -3,7 °C.

Z fytogeografického hľadiska sa najväčšia časť krajiny zaraďuje do oblasti Západných Karpát. Iba malá časť východného Slovenska patrí do oblasti Východných Karpát a jeho južná časť do Panónskej oblasti. Škála spoločenstiev je veľmi široká, pohybuje sa od teplomilných v južných oblastiach až po vysokohorské vyskytujúce sa vo vyšších nadmorských výškach. Vzhľadom na nároky v poľnohospodárstve pestovaných plodín sa na Slovensku vyčleňujú 4 výrobné oblasti: kukuričná, repárska, zemiakárska a horská. V lesníctve rozoznávame 8 lesných vegetačných stupňov: dubový, bukovo-dubový, dubovo-bukový, bukový, jedľovo-bukový, smrekovo-bukovo-jedľový, smrekový a kosodrevinový.

Ako modelové územia sme vybrali tri lokality situované v rôznych prírodných a klimatických podmienkach, **nížinnej, podhorskej a horskej oblasti** (tab. 21). Ide o katastrálne územie (k.ú.):

- Kráľov Brod (KB) - nížinná oblasť s dominantným poľnohospodárskym využívaním pôdy (obr. 23),
- Očová, Dúbravy (OD) - podhorská oblasť so zmiešaným poľnohospodárskym a lesníckym využívaním pôdy (obr. 24),
- Liptovská Teplička (LT) - horská oblasť s dominantným zastúpením lesov (obr. 25).

Obrázok 23 Kráľov Brod (Kanianska, 2009)

Obrázok 24 Očová, Dúbravy (Kanianska, 2009)

Obrázok 25 Liptovská Teplička (Kanianska, 2009)

Tabuľka 21 Prírodná a klimatická charakteristika modelových území

K.ú.	Geografická lokalita	Nadmorská výška (m)	Výmera k.ú. (km^2)	Priemerná ročná teplota (˚C)	Priemerný ročný úhrn zrážok (mm)	Hlavný pôdny typ
KB	Podunajská nížina	110	23,7	9,6	550	Černozem
OD	Poľana	350 – 960	108,4	8,3	714	Kambizem
LT	Nízke Tatry	nad 900	98,2	5,0	900	Rendzina Kambizem

Pre porovnanie situácie v produkcii biomasy na národnej a lokálnej úrovni bol vybraný rok 2006, ku ktorému boli spracované údaje o spôsobe využívania pozemkov nielen na národnej ale aj lokálnej úrovni na 3 modelových územiach. Jadro výpočtov okrem štatisticky sledovaných údajov o úrodách či produkcii, tvoria totiž údaje o výmerách jednotlivých druhov pozemkov využívaných ako orná pôda, trvalé trávne porasty a lesné pozemky. Preto prvým krokom pri kvantifikácii biomasy je analýza využívania pozemkov a výmer jednotlivých druhov pozemkov. Zmeny vo využívaní pozemkov sa odrážajú v zmenách produkcie biomasy.

4.6 Využívanie pozemkov a zmeny krajinnej pokrývky ako faktory podmieňujúci produkciu biomasy

Množstvo vyprodukovanej biomasy je limitované pôdou a spôsobmi jej využívania (Popp et al., 2014). Takto produkciu biomasy významne ovplyvňuje človek využívaním pozemkov. Prirodzene by na území Slovenska dominovali lesy. Len vysokohorské a skalné biotopy a nivy niektorých riek boli v čase začiatkov formovania neolitického poľnohospodárstva bez lesných porastov (Ložek, 1973). Postupne sa ráz krajiny a zastúpenie druhov pozemkov zmenilo a v súčasnosti na území Slovenska dominuje poľnohospodárska pôda. Zmeny vo využívaní pozemkov a krajinnej pokrývky sa odrazili aj na modelových územiach.

4.6.1 Využívanie pozemkov a zmeny krajinnej pokrývky na Slovensku

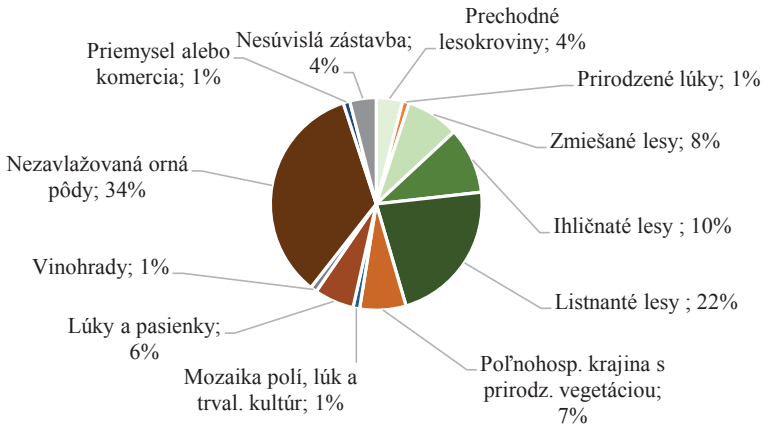
Spôsoby využívania pozemkov na Slovensku sú evidované katastrom nehnuteľností a sprístupňované Úradom geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky (ÚGKKSR). **Zmeny krajinnej pokrývky** boli na Slovensku hodnotené v rámci projektu CORINE LAND COVER (CLC) a sú sprístupňované SAŽP. Medzi základné druhy pozemkov, ktorých zmeny sú následne vyhodnocované, patrí:

- poľnohospodárska pôda,
- lesné pozemky,
- vodné plochy,
- zastavané plochy a nádvoria.

Poľnohospodársku pôdu tvorí poľnohospodárska pôda (orná pôda, chmeľnice, vinice, záhrady, ovocné sady a trvalé trávne porasty) a súčasti poľnohospodárskeho pôdneho fondu (ako sú poľné cesty, plochy so zariadením pre vodné závlahy, vodné toky a kanály hydromelioračného charakteru, vodné nádrže a rybníky slúžiace na závlahové účely, poľnohospodárska účelová zeleň, poľné hnojiská, kompostiská, silážne jamy, močovkové záchyty, hrádze slúžiace na ochranu poľnohospodárskej pôdy pred zamokrením a záplavou a ochranné terasy proti erózii). Súčasti poľnohospodárskeho pôdneho fondu tvorí aj nepoľnohospodárska pôda, ktorá bezprostredne neslúži na poľnohospodársku výrobu, ale je pre ňu nenahraditeľná.

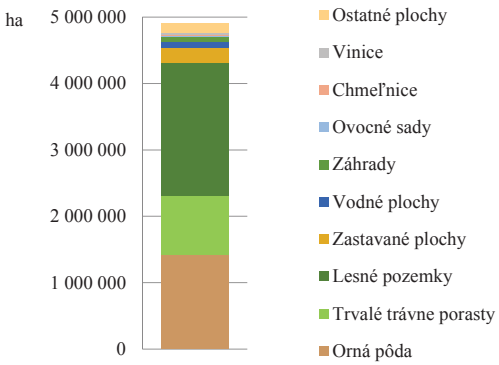
Lesné pozemky tvoria pozemky porastené lesnými drevinami, pozemky, na ktorých boli lesné porasty dočasne odstránené s cieľom ich obnoviť, pozemky bez lesných porastov, ktoré slúžia lesnému hospodárstvu, pozemky nad hornou hranicou stromovej vegetácie vo vysokohorských oblastiach s výnimkou zastavaných pozemkov a ich príjazdových komunikácií. Ďalej sem patria pozemky, ktoré možno využiť na zalesnenie, pozemky, ktoré

sa majú zalesniť z vodohospodárskych alebo pôdoochranných dôvodov, nezalesnené pozemky vnútri lesov a pod.
Kategórie krajinnej pokrývky na národnej úrovni na základe údajov CLC v roku 2006 zobrazuje obrázok 26.

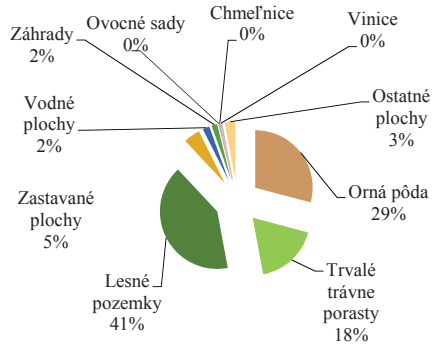


Obrázok 26 Krajinná pokrývka vyjadrená percentuálnym podielom jednotlivých kategórií v roku 2006 (%) (MŽP SR, SAŽP, 2009)

V roku 2006 podľa údajov katastra nehnuteľností pokrývala na Slovensku poľnohospodárska pôda 2 430 683 ha, lesné pozemky 2 006 939 ha. V rámci poľnohospodárskej pôdy, orná pôda zaberala 1 427 537 ha, trvalé trávne porasty 880 873 ha, záhrady 76 813 ha, ovocné sady 17 792 ha, vinice 27 314 ha, chmeľnice 534 ha (obr. 27, 28).



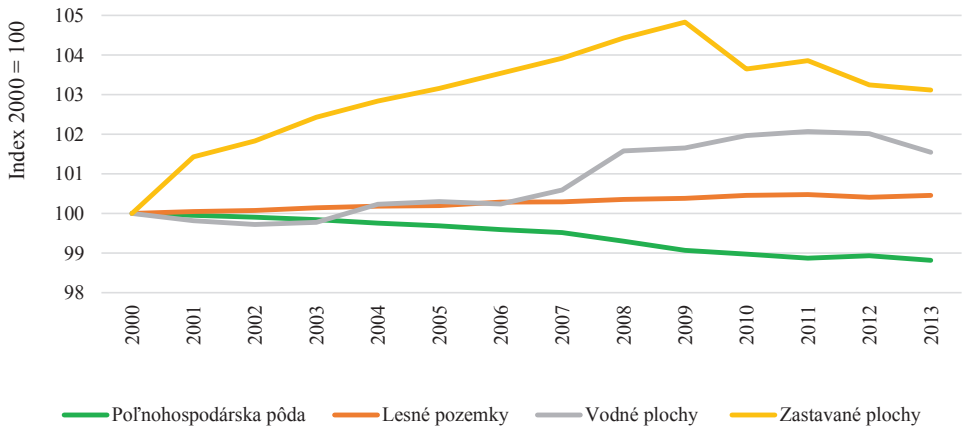
Obrázok 27 Druhy pozemkov v SR v roku 2006 (ha) (ÚGKKSR, 2007)



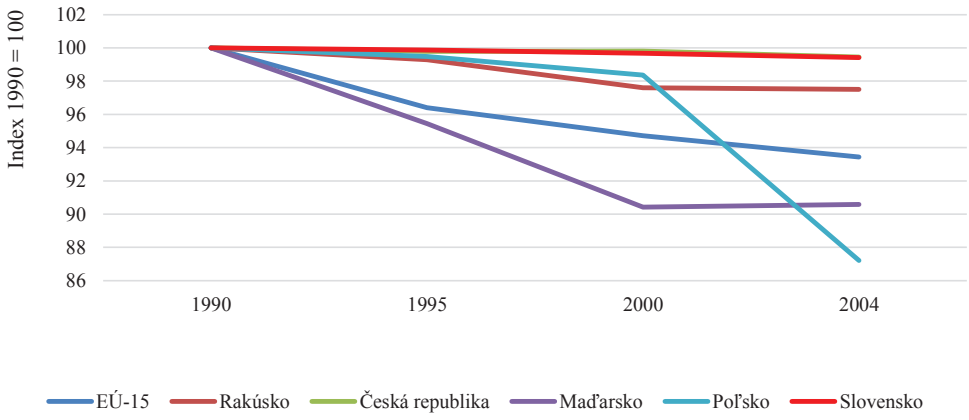
Obrázok 28 Percentuálne zastúpenie druhov pozemkov v SR v roku 2006 (%) (ÚGKKSR, 2007)

Pri hodnotení vývoja vo využívaní pozemkov na Slovensku sa prejavuje v posledných desaťročiach antropogénny tlak spôsobujúci pozvoľný úbytok produkčných plôch na Slovensku. Najviac sa to prejavilo v úbytkoch poľnohospodárskej pôdy a nárastom zastavaných území. Výraznejší úbytok poľnohospodárskej pôdy bol zaznamenaný v 70-tych a 80-tych rokoch, kedy došlo k úbytku vyše 180 000 ha poľnohospodárskej pôdy. Na druhej

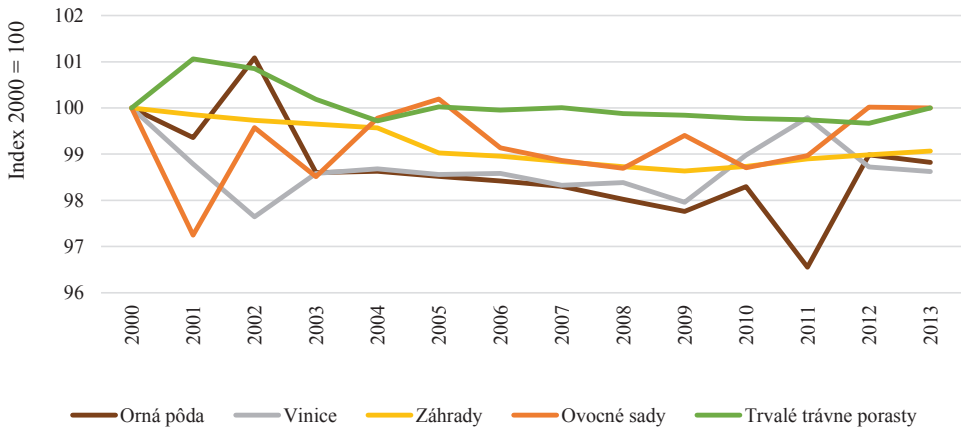
strane došlo k nárastu lesných pozemkov a zastavaných plôch. V 80-tych rokoch nárast zastavaných plôch a nádvorí predstavoval 13 200 ha. V rokoch 1990 až 2000 došlo k poklesu ďalšej výmery poľnohospodárskej pôdy o 0,64% (-15 927 ha), k poklesu výmery vodných plôch o 1,12% (-105 ha) (obr. 29). Pokles výmery poľnohospodárskej pôdy korešponduje s trendom v EÚ a okolitými krajinami, dokonca je spomedzi vybratých krajín najmiernejší (obr. 30). Naopak nárast bol zaznamenaný u výmery lesných pozemkov o 0,77% (+15 253 ha) a zastavaných plôch o 73,26% (+92 747 ha). Po roku 2000, výmery poľnohospodárskych pôd klesajú a na strane druhej výmery lesných pozemkov rastú (Kanianska, 2010b). V rámci poľnohospodárskej pôdy bol v rokoch 1990 až 2013 vývoj druhov pozemkov pomerne vyrovnaný (obr. 31).



Obrázok 29 Vývoj druhov pozemkov na Slovensku (Index k roku 2000) (upravené podľa ÚGKKSR, 2014)



Obrázok 30 Medzinárodné porovnanie vo vývoji výmery poľnohospodárskej pôdy (Index k roku 1990) (upravené podľa OECD, 2004)



Obrázok 31 Vývoj druhov pozemkov v rámci poľnohospodárskej pôdy na Slovensku (Index k roku 2000) (upravené podľa ÚGKKSR, 2014)

Podrobnejšie zastúpenie jednotlivých kategórií krajinnej pokrývky poskytujú údaje z CLC. Na základe analýzy satelitných snímok v rokoch 1990, 2000 a 2006 sa zistilo, že najvýznamnejšie zmeny krajinnej pokrývky na Slovensku boli podmienené:

- reštitúciami a zmenami vlastníctva pôdy po roku 1989, pričom väčšina zmien bola pozorovateľná najmä v rokoch 1990-2000 v severozápadnej časti Slovenska,
- prírodnými katastrofami - veternými smršťami, lesnými požiarmi (veterná kalamita v roku 2004 vo Vysokých Tatrách),
- rozširovaním dopravnej infraštruktúry a priemyselných parkov,
- aktivitami súvisiacimi s protipovodňovými aktivitami a produkciou energie (najmä výstavba vodnej elektrárne Gabčíkovo) (MŽP SR, SAŽP, 2009)

V rámci poľnohospodárskej krajiny nastali najmä tieto zmeny:

- zväčšenie rozlohy mozaiky polí, lúk a trvalých kultúr o 165,5 km^2 na úkor najmä ornej pôdy (132,1 km^2),
- úbytok ornej pôdy o 56,9 km^2 najmä v prospech lúk (46,2 km^2),
- úbytok lúk o 201,5 km^2 s následným zarastaním krovitými formáciami (s rozlohou 102,7 km^2),
- zmeny viníc a sadov na ornú pôdu (49,6 km^2),

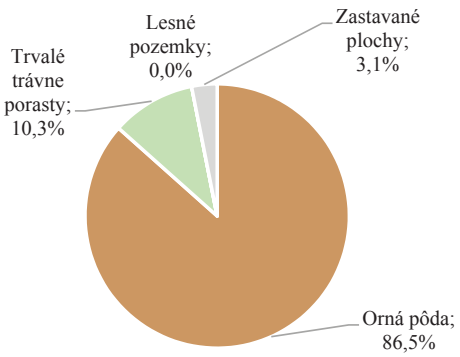
V rámci lesnej a poloprírodnej krajiny nastali najmä tieto zmeny:

- zmena 580,3 km^2 lesa na lesokroviny,
- zmena 529,7 km^2 lesokrovín na lesy,
- zmena 186 km^2 poľnohospodárskych lúk, prirodzených lúk a heterogénnych poľnohospodárskych areálov na lesokroviny.

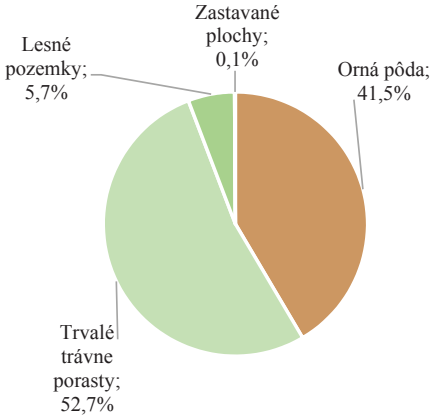
4.6.2 Využívanie pozemkov a zmeny krajinnej pokrývky na modelových územiach

Na základe údajov CLC bolo zistené, že v roku 2006, v **k.ú. Kráľov Brod dominovala orná pôda (86,5%),** nasledovali trávne porasty (10,3%) a zastavané plochy (3,1%). Naopak **v k.ú. Liptovská Teplička dominovala** v tomto roku **výmera lesných pozemkov** (83,9%), nasledovali trvalé trávne porasty (14,5%), zastavané plochy (1,0%) a orná pôda (0,7%). V **k.ú. Očová, Dúbravy** so zmiešaným systémom hospodárenia, boli plochy poľnohospodárskej (32,4 OP a 15,7% TTP) a lesnej pôdy (49,8%) vyrovnané. Zastavané plochy tvorili (2,0%).

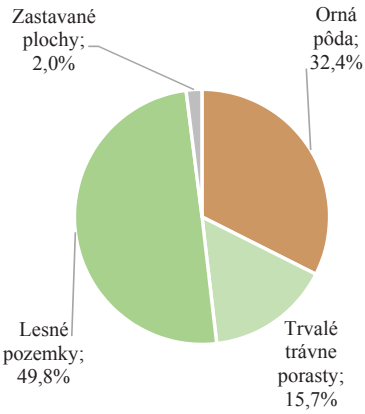
Obrázky 32a – 34b zobrazujú porovnania percentuálneho zastúpenie druhov pozemkov na modelových územiach v roku 1782, z obdobia prvého vojenského mapovania na našom území a v roku 2006 z CLC. Najvýraznejšia zmena v porovnaní rokov 1782 a 2006 prebehla v k.ú Kráľov Brod, kde plochy lesných pozemkov a väčšiny trvalých trávnych porastov boli konvertované na ornú pôdu. V k.ú. Liptovská Teplička sa naopak rozšírili extenzívnejšie formy manažmentu, došlo k rozšíreniu plôch lesných pozemkov na úkor trvalých trávnych porastov. Najmenšie percentuálne zmeny boli v k.ú Očová a Dúbravy. Zmeny vo využívaní pozemkov na modelových územiach sú dôsledkom demografických trendov a zmien v osídľovaní krajiny ako aj následkom technického a technologického vývoja v poľnohospodárstve (Kanianska et al., 2014). Zmeny vo využívaní pozemkov podmienili zmeny v produkcii biomasy na modelových územiach.



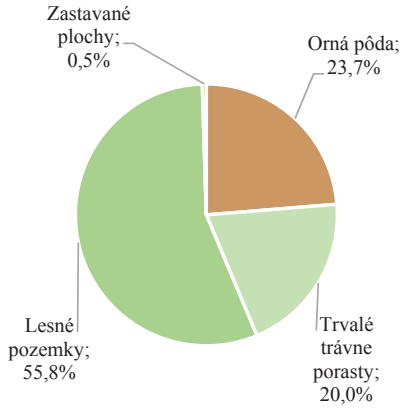
Obrázok 32a Percentuálne zastúpenie druhov pozemkov v k. ú. Kráľov Brod v roku 2006 (%) (Kanianska et al., 2010a)



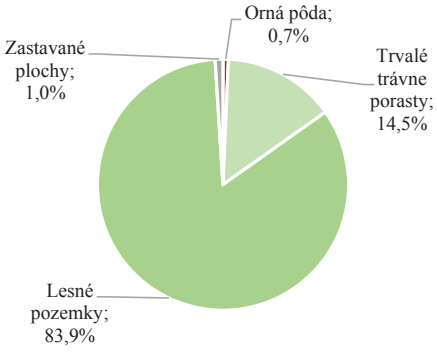
Obrázok 32b Percentuálne zastúpenie druhov pozemkov v k. ú. Kráľov Brod v roku 1782 (%) (Kanianska et al., 2010a)



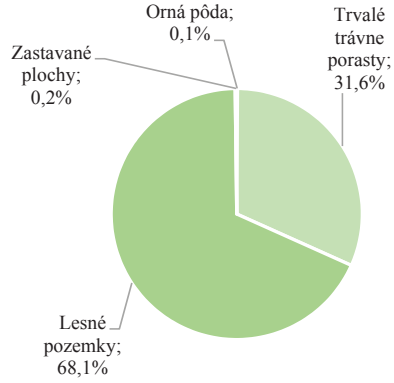
Obrázok 33a Percentuálne zastúpenie druhov pozemkov v k. ú. Očová, Dúbravy v roku 2006 (%) (Kanianska et al., 2010a)



Obrázok 33b Percentuálne zastúpenie druhov pozemkov v k. ú. Očová, Dúbravy v roku 1782 (%) (Kanianska et al., 2010a)



Obrázok 34a Percentuálne zastúpenie druhov pozemkov na k. ú. Liptovská Teplička v roku 2006 (%) (Kanianska et al., 2010a)



Obrázok 34b Percentuálne zastúpenie druhov pozemkov na k. ú. Liptovská Teplička v roku 1782 (%) (Kanianska et al., 2010a)

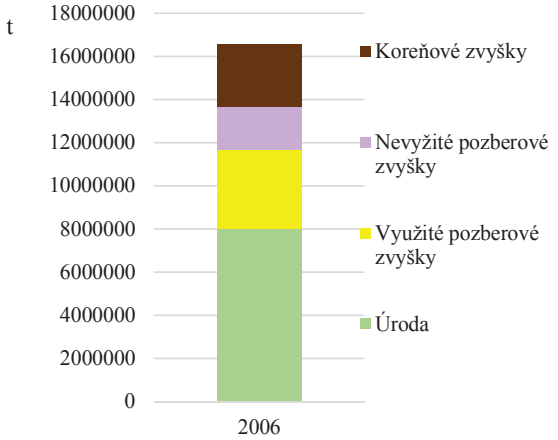
4.7 Množstvo ročne vyprodukovanej poľnohospodárskej a lesnej biomasy na Slovensku

4.7.1 Stav a vývoj množstva ročne vyprodukovanej biomasy na ornej pôde

Biomasa vyprodukovaná za rok na ornej pôde predstavuje biomasu zberanú vo forme úrod. Ďalšiu časť tvoria pozberové zvyšky (*crop residues*). Časť pozberových zvyškov obilnín, vybraných olejnín a okopanín sa ďalej nepriamo ekonomicky zhodnocuje, a to na kŕmenie a podstielanie zvierat. Táto časť fytomasy je podľa metódy EUROSTATu (2009) označovaná ako využité pozberové zvyšky (*used crop residues*). V súčasnosti však nie sú všetky pozberové zvyšky zhodnocované a efektívne využívané. Tie nevyužité (*unused crop*

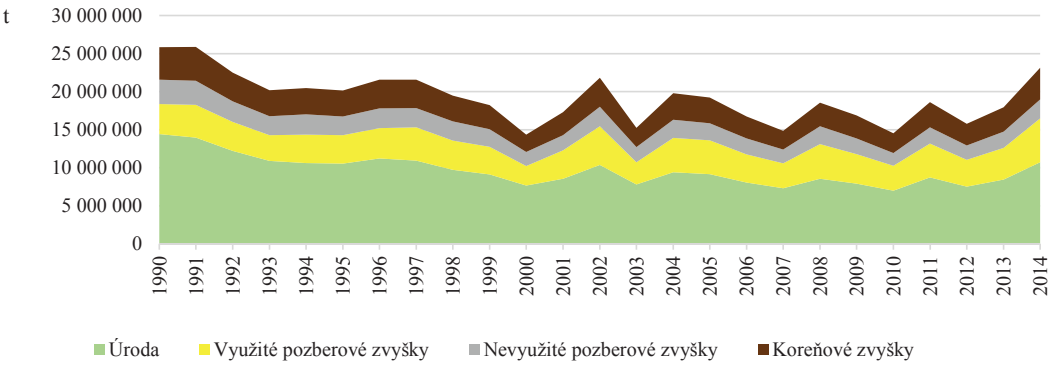
residues) indikujú potenciál ďalšieho aj energetického využitia. Dôležitou súčasťou vyprodukovanej biomasy je aj podzemná biomasa, koreňové zvyšky (*root residues*).

V prípade hodnotenia množstva a vývoja ročne vyprodukovanej biomasy na ornej pôde sú dostupné reprezentatívne údaje o výmerách (publikovaných ÚGKKSR) aj úrodách pestovaných plodín publikovaných ŠÚ SR). Pomocou výpočtov v zmysle uvedenej metodiky sme zistili množstvo na ornej pôde vyprodukovanej biomasy na Slovensku v roku 2006 (obr. 35) ako aj je vývoj v období rokov 1990 až 2014.



Obrázok 35 Biomasa jednotlivých kategórií na ornej pôde Slovenska v roku 2006 (t)

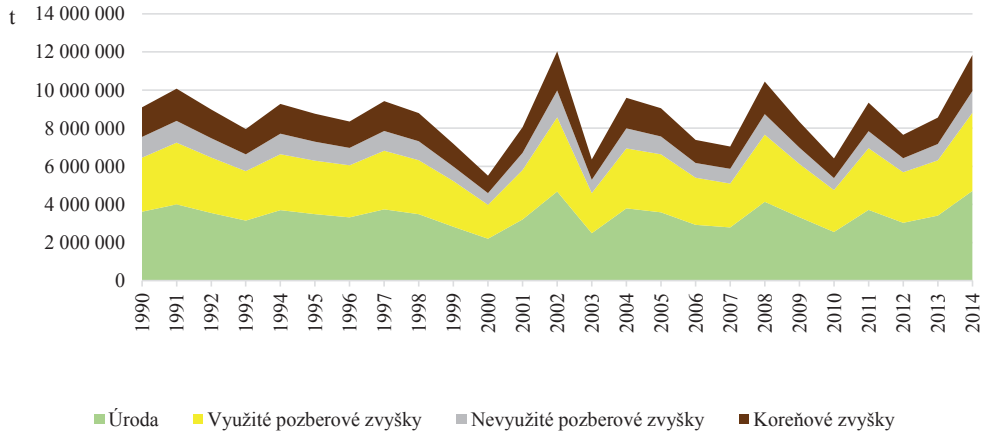
V roku 2006, **celková biomasa na ornej pôde** predstavovala **16 725 255 t**, z toho 8 059 636 t tvorila **úroda plodín, 5 780 279 t pozberové zvyšky (z toho 3 699 687 t využité a 2 080 592 t nevyužité) a 2 885 340 t koreňové zvyšky**. Vývoj celkového množstva biomasy zberanej vo forme úrod na ornej pôde, mala v 90-tych rokoch klesajúcu tendenciu, po roku 2000 sa striedajú obdobia mierneho nárastu a poklesu. V porovnaní s rokom 1990, kedy bola celková úroda biomasy 14 418 kt sa celková úroda zberanej biomasy k roku 2014 znížila na 10 730 kt, čím došlo k poklesu o 3 688 kt, čo predstavovalo pokles o 25% (obr. 36).



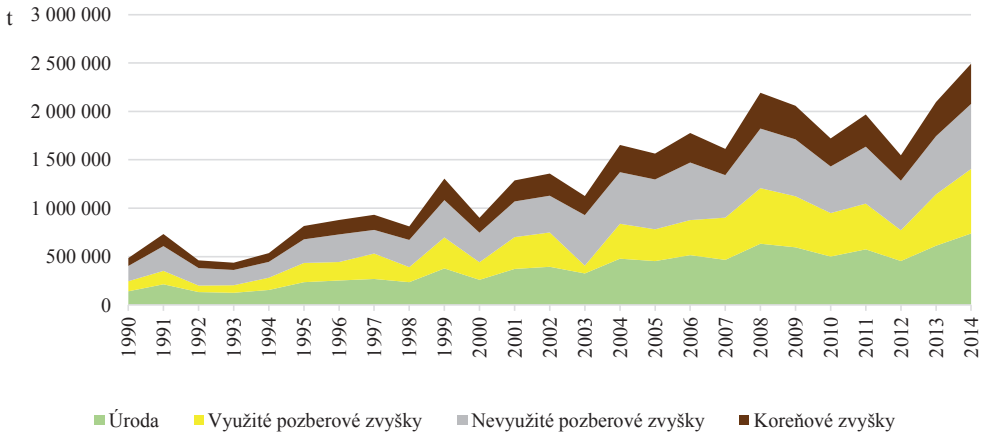
Obrázok 36 Vývoj komponentov celkovej biomasy poľnohospodárskych plodín na Slovensku v rokoch 1990-2014 (t)

Dôvodom poklesu poľnohospodárskej produkcie po roku 1990 sú zmeny štruktúry pestovaných plodín, pokles intenzity živočíšnej výroby ako aj zníženie intenzity pestovania, väčšinou spojenou s poklesom hektárových úrod a tým stagnáciou alebo znížením celkovej produkcie väčšiny komodít (Kanianska et al., 2010b). Odrazilo sa to aj v slovenskej potravinovej sebestačnosti a bezpečnosti. Sebestačnosť ako taká, t.j. podiel domácej produkcie na spotrebe, je jedným z prostriedkov potravinovej bezpečnosti spolu s dostatočnosťou ponuky potravín, ich dostupnosťou pre spotrebiteľa, výživovou primeranosťou a zdravotnou nezávadnosťou (Matošková, Gálik, 2014). V roku 1990 predstavovala potravinová sebestačnosť na Slovensku 80%, u niektorých plodín až 100%. V roku 2011 sa pohybovala okolo 45 – 50%. Pokles oproti roku 1990 je na Slovensku najväčší spomedzi krajín EÚ (Kanianska, 2012b). V Nemecku v roku 2011 predstavovala potravinová sebestačnosť 94%, v Poľsku 85%, Českej republike 72%.

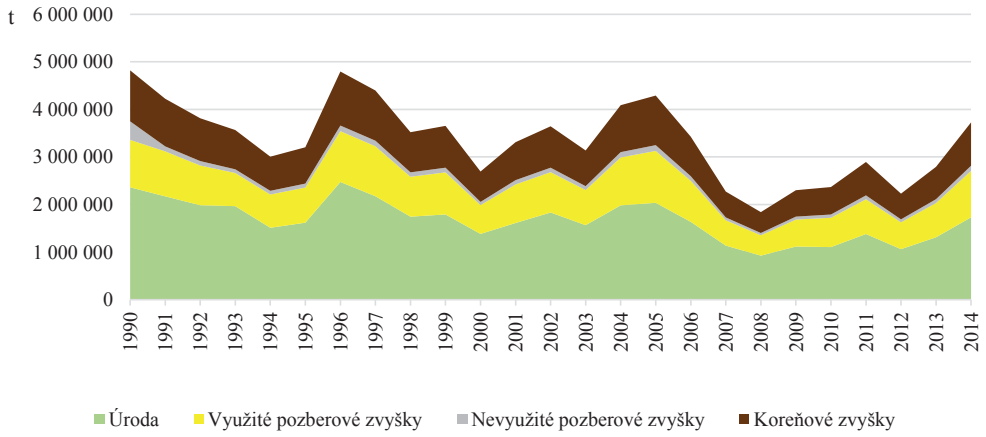
Napriek poklesu v množstve zberanej úrody v rokoch 1990 - 2014, **množstvo vyprodukovaných pozberových zvyškov malo pomerne vyrovnaný priebeh**. Dôvodom boli najmä stabilizované plochy a tým aj úrody obilnín, ktoré produkujú podstatnú časť kalkulovaných pozberových zvyškov - slamy. Prepočtami sme zistili, že v roku 2014 bolo v SR celkovo vyprodukovaných 8 295 kt pozberových zvyškov, z ktorých 5 744 kt bolo využitých a 2 551 kt patrilo do skupiny označovanej ako nevyužité. Koreňových zvyškov bolo vyprodukovaných 4 153 kt. Pri sledovaní vývoja vybratých skupín poľnohospodárskych plodín, bol v prípade obilnín pomerne vyrovnaný priebeh s niekoľkými výchylkami (obr. 37a). **V prípade olejnín** došlo v sledovanom období **k prudkému nárastu biomasy** (z 14,1 kt v roku 1990 na 73,9 kt v roku 2014) (obr. 37b). Naopak, **k poklesu došlo v prípade okopanín** (z 2 359,8 kt v roku 1990 na 1 729,0 kt v roku 2014) (obr. 37c) **a najmä strukovín** (z 77,7 kt v roku 1990 na 7,0 kt v roku 2014) (obr. 37d). Je to dôsledok poľnohospodárskej politiky a výkupných cien, ktorým sú prispôsobované výmery pestovaných plodín. Podpora olejnín na úkor iných plodín súvisí aj s podporou ich využívania v sektore energetiky ako biopalív. To sa odrazilo v prudkom náraste zberových plôch olejnín na Slovensku, ale aj v iných krajinách EÚ. Ako je zrejmé z grafov, skupiny plodín sa líšia potenciálom poskytnutia rôznych zvyškov a ich využitím. Vysokým percentom nevyužitých pozberových zvyškov sa z uvedených skupín vyznačujú olejniny a strukoviny.



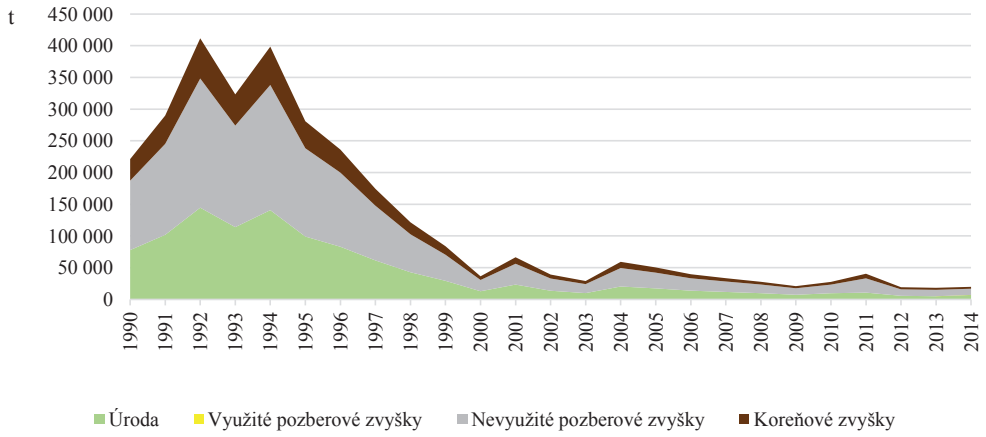
Obrázok 37a Vývoj komponentov biomasy obilnín na Slovensku v rokoch 1990 - 2014 (t)



Obrázok 37b Vývoj komponentov biomasy olejnín na Slovensku v rokoch 1990 - 2014 (t)



Obrázok 37c Vývoj komponentov biomasy okopanín na Slovensku v rokoch 1990 - 2014 (t)



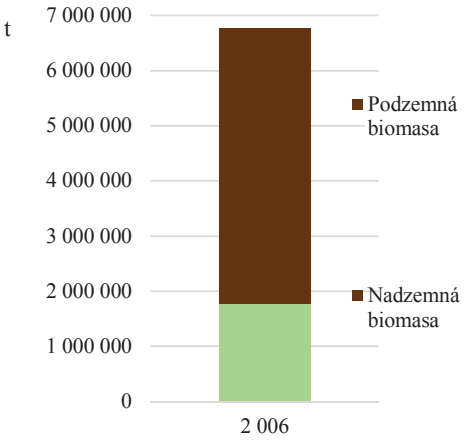
Obrázok 37d Vývoj komponentov biomasy strukovín na Slovensku v rokoch 1990 - 2014 (t)

4.7.2 Množstvo ročne vyprodukovanej biomasy trvalých trávnych porastov a na lesných pozemkoch

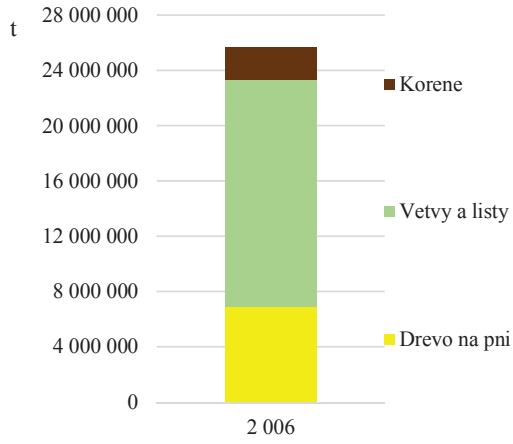
V prípade zisťovania množstva ročne vyprodukovanej biomasy trvalých trávnych porastov je potrebné zohľadniť fakt, že údaje z katastra nehnuteľností reprezentatívne nevypovedajú o skutočne využívaných plochách pozemkov (Sviček, 2009). Porovnaním údajov katastra nehnuteľností a systému LPIS (*Land Parcels Identification System*) boli identifikované rozdiely v plochách reálne využívaných pozemkov. Tento rozdiel je zvlášť markantný v prípade trvalých trávnych porastov. Napríklad v roku 2006 predstavovala nevyužitá výmera zhruba 40% z celkovej výmery TTP (Gonda et al., 2010). Produkcia spustnutých trávnych porastov sa líši od produkcie obhospodarovaných a spásaných plôch. Navyše údaje katastra nešpecifikujú zvlášť výmery lúk a výmery pasienkov, ktorých produkcia biomasy je tiež odlišná. V prepočtoch sme preto použili hrubý odhad, kde pasienky tvoria zhruba 25% a lúky 75% z celkovej výmery TTP na Slovensku. Zohľadnili sme tiež fakt, že na nížinách je pôda primárne využívané ako orná a väčšina TTP je na Slovenku lokalizovaná v podhorských a horských územiach.

Zistili sme, že v roku 2006 bolo v SR **trvalými trávnymi porastami celkovo vyprodukovaných zhruba 6 776 719 t biomasy, z toho 1 783 347 t nadzemnej a 4 993 372 t podzemnej biomasy** (obr. 38).

Na lesných pozemkoch celkovo vyprodukovaných **zhruba 25 703165 t biomasy, z ktorej 6 907 151 t tvoril prírastok dreva na pni, 16 455 821 t vetvy a listy a 2 340 193 t koreňová hmota** (obr. 39).



Obrázok 38 Nadzemná a podzemná biomasa trvalých trávnych porastov na Slovensku v roku 2006 (t)

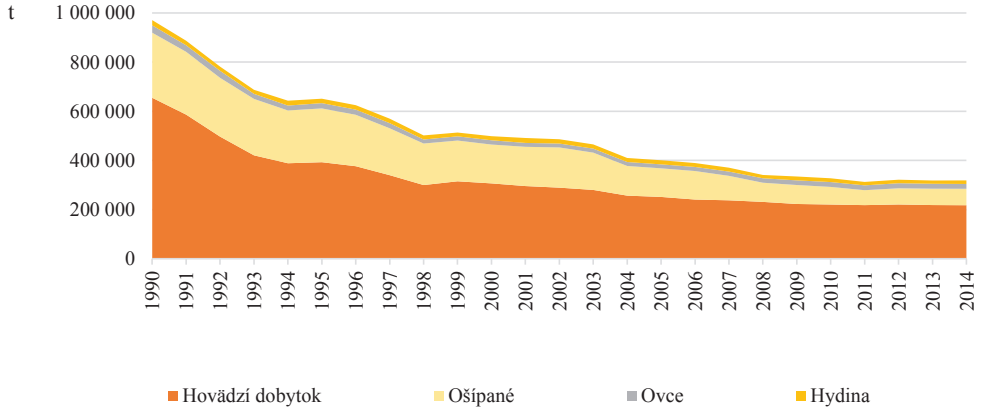


Obrázok 39 Biomasa jednotlivých kategórií na lesných pozemkoch na Slovensku v roku 2006 (t)

4.7.3 Stav a vývoj množstva ročne vyprodukovanej biomasy zo živočíšnej výroby

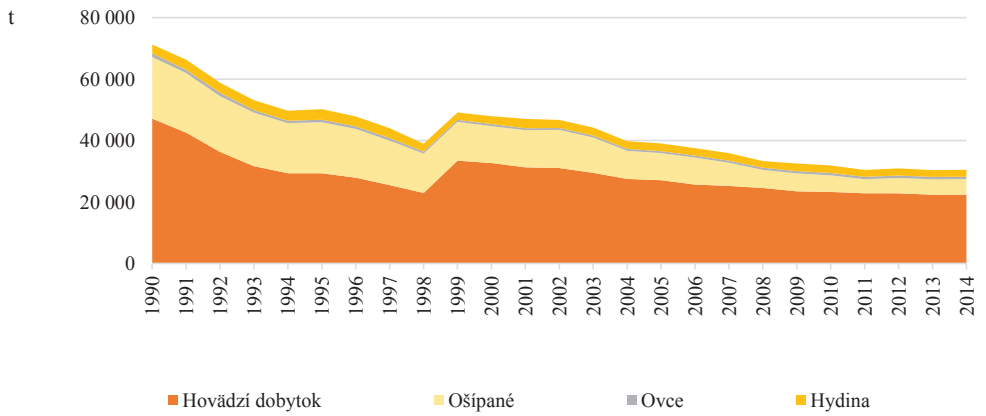
Produkcia zoomasy závisí od počtov hospodárskych zvierat. Prepočtami sme zistili, že v roku 2006 **živá hmotnosť hovädzieho dobytka tvorila 240 883 t, ošípaných 115 865 t, oviec 16 629 t a hydiny 15 883 t**.

Vývoj počtov hospodárskych zvierat má na Slovensku **od roku 1990 klesajúcu tendenciu**, čo sa odráža aj v hodnotách biomasy (obr. 40). V období rokov 1990 až 2008, počty hospodárskych zvierat na Slovensku klesli vo všetkých kategóriách, počty hovädzieho dobytka a ošípaných klesli o 70%, počty oviec o 40% a počty hydiny o 31% (Kanianska, Guštafíková, 2010). Po roku 2008 pokračoval u väčšiny kategórií ďalší pokles. Mierny nárast bol zaznamenaný v kategórii hydiny a oviec.



Obrázok 40 Vývoj zoomasy hospodárskych zvierat podľa kategórií na Slovensku v rokoch 1990 - 2014 (t)

S týmto vývojom súvisí aj pokles produkcie exkrementov a ostatných živočíšnych produktov. Prepočtami sme zistili, že v roku 2006 hovädzí dobytok vyprodukoval zhruba 25 675 t exkrementov, ošípané 8 786 t, ovce 635 t a hydina 2 423 t (obr. 41). Kravského mlieka bolo vyprodukovaného 1 091 737 t a slepačích vajec 64 442 t.

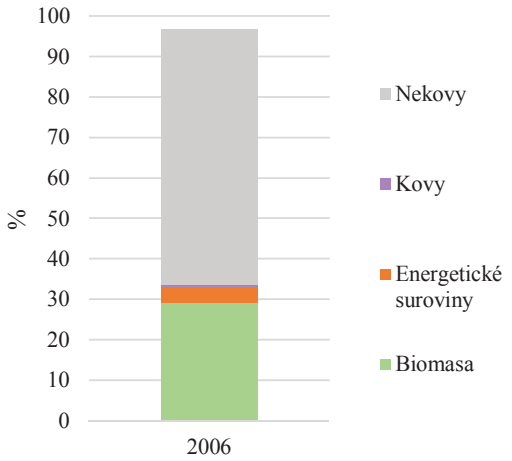


Obrázok 41 Vývoj množstva exkrementov hospodárskych zvierat podľa kategórií na Slovensku v rokoch 1990 - 2014 (t)

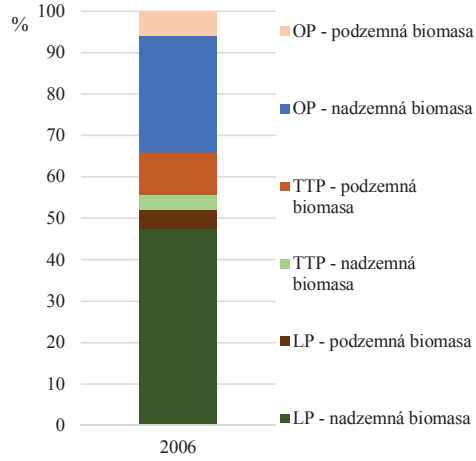
4.7.4 Porovnanie množstva ročne vyprodukovanej biomasy rôznych kategórií

Biomasa patrí medzi najvýznamnejšie materiály využívané v národnom hospodárstve a v domácej ťažbe stojí na Slovenku hneď za nekovmi (obr. 42) (Kanianska et al., 2011).

V roku 2006, bolo podľa našich prepočtov na Slovensku spolu vyprodukovanej 49 299 941 t fytomasy z agroekosystémov a lesných ekosystémov, z toho 39 081 036 t nadzemnej a 10 218 905 t podzemnej. Hlavný podiel z vyprodukovanej biomasy pripadal na biomasu z lesných pozemkov, nasledovala biomasa z ornej pôdy a nakoniec bola biomasa trvalých trávnych porastov (obr. 43).



Obrázok 42 Domáca ťažba na Slovensku v roku 2006 (%)



Obrázok 43 Podiel jednotlivých kategórií biomasy na celkovej biomase vyprodukovanej na pôdach Slovenska v roku 2006 (%)

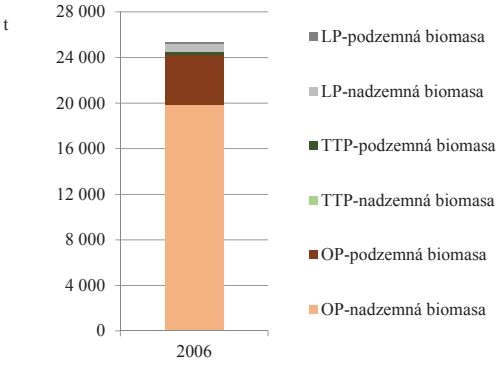
4.8 Množstvo ročne vyprodukovanej poľnohospodárskej a lesnej biomasy na modelových územiach

V roku 2006 sa biomasa vyprodukovaná na troch modelových územiach líšila. Jej celkové množstvo výrazne ovplyvnila rozloha katastrov (obr. 44a-c). Aj z tohto dôvodu bola najmenšia produkcia vypočítaná pre najmenšie katastrálne územie Kráľovho Brodu (25 364 t), nasledovala Liptovská Teplička (114 546 t) a Očová a Dúbravy (122 945 t).

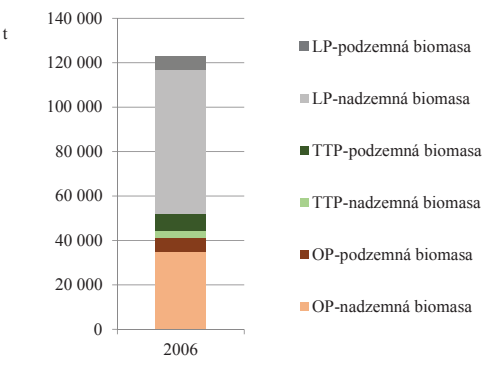
Na ornej pôde, v k. ú. Kráľov Brod bolo vyprodukovaných 24 224 t biomasy, z ktorej 39% tvorila zozbieraná úroda, 42% pozberové a 18% koreňové zvyšky. V k. ú. Očová a Dúbravy, celková biomasa predstavovala 41 414 t, z ktorých 48% tvorila zozbieraná úroda, 37% pozberové a 16% koreňové zvyšky. V k. ú. Liptovská Teplička biomasu tvorilo 2 096 t, z ktorých 60% tvorila úroda, 23% pozberové a 17% koreňové zvyšky. Priemerná hektárová úroda predstavovala 5,96 t v k. ú. Liptovská Teplička, 11,54 t v k. ú. Kráľov Brod a 12,03 t v k. ú. Očová a Dúbravy.

Na trvalých trávnych porastoch bolo v k. ú. Kráľov Brod vyprodukovanej 251 t, v k. ú. Očová a Dúbravy 10 577 t a v k. ú. Liptovská Teplička 4 115 t biomasy.

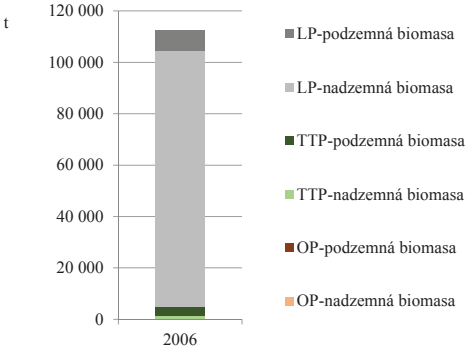
Na lesných pozemkoch v k. ú. Kráľov Brod bolo vyprodukovaných 890 t, v k. ú. Očová a Dúbravy 70 954 t a v k. ú. Liptovská Teplička 107 825 t lesnej biomasy.



Obrázok 44a Biomasa jednotlivých kategórií v k.ú. Kráľov Brod v roku 2006 (t)



Obrázok 44b Biomasa jednotlivých kategórií v k.ú. Očová, Dúbravy v roku 2006 (t)



Obrázok 44c Biomasa jednotlivých kategórií v k.ú. Liptovská Teplička v roku 2006 (t)

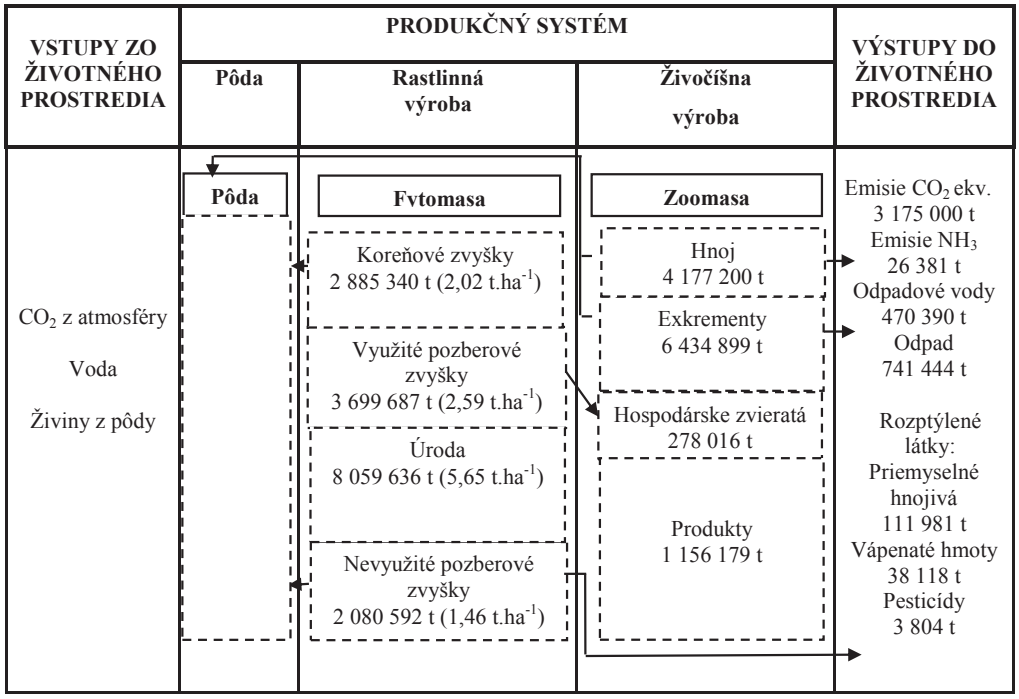
Pozoruhodné je, že aj keď sa priemerné ročné hektárové produkcie jednotlivých druhov biomasy (zvlášť vyprodukovaných na ornej pôde, trvalých trávnych porastoch a lesných pozemkoch) medzi jednotlivými modelovými územiami líšili, **priemerná ročná hektárová produkcia celkovej biomasy z modelových území bola približne rovnaká** (11,62 $t.ha^{-1}$ v k.ú. Kráľov Brod, 11,68 $t.ha^{-1}$ v k. ú. Očová a Dúbravy a 11,78 $t.h^{-1}$ v k. ú. Liptovská Teplička) (Kanianska et al., 2015).

4.9 Materiálové toky výrobného procesu poľnohospodárskej biomasy

Produkcia a využívanie poľnohospodárskej biomasy udržateľným spôsobom je považované za jednu z najdôležitejších výziev budúcnosti. Koncept materiálových tokov je kľúčovým nástrojom pri dosahovaní efektívnosti výroby a využívania materiálov. Vyžaduje zobrazenie jednotlivých krokov výroby v podobe diagramu so zobrazenými vstupmi aj výstupmi.

Kvantifikované komponenty biomasy spolu s ďalšími údajmi týkajúcimi sa aj vstupov a výstupov do/z výrobného procesu, tvoria hlavné podklady pre vyplnenie diagramu materiálových tokov v poľnohospodárskom produkčnom systéme. Výsledkom je agregovaný pohľad na výrobu biomasy a možnosti jej ekonomického využitia ako prírodného zdroja. Je podkladom pre ďalšie environmentálne analýzy.

Materiálové toky sme zostavili pre poľnohospodársku biomasu, ktorej **intenzívna výroba je v súčasnosti sprevádzaná vstupmi látok a materiálov na jednej strane a rôznymi výstupmi, vrátane tých, čo zaťažujú životné prostredie** (emisie, odpad, odpadové vody) **na strane druhej**. Obr. 45 zobrazuje materiálové toky v poľnohospodárskom produkčnom systéme na Slovensku v roku 2006.



Obrázok 45 Materiálové toky v poľnohospodárskom produkčnom systéme Slovenska v roku 2006 (t)

Produkčný systém sa v mnohých ohľadoch líši od priemyselných procesov, kde sa dajú toky látok a materiálov stanoviť jednoznačnejšie. Prvým špecifikom je, že produkčný systém je vysoko náročný na prírodné vstupy, konkrétne CO_2 z atmosféry, vodu či živiny z pôdy, ktorých presná kvantifikácia je zložitejšia. V produkčnom systéme tiež dochádza k tomu, že tok jednej látky či materiálu môže plynúť dvomi smermi. Isté špecifiká súvisia aj

s postavením pôdy v produkčnom systéme, ktorá je navyše aj zložkou životného prostredia a teda je možné jej zaťaženie z výroby.

V prípade nevyužitých pozberových zvyškov, ich časť odchádza do pôdy a vylepšuje jej vlastnosti a časť vystupuje z výrobného systému bez využitia. Táto časť v sebe ukrýva potenciál energetického využitia. Zo živočíšnej výroby vyprodukovaný hnoj a exkrementy môžu mať tiež dvojaký smer, na jednej strane pozitívny hnojivový účinok na pôdu, na strane druhej možný príspevok k znečisteniu niektorých zložiek životného prostredia. Navyše sa aj v tejto kategórii môže ukrývať nevyužitá zoomasa s potenciálom využitia v energetike.

Koreňové zvyšky ostávajú v systéme, resp. v pôde, ktorá je jeho súčasťou a prispievajú k zlepšeniu jej vlastností. Využité pozberové zvyšky ostávajú v produkčnom systéme, presúvajú sa do subsystému živočíšnej výroby a slúžia na kŕmenie alebo podstielanie zvierat. Úroda z rastlinnej výroby a produkty zo živočíšnej výroby sú ekonomicky zhodnocovanými výstupmi výroby.

Výstupy do životného prostredia predstavujú emisie, najmä zo živočíšnej výroby (amoniak alebo metán vyjadrovaný v CO_2 ekvivalentoch), odpad či odpadové vody z výroby, vrátane rozptýlených látok, ktoré sa aplikovali za účelom zvýšenia produkcie.

4.10 Vybraté účty materiálových tokov poľnohospodárskej fytomasy na makroekonomickej úrovni

Detailná kvantifikácia jednotlivých komponentov ročne vyprodukovanej fytomasy na ornej pôde Slovenska ako aj ďalšie vstupné údaje sú potrebným podkladom pre vytvorenie agregovaných indikátorov slúžiacich pre zostavenie účtov materiálových tokov. V zmysle metódy EW MFA definovanej pre makroekonomickú úroveň sú využívané rôzne typy indikátorov pre zostavenie účtov materiálových tokov.

Účty sú zostavené z dvoch strán. Na ľavej strane sú zaznamenávané vstupy a na pravej výstupy do/z ekonomiky (národného hospodárstva) a životného prostredia. Spracovali sme niekoľko účtov poľnohospodárskej fytomasy na ornej pôde Slovenska v roku 2006, v merných jednotkách tonách. Uvedené účty nie sú plne v súlade s účtovaním v zmysle metódy EW MFA, ktorá sa zameriava na celkový tok materiálov v ekonomike na národnej úrovni. Tým, že sme vybrali jeden materiál – fytomasu, v niektorých krokoch sme upravili aj spôsob výpočtu indikátorov a účtov. Pritom sme využili detailnú kvantifikáciu jednotlivých komponentov fytomasy, prepočítanú v predchádzajúcich kapitolách a zohľadňovali určité špecifiká výroby fytomasy oproti priemyselnej výrobe ostatných materiálov.

Pri zostavovaní vybraných účtov materiálových tokov poľnohospodárskej fytomasy sme vytvorili indikátory na základe vstupných údajov, publikovaných alebo poskytovaných inštitúciami:

- Štatistickým úradom Slovenskej republiky, ako zdrojom údajov pre:
  - úrody poľnohospodárskych plodín,
  - import / export poľnohospodárskych plodín,
  - spotrebu umelých hnojív,

- Ústredným kontrolným a skúšobným ústavom poľnohospodárskym, ako zdrojom údajov pre:
    - spotrebu organických hnojív,
    - spotrebu vápenatých hmôt,
    - spotrebu pesticídov.

Účet priameho materiálového vstupu
Priamy materiálový vstup (*Direct Material Input – DMI*) predstavuje fytomasu poľnohospodárskych plodín vstupujúcu do ekonomiky štátu. Ide o súčet zberanej úrody fytomasy (*Harvested Biomass - HB*), využitých pozberových zvyškov (*Used Harvest Residues – UHR*) a dovozených poľnohospodárskych plodín (*Import - I*):

DMI = HB + UHR + I
DMI = 8 059 636 t + 3 699 687 t + 162 273 t = 11 921 596 t

Účet priameho materiálového vstupu (Direct Material Input Account) (t)

Vstup		Výstup
Zberaná úroda biomasy	8 059 636	
Využité pozberové zvyšky	3 699 687	
Dovoz	162 273	
Priamy materiálový vstup	**11 921 596**	

Účet domácej materiálovej spotreby
Domáca materiálová spotreba (*Domestic Material Consumption – DMC*) bola vypočítaná tak, že od priameho materiálového vstupu poľnohospodárskej fytomasy (*Direct Material Inputs - DMI*) bol odpočítaný vývoz poľnohospodárskych plodín (*Export - E*):

DMC = DMI – E
DMC = 11 921 596 t – 1 402 996 t = 10 518 600 t

Účet domácej materiálovej spotreby (*Domestic Material Consumption Account*) (t)

Vstup		Výstup	
Priamy materiálový vstup	11 921 596	Vývoz	1 402 996
Domáca materiálová spotreba	**10 518 600**		

Účet fyzickej obchodnej bilancie
Fyzická obchodná bilancia (*Physical Trade Balance – PTB*) bola vypočítaná odpočítaním vývozu hlavných skupín poľnohospodárskych plodín (*Export – E*) od dovozu (*Import – I*):

PTB = I – E
PTB = 162 273 t – 1 402 996 t = - 1 240 723 t

Účet fyzickej obchodnej bilancie (*Physical Trade Balance Account*) (t)

Vstup		Výstup	
Dovoz	162 273	Vývoz	1 402 996
Fyzická obchodná bilancia	**-1 240 723**		

Účet rozptýlených látok do životného prostredia

V zmysle metódy EW MFA sa používa indikátor výstupu z domácej výroby do životného prostredia (*Domestic Processed Output – DPO*). Mal by byť súčtom indikátorov vyjadrujúcich množstvo odpadu (W – waste), odpadových vôd (WW – waste waters), emisií (E – emissions) a rozptýlených látok (*Dissipative use of products – DUP)*:

DPO = W + WW + E + DUP

V produkčnom procese je však kvantifikácia tohto indikátora a následné zostavenie účtu komplikovanejšie. Výroba poľnohospodárskej fytomasy je totiž špecifická oproti inej priemyselnej výrobe. Priemyselné procesy majú technický charakter a sú plne prevádzkované a riadené človekom. Produkcia fytomasy je naopak prevažne proces prirodzený, ktorý je len usmerňovaný a intenzifikovaný človekom.

Z tohto dôvodu sa pri výrobe fytomasy ťažšie kvantifikujú výstupy do životného prostredia. Tie sa nedajú priamo odmerať ako v prípade množstva vypustených odpadových vôd či emisií z priemyselnej výrobe. Preto sme takéto údaje pri zostavení účtov nepoužili. Navyše, značná časť v ekonomike nevyužitých výstupov z výroby fytomasy sa dá hodnotiť ako zaťaž životného prostredia.

Vzhľadom na uvedené sme namiesto indikátora výstupu z domácej výroby do životného prostredia (*Domestic Processed Output – DPO*) použili len indikátor rozptýlených látok (*Dissipative use of products – DUP).* Tie predstavujú do pôdy aplikované látky ako sú organické hnojivá (*Organic Manure – OM*), umelé hnojivá (*Fertilisers – F*), vápenaté hmoty (*Calcic Substances – CS*), pesticídy (*Pesticides – P):*

DUP = 4 331 103 t

Účet rozptýlených látok do životného prostredia (*Dissipative use of products – DUP*) (t)

Vstup	Výstup	
	Výstup z domácej výroby do ŽP	4 331 103
	Výstup z domácej výroby do ŽP	**4 331 103**

Účet celkového domáceho výstupu

Celkový domáci výstup *(Total Domestic Outputs – TDO*) reprezentuje celkové množstvo materiálových výstupov uvoľňovaných z národnej ekonomiky do životného prostredia v rámci príslušnej krajiny. V nadväznosti na hore uvedenú úpravu účtu týkajúceho sa výstupu z domácej výroby do životného prostredia, špecifikovanú len na rozptýlené látky, sme modifikovali aj účet celkového domáceho výstupu. Ten je preto tvorený súčtom rozptýlených látok do životného prostredia (*Dissipative use of products – DUP*) a množstvom nevyužitej ťažby. Ako nevyužitú ťažbu sme použili výpočtami stanovené kategórie nevyužitých pozberových zvyškov (*Unused harvest residues – UNHR*) a koreňových zvyškov (*Root residues – RR*)*:*

TDO = DUP + UNHR + RR
TDO = 4 331 103 t + 2 080 592 t + 2 885 340 t = 9 297 035 t

Účet celkového domáceho výstupu (*Total Domestic Outputs Account*) (t)

Vstup	Výstup	
	Rozptýlené látky do ŽP	4 331 103
	Nevyužité pozberové zvyšky	2 080 592
	Koreňové zvyšky	2 885 340
	Celkový domáci výstup	**9 297 035**

Jednotlivé indikátory, resp. položky účtov materiálových tokov sa dajú prepočítať na jedného obyvateľa. Keďže v roku 2006 žilo v SR 5 391 184 obyvateľov, na jedného obyvateľa pripadlo 3,40 t poľnohospodárskej fytomasy, vrátane ktorej bolo 1,49 t úrody, 0,69 t využitých pozberových zvyškov, 0,39 t nevyužitých pozberových zvyškov, 0,54 t koreňových zvyškov, 0,03 t dovozených poľnohospodárskych plodín a 0,26 t vyvezených poľnohospodárskych plodín.

4.11 Využitie indikátorov materiálových tokov poľnohospodárskej fytomasy v environmentálnych analýzach

Hoci je **biomasa obnoviteľným prírodným zdrojom, jej zásoby sú limitované**, čo vyžaduje správne rozhodovanie pri jej využívaní (Tampier, 2004). Nápomocnými nástrojmi môžu byť práve indikátory materiálových tokov slúžiace, aj ako východiskové podklady ďalších environmentálnych analýz. Napomáhajú zodpovedať rôzne politicky relevantné otázky. Umožňujú posúdenie veľkosti ekonomiky a z toho **plynúce celkové zaťaženie životného prostredia spojené so spotrebou materiálov** ako aj **zhodnotenie životného prostredie ako zdroja surovín a energie** na jednej strane a jeho schopnosti asimilovať a rozkladať odpadové látky na strane druhej. Indikátory materiálových tokov popisujú vstupnú stranu materiálovej bilancie súvisiacu s problematikou spotreby a úbytkov prírodných zdrojov, pričom výstupné indikátory majú väzbu na problémy životného prostredia. Indikátory materiálových tokov na makroekonomickej úrovni môžu byť použité pre sledovanie materiálovej závislosti na zahraničí, čo je často využívané pri strategických surovinách ako sú ropa či vzácne kovy ale aj biomasa.

V prípade prepočtu indikátorov materiálových tokov na počet obyvateľov a následným medzinárodným porovnaním (napríklad spotreby materiálov, zberu surovín a vypúšťaných emisií) je možné hodnotiť princíp rovnosti v spoločnom využívaní prírodných zdrojov. V prípade prepočtu indikátorov na vymedzené územie je možné sledovať veľkosť ekologickej stopy. Ďalšou možnosťou je **sledovanie environmentálnej efektivity** využívania alebo získavania zdrojov a oddelenia kriviek záťaže životného prostredia a ekonomickej výkonnosti. Indikátory môžu byť užitočné aj pri **hodnotení potenciálu energetického využitia** obnoviteľných zdrojov energie či **ekosystémových služieb**. Dajú sa použiť pri hodnotení dosahovania cieľov environmentálnej politiky, pri jej implementácii do sektorových politík a zelenej ekonomiky. Zelená ekonomika je nízko uhlíkovú ekonomika, efektívne využívajúcu zdroje a podporujúca sociálne začlenenie. Medzi kľúčové environmentálne oblasti, v ktorých presadzuje prijatie opatrení vedúcich k zlepšeniu stavu a udržateľnosti patrí klimatická zmena, biodiverzita, prírodné zdroje, ekosystémové služby, spotreba, výroba a mestá. Medzi kľúčové ekonomické sektory zelenej ekonomiky vyžadujúce implementáciu environmentálnych opatrení patrí aj poľnohospodárstvo.

Indikátory a účty materiálových tokov sme použili pri hodnotení:

- benefitov generovaných výrobou fytomasy pre životné prostredie, pri sekvestrácii uhlíka alebo príspevkov fytomasy pri plnení ekosystémových služieb,
- vstupov a výstupov zaťažujúcich životné prostredie,
- environmentálnej efektivity,
- rezerv jej ekonomického využitia v energetike.

4.11.1 Príspevok fytomasy k plneniu ekosystémových služieb

Ekosystémové služby sa definujú ako podmienky a procesy, prostredníctvom ktorých prírodné ekosystémy a druhy udržiavajú a napĺňajú ľudský život. Ekosystémové služby sú úžitky poskytované ľudskej spoločnosti prírodnými ekosystémami, širšie chápané ako ekosystémové procesy udržiavajúce ľudský život. Miléniové posudzovanie ekosystémov je založené na kategorizácii ekosystémových služieb do štyroch kategórií:

- **Zásobovacie služby** (provízne služby, ekosystémové statky) sú produkty získané z ekosystémov. Je to potrava (kultúrne plodiny, hospodárske zvieratá, ryby atď.), palivo, sladká voda, genetické zdroje, biochemikálie významné vo farmácii alebo ľudovom/prírodnom liečiteľstve a ozdobné zdroje.
- **Regulačné služby** sú úžitky vytvorené samoudržujúcimi schopnosťami ekosystémov, t.j. z regulácie ekosystémových procesov. Je to najmä regulácia kvality vzduchu, regulácia vody, čistenie vody, odstraňovanie znečistenín, regulácia chorôb, kontrola prírodných škodcov, opeľovanie, kontrola erózie, ochrana pred prírodnými katastrofami (pobrežné búrky a pod.), regulácia klímy.
- **Kultúrne služby** vytvárajú nemateriálne úžitky odvodené z ekosystémov. Sú to estetické hodnoty, duchovné/religiózne hodnoty, rekreácia a turizmus, vzdelávacie a inšpiračné hodnoty, vedecké hodnoty, hodnoty kultúrneho dedičstva (kultúrna rôznorodosť a spoločenské vzťahy), cítenie miesta.
- **Podporné služby** sú nevyhnutné na produkciu (udržanie) všetkých iných ekosystémových služieb, sú nepriame a majú veľké časové škály. Sem patrí fotosyntéza, primárna produkcia, obehy vody a živín, tvorba pôdy a udržiavanie úrodnosti, produkcia atmosférického kyslíka a zloženie atmosféry (MEA 2003).

Zásahy ľudí, ľudskej činnosti do ekosystémov môžu rozšíriť ich využívanie a rozsah výhod pre ľudskú spoločnosť. Na druhej strane, ako sme toho svedkami v posledných desaťročiach, antropogénna činnosť má negatívne účinky a vplyvy na ekologické systémy na celom svete a oprávnene vyvoláva obavy z priestorových i časových dôsledkov ekosystémových zmien, ktoré sú pre človeka nežiaduce (Eliáš, 2010). **Fytomasa významne prispieva k plneniu všetkých štyroch ekosystémových služieb.** Najväčší význam sa pripisuje jej príspevku k produkčným službám ekosystémov, zvlášť agroekosystémov pri poskytovaní potravín a krmív a lesných ekosystémov poskytovaním dreva. Ako ukázali výpočty, produkcia fytomasy je významná nielen z pohľadu ekonomicky zhodnocovaných častí ako je úroda. **Dôležitú úlohu, ekonomicky nezhodnocovanú a zatiaľ málo oceňovanú predstavujú ďalšie kategórie fytomasy, pozberové a koreňové zvyšky**. Ako potvrdzujú mnohí autori (Lal, 2006; Lemke et al., 2009; Uihlein, Schebek, 2009), pozberové a koreňové zvyšky zohrávajú významnú úlohu v regulačných a podporných službách tým, že udržiavajú alebo zlepšujú niektoré pôdne vlastnosti, fyzikálne, chemické aj biologické.

Rastúca fytomasa ako aj rôzne pozberové a koreňové zvyšky prispievajú k:

- ochrane pôdy pred eróziou,
- zadržiavaniu vody v pôde a tým k predchádzaniu zosuvov a záplav,
- zásobám uhlíka a živín v pôde,
- znižovaniu toxického vplyvu kontaminantov v pôde.

Rastúca fytomasa ako aj pozberové zvyšky majú **významný protierózny účinok.** Erózia je pritom pokladaná mnohými autormi za najzávažnejší degradačný proces pôdy, často vedúci k úplnému odnosu jemnozeme a tým k úplnému zániku pôdy. Žiadny iný proces nepôsobí tak dlhodobo a veľkoplošne a žiaden neviedol doteraz k úplnému znehodnoteniu takej veľkej rozlohy pôdy, aký spôsobila erózia v mnohých oblastiach sveta (Fulajtár, Janský, 2001). Vegetácia chráni povrch pôdy pred eróziou vody, ale aj vetra. Ochranný vplyv vegetácie spočíva v jej ochrane povrchu pred dopadajúcimi dažďovými kvapkami (čím väčší pokryv vegetácie, tým vyššia ochrana), v spomaľovaní povrchového odtoku, zvyšovaní infiltrácie pôdy, spevňovaní pôdy a pod. Ochranný vplyv vegetácie je priamo úmerný pokryvu a hustote porastu. Preto z poľnohospoodárskych plodín najlepšiu ochranu poskytujú trávne porasty či porasty ďateliny. Naopak, širokoriadkové plodiny ako kukurica, zemiaky, vinice a sady (bez trávneho porastu) chránia pôdu nedostatočne.

Vegetácia zohráva významnú úlohu aj vo vodnom cykle, podporuje a stabilizuje hydrologickú rovnováhu. Na jednej strane, v čase bohatom na zrážky alebo pri topení snehu nenarušený vegetačný kryt zadržiava vodu, takže steká pomalšie, čím rastlinstvo pomáha regulovať správny obeh vody a zabraňuje neprimeranému zavodneniu. Takto **chráni pred zosuvmi a záplavami**. Na strane druhej v čase nedostatku zrážok zabraňuje vysušovaniu územia krajiny a udržiava kvalitu pôdy a jej produkčnú schopnosť.

Druhovo pestré spoločenstvá, v agroekosystémoch najmä trávne porasty, sú vzácnym príspevkom k biodiverzite, považovanej za predpoklad plnenia akýchkoľvek ekosystémových služieb.

Z dôvodu významného príspevku fytomasy k plneniu mnohých ekosystémových služieb je potrebné zohľadniť to pri stanovení energetického potenciálu zvyškovej fytomasy. Zvlášť potrebné je dbať na to, aby fytomasa určená na energetické účely bola naozaj prebytkovou. Vždy treba počítať s nutnosťou návratu určitej časti pozberových zvyškov do pôdy, s cieľom udržania úrodnosti pôdy. Intenzívnou rastlinnou výrobou, sprevádzanou úzkou špecializáciou je však možné dosiahnuť také prebytky fytomasy, ktoré je možné využiť v energetike a súčasne zabezpečiť jej potrebné vstupy do pôdy.

4.11.2 Sekvestrácia uhlíka fytomasou

Napriek rôznym negatívam sprevádzajúcich výrobu fytomasy, jej produkcia v prirodzených ale aj umelých ekosystémoch prináša rôzne benefity. Prispieva k sekvestrácii uhlíka či plneniu rôznych ekosystémových služieb.

Fytomasa je považovaná za obnoviteľný zdroj, pretože na obnovenie jej zásob je potrebné pomerne krátke časové obdobie. Zároveň záťaž skleníkovými plynmi v procese jej energetického využitia je veľmi nízka, pretože také množstvo oxidu uhličitého, ktoré sa pri spaľovaní biomasy vytvorilo, sa pri raste biomasy aj spotrebovalo, čiže sekvestrovalo.

Uhlík je v procesoch fotosyntézy zadržiavaný v rastlinách, v ich nadzemnej ale aj podzemnej biomase. Hlavným **zdrojom organického uhlíka je vegetácia, opad a pôda**. **Podzemná biomasa hrá v procesoch sekvestrácie uhlíka zvlášť významnú úlohu** (Le Goff, Ottorini, 2001), je dôležitou zásobárňou uhlíka v pôde (Körner 2002). U trávnych porastov predstavuje až 70 – 90% z čistej produkcie (Fiala, 2010). Následne, **odumieraním fytomasy ostávajúcej na pôde sa biomasa stáva zdrojom sekvestrovaného uhlíka v pôde**. K tejto frakcii v pôde významne prispieva pôdny humus.

Zmeny vo využívaní pôdy vyvolávajú zmeny v distribúcii aj uložení uhlíka v pôde a trvá určitý čas, kým sa dosiahne nová rovnováha medzi zásobami a zdrojmi uhlíka. Rovnako významné sú v tomto smere manažérske postupy (Fultz et al., 2013). Napríklad pri úplnom odstránení pozberových zvyškov z ornej pôdy bez ponechania adekvátneho množstva ako zdroja organického uhlíka, dochádza k postupnému poklesu organického uhlíka v pôde. Rovnako dôležité sú správne technologické procesy aplikované na pôde (napríklad správna orba), ovplyvňujúce zásoby uhlíka v pôde.

Vzhľadom na to, že v suchej hmote rastlinných pletív sa obsah uhlíka pohybuje medzi 45 – 50%, odhaduje sa množstvo uhlíka vegetácie jednoduchým prepočtom s použitím faktora uhlíka 0,5 (IPCC FAR, 2007). Na základe uvedeného sme zistili, že **na ornej pôde vyprodukovaná fytomasa v roku 2006 prispela na Slovensku k sekvestrácii zhruba 8 362 628 t C**. Na modelových územiach, v k. ú Kráľov Brod to bolo zhruba 12 112 t, v k. ú. Liptovská Teplička 1 048 t a Očová a Dúbravy 20 707 t. Z tohto množstva všetky koreňové zvyšky a časť pozberových zvyškov prispeli k uloženiu uhlíka do pôdy a stali sa potenciálnym zdrojom humusu.

Dynamika procesov dodávok a ukladania uhlíka do pôdy sú miestne špecifické, závislé od prírodno-klimatických podmienok, ale aj agronomických postupov (Larson, 2005). Z toho vyplýva, že intenzívne postupy v poľnohospodárstve prispievajú nielen k zvyšovaniu úrod ale aj k zvyšovaniu vyprodukovaného množstva zvyškov, prispievajúcich k ukladaniu uhlíka v pôde. **Vyššia intenzita zabudovania uhlíka do biomasy prispieva k zvýšeniu sekvestrácie vzdušného uhlíka**. Intenzívne poľnohospodárstvo, ktorého hlavným cieľom je dosahovanie vyššej produkcie, začalo svoju éru najmä po druhej svetovej vojne s nástupom chemizácie a mechanizácie. Toto je aj obdobie rozvoja industrializácie a nárastu využívania fosílnych palív, čo súvisí aj s vyšším uvoľňovaním skleníkových plynov vrátanie CO_2 do ovzdušia. Na základe uvedeného môžeme konštatovať, že intenzívne poľnohospodárstvo tlmí negatívne dôsledky spaľovania fosílnych palív spojené s uvoľňovaním CO_2 do atmosféry viac, ako by tomu bolo v prípade hospodárenia extenzívnymi postupmi. Platí to hlavne pri ornej pôde, keďže trvalé trávne porasty sú aj v súčasnosti obhospodarované viac extenzívne.

4.11.3 Environmentálna efektivita výroby fytomasy

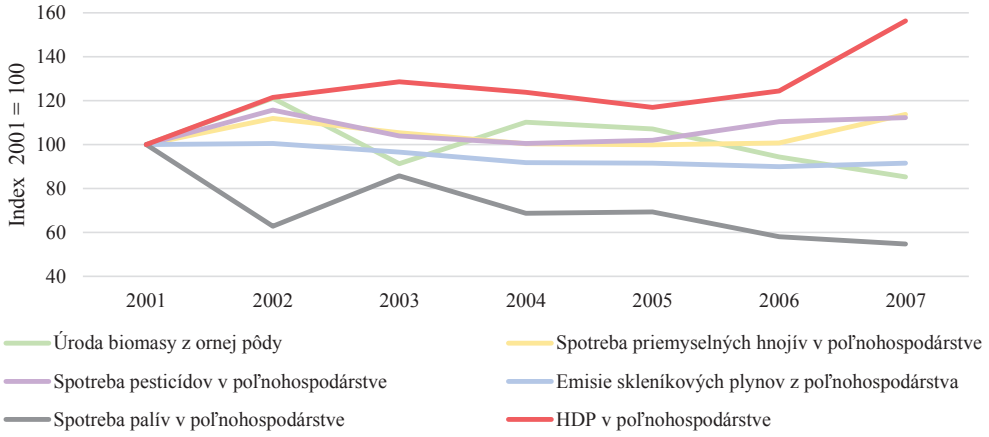
Keďže uspokojovanie ľudských potrieb a záťaž vyvíjaná na životné prostredie sú úzko prepojené, rastom životnej úrovne obyvateľstva dochádza spravidla tiež k rastu tejto záťaže a zintenzívneniu výroby fytomasy. Jedným z cieľov stratégií udržateľného rastu je prelomenie tejto vzájomnej závislosti a oddelenie krivky hospodárskej výkonnosti od tlaku vyvíjaného na životné prostredie.

Zvyšovanie efektívnosti výroby sa v poslednom období stále viac spája s efektívnym využívaním vstupov. Predpokladom zníženia náročnosti socio-ekonomickej sféry je tzv.

dematerializácia, zameraná na zvyšovanie ekonomického profitu z jednotkového materiálového toku za súčasného znižovania využívania zdrojov, čím simultánne dochádza k zníženiu záťaže životného prostredia. S tým súvisí snaha o **zvyšovanie environmentálnej efektivity**, čiže snaha vyrábať z jednotkového množstva materiálov a energie, vstupujúcich do ekonomickej sústavy, viac produktov a služieb v koincidencii s nižším využívaním prírodných zdrojov a nižšou produkciou odpadov a znečistenia.

Na vyjadrenie environmentálnej efektivity sa používajú indikátory vyjadrujúce korelačnú závislosťou medzi ekonomickými ukazovateľmi príslušného sektora a ukazovateľmi environmentálnymi, ako sú využívanie palív, vody, emisie znečisťujúcich látok, skleníkových plynov, produkcia odpadov. Príslušný sektor či ekonomická činnosť sa stáva environmentálne efektívna v prípade, ak sa darí zabezpečovať ekonomický rast pri minimalizovaní tlaku a tým aj negatívnych environmentálnych dôsledkov v životnom prostredí.

V rokoch 2001 až 2007 **sa pozitívny trend environmentálnej efektivity poľnohospodárstva prejavil vo vzťahu k spotrebe palív**. Krivka ekonomického indikátora HDP v poľnohospodárstve mala v tomto období rastúci priebeh, zatiaľ čo krivka vyjadrujúca spotrebu palív mala zväčša klesajúci trend. **U ostatných ukazovateľov** (spotreby agrochemikálií a emisií skleníkových plynov) **nebol pozitívny trend až tak preukazný** ako v prípade spotreby palív (obr. 46). Napriek tomu je zrejmé rozdvojenie kriviek záťaže a ekonomického indikátora (*decoupling*). Na Slovensku je to najmä dôsledok nižšej intenzity agrochemických vstupov.



Obrázok 46 Environmentálna efektivita poľnohospodárstva na Slovensku

4.11.4 Záťaž generovaná výrobou fytomasy na životné prostredie

Hoci je biomasa obnoviteľným prírodným zdrojom, jej tvorba je závislá na vstupných prírodných surovinách, obnoviteľných aj neobnoviteľných. Medzi ne patrí najmä voda, živiny z pôdy, CO_2 z atmosféry. Odkázaná je na energiu slnečného žiarenia a jej tvorba je významne ovplyvnená klimatickými, pôdnymi a inými prírodnými podmienkami.

V intenzívnej rastlinnej výrobe, v umelých agroekosystémoch a lesných ekosystémoch je produkcia fytomasy sprevádzaná vysokou dotáciou často pre prírodné prostredie zaťažujúcich

látok a energie. Človek takto zasahuje do prirodzených procesov, vodného cyklu ako aj biogeologických kolobehov látok.

Pri hodnotení záťaže na životné prostredie sa často používa koncept ekologickej stopy, merajúcej vplyv človeka na životné prostredie. Je meradlom udržateľnosti spôsobu života. Môže byť aplikovaná na rôzne oblasti či látky. **Vodná stopa** je definovaná ako celkové množstvo sladkej vody potrebnej na produkciu materiálu, látky či produktu (Hoekstra et al., 2009). Rozlišuje sa tzv. modrá, zelená a sivá vodná stopa. Modrá vodná stopa zahŕňa vodu povrchovú a podzemnú, zelená vodná stopa sa týka vody zrážkovej a sivá predstavuje objem vody potrebný na vstrebanie záťaže zo znečisťujúcich látok. Zahraničný obchod, import fytomasy vo forme rôznych poľnohospodárskych produktov pritom znižuje vodnú stopu a teda aj tlak na domáce vodné zdroje, ale súčasne generuje tlak na vodné zdroje iných krajín (Yang et al., 2006). v rámci národnej ekonomiky. Mekonne a Hoekstra (2010) zistili, že na produkciu 1 tony pšenice je potrebnej zhruba 1 830 m^3 vody.

Vzhľadom k tomu, že spotreba vody rôznymi plodinami sa líši, pri stanovení potreby vody na produkciu fytomasy na ornej pôde na Slovensku a modelových územiach sme použili zjednodušenú kalkuláciu za predpokladu, že na 1 tonu fytomasy je potrebnej asi 1 500 m^3 vody. Takto sme odhadli, že **na Slovensku vyprodukovaná fytomasa na ornej pôde v roku 2006 spotrebovala zhruba 25 087 883 m^3 vody**. Pre porovnanie, evidované celkové odbery povrchovej vody na Slovensku v roku 2006 predstavovali 395 142 000 m^3 vody, na ktorých sa 82 % podieľal priemysel (MŽP, SAŽP, 2007). Na modelových územiach by spotreba vody predstavovala 36 336 m^3 vody v k.ú. Kráľov Brod, 62 121 m^3 vody v k.ú. Očová, Dúbravy, 3 144 m^3 vody v k.ú. Liptovská Teplička.

Pri stanovení spotreby živín z pôdy je možné aplikovať len hrubý odhad, nakoľko spotreba živín kolíše v závislosti od plodiny, jej variety, pôdnej úrodnosti, klímy. Pri ozimnej pšenici a hektárovej úrode jej zrna 6,7 ton, pšenica spotrebuje z 1 ha pôdy zhruba 200 kg N, 55 kg P_2O_5 a 252 kg K_2O (Roy et al., 2006). Takýto **vysoký odnos živín z pôdy je potrebné v intenzívnej výrobe dopĺňať**, keďže tvorba pôdy ako neobnoviteľného prírodného zdroja je veľmi pomalá. Jej badateľný prírastok značne presahuje dĺžku ľudského života. Vstup živín do pôdy pre budúcu produkciu je pritom sprevádzaný rôznymi negatívami, ako je napríklad akcesorické vnášanie ťažkých kovov spolu s priemyselnými hnojivami do pôdy, jej okysľovanie fyziologicky kyslými hnojivami, zhutňovanie pôdy a zhoršovanie jej fyzikálnych vlastností častými prejazdami mechanizmov, čo súvisí aj so spotrebou pohonných hmôt, spaľovaním ktorých sa do ovzdušia uvoľňujú rôzne emisie.

4.11.5 Potenciál energetického využitia doposiaľ nevyužitej fytomasy

Nevyužitá fytomasa z ornej pôdy ako aj trvalých trávnych porastov môže slúžiť na energetické účely. Patrí medzi obnoviteľné zdroje energie (Prochnow et al., 2009). Vo svetovom meradle je **biomasa najdôležitejší obnoviteľný zdroj energie**. Poskytuje viac energie ako je získanej využívaním vodnej či jadrovej energie. Biomasa je hlavným zdrojom energie najmä v najchudobnejších a rozvojových krajinách sveta (Lysen et al., 2008). **Najväčšie využitie v energetike ponúka reziduálna biomasa** ako alternatíva k fosílnym palivám. Jej využitie v energetike môže prispieť k zmierneniu klimatickej zmeny a k zvýšeniu energetickej bezpečnosti (Cherubini, Ulgiati, 2010). Biomasa je pokladaná za **uhlíkovo neutrálnu**, čo znamená, že množstvo CO_2 uvoľneného pri spaľovaní sa rovná množstvu CO_2, ktoré absorbujú rastliny počas rastu a dozrievania. Mnohí autori (Börjesson, Gustavsson,

2000, Rabl et al., 2007; Johnson, 2008) však poukazujú na negatívne ovplyvnenie uhlíkovej bilancie množstvom energie a teda spotrebovaného uhlíka a emitovaného CO_2 do ovzdušia pri ťažbe, doprave a spracovaní biomasy pred tým než sa energeticky zhodnotí. Aj tu analýza materiálových tokov, a aj ešte detailnejšia analýza životného cyklu, môžu poslúžiť ako vhodný nástroj objektívneho posúdenia energetického využitia biomasy (Thornley et al., 2015).

Predpokladali sme, že v intenzívnej rastlinnej výrobe predstavuje prepočítaná nevyužitá fytomasa skutočne prebytkovú surovinu a vstupy, potrebné na zachovanie úrodnosti a kvality pôdy, sú pokryté v kategórii z využitých pozberových a koreňových zvyškov. Pozberové a koreňové zvyšky hrajú totiž veľmi významnú úlohu pri zlepšovaní a udržiavaní pôdnych vlastností, prispievajú k zásobám organického uhlíka v pôde, množstvu živín v pôde či k zlepšeniu vododržnej kapacity pôdy (Nelson, 2003). Ak by aspekt potreby spätných vstupov do pôdy z pozberových zvyškov nebol obsiahnutý vo využitých pozberových zvyškoch, bolo by nutné kategóriu nevyužitých pozberových zvyškov znížiť o potrebné množstvo spätných vstupov a až tak kalkulovať jeho energetický potenciál.

Pri stanovení energetického potenciálu doposiaľ nevyužitej fytomasy sme brali do úvahy priemerné spalné teplo pozberových zvyškov z ornej pôdy 14 $MJ.kg^{-1}$. Takto by **nevyužité pozberové zvyšky, zistené na národnej úrovni** v roku 2006, mohli **poskytnúť takmer 30 PJ tepla**. Toto množstvo by mohlo pokryť zhruba 10 - 30% z celkovej energie spotrebovanej ročne sektorom poľnohospodárstva.

Rovnako nevyužívaná **biomasa z trávnych porastov** s nízkou produkčnou hodnotou má perspektívu energetického využitia. Z prepočtov vyplýva, že takáto biomasa **by mohla poskytnúť na Slovensku vyše 11 PJ tepla**.

Na lokálnej úrovni, na modelových územiach, sme vychádzali z predpokladu, že bioplynová stanica s inštalovaným výkonom 4 MW potrebuje zhruba 1,2 kt vstupnej suroviny za rok. Na základe kvantifikácie nevyužitej poľnohospodárskej fytomasy môžeme predpokladať, že **v k.ú. Kráľov Brod a Očová Dúbravy by bolo dostatok takejto fytomasy na prevádzku bioplynovej stanice** a poskytovanie tepla pre komunálnu sféru alebo poľnohospodárske budovy. V roku 2013 bola v Kráľovom Brode spustená do prevádzky bioplynová stanica, využívajúca ako vstupnú surovinu okrem močovky a maštaľného hnoja kukuričnú siláž. Vyrobený bioplyn sa používa na kombinovanú výrobu tepla a elektriny v kogeneračných jednotkách s celkovým inštalovaným výkonom 905 kW. Vyrobené teplo sa používa pri vyhrievaní maštalí pre kurčatá a tiež na vyhrievanie dielní.

5 Záver

Neuvážené využívanie prírodných zdrojov sa odráža v ich úbytku ako aj kvalite ekosystémov. Z toho vyplýva naliehavá potreba rešpektovať integrovaný prístup v ich riadení a kontrole. Práve metóda materiálových tokov poskytuje východisko správneho rozhodovania a manažérskych postupov, vedúcich k efektívnemu využívaniu prírodných zdrojov na národnej či lokálnej úrovni s minimalizáciou negatívnych dôsledkov na životnom prostredí.

Analýza materiálových tokov môže byť aplikovaná pre neobnoviteľné aj obnoviteľné prírodné zdroje. Biomasa patrí so svojim viac ako štvrtinovým podielom na celkovo vyťažených domácich surovinách k významným prírodným zdrojom pre hospodárstvo Slovenska. Agroekosystémy a lesné ekosystémy Slovenska jej ročne vyprodukujú viac ako 40 mil. ton. Podrobná kvantifikácia kategórií biomasy, zostavenie indikátorov a účtov materiálových tokov pomáha pri špecifikácii všetkých týchto kategórií, odkrývaní rezerv v ďalšom ekonomickom využívaní či negatívnych dôsledkov využívania na životnom prostredí.

Využívanie takýchto metód a postupov pri rozhodovaní smeruje k racionálnemu a udržateľnému využívaniu prírodných zdrojov, tvoriacich základňu každej ekonomickej činnosti a prosperity štátu. Prispievajú k monitorovaniu pokroku pri udržateľnom získavaní a využívaní prírodných zdrojov v národnom hospodárstve ako aj na regionálnej či lokálnej úrovni. Aplikácia takýchto nástrojov by sa malo stať súčasťou každého rozhodovania, dotýkajúceho sa životného prostredia. Mali by pomôcť prechodu k zelenej politike a ekonomike so zabudovanými preventívnymi opatreniami, minimalizujúcimi negatívne dopady na životnom prostredí na maximálnu možnú mieru, s výrazným znížením environmentálnych rizík a ekologických škôd.

Literatúra

1. American Society of Agricultural Engineers. 2003. *Manure production and characteristics*. ASAE standards 2003.
2. Ayres, R. U., Simonis, L. (1994): *Industrial metabolism: Restructuring for sustainable development*. Tokyo: UNU Press.
3. Baccini, P., Brunner, P., H. (1991): *Metabolism of the anthroposphere*. New York, Tokio: Springer Verlag, Berlin.
4. Bai, Z.G., Dent, D.L., Olsson, L., Schaepman, M.E. 2008. *Global Assessment of Land degradation and Improvement*. *1. Identification by remote sensing*. Report 2008/01, Wageningen: ISRIC – World Soil Information.
5. Bajer, A., Kučer, A., Vranová, V. 2014. Geologie, Brno: Mendelova zemědelská a lesnícka univerzita v Brně, 103 s.
6. Barabas, D., Labunová, A. 2009. Vybrané kapitoly z biografie pre geografov. Košice: Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach, 80 s., ISBN 978-80-7097-761-3.
7. Barančíková, G., Fazekašová, D., Manko, P., Torma, S. 2009. Chémia životného prostredia. Prešovská univerzita v Prešove, 2009, 255 s., ISBN 978-80-555-0082-9.
8. Bartelmus, P. 2008. *Quantitative Eco-nomics. How sustainable are our economies?* Springer, 329 p., ISBN 978-1-4020-6966-6.
9. Bates, R.L. 1975. Introduction. In: Carr, D.D. (ed.) *Industrial Minerals and Rocks*. 6th edition. Littleton, Colorado, USA, pp. 3-7.literatur
10. Beneš, S. 1994. Obsahy a bilance prvků ve sférách životního prostředí. II. část. Praha. Ministerstvo zemědelství České republiky. 159 s.
11. BGS. 2014. European Mineral Statistics 2008 – 12. A product of the World Mineral Statistics database. 370 p. ISBN 978-0-85272-768-3.
12. Bielek, P., Šurina, B., Ilavská, B., Vilček, J., 1998. Naše pôdy poľnohospodárske. VÚPÚ, Bratislava
13. Blažková, M. 2002. Antropogenní geologické procesy v krajině. In: Rožnovský, J., Litschmann, T. (ed).: XIV. Česko-slovenská bioklimatologická konference, Lednice na Moravě, 2-4. Září 2002, ISBN 80-85813-99-8, s. 28-31.
14. Blum, W.E.H. 2013. Soil and land resources for agricultural production: General trends and future scenarios-A worldwide perspective. *International Soil and Water Conservation Research*, 1/3: 1-14.
15. Börjesson, P.,Gustavsson, L. 2000. Greenhouse gas balance in building construction: wood versus concrete from life-cycle and forest land-use perspectives. *Energy Policy*, 28:575-88.
16. Brestenský, V. et al. 2002. *Sprievodca chovateľa hospodárskych zvierat.* Výskumný ústav živočíšnej výroby Nitra, 231 s.
17. Bringezu, S., Bleischwitz, R. 2009. *Sustainable resource management. Global trends, visions and policies.* Sheffield: Greenleaf Publishing.
18. 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.
19. Brundtland, G.H. 1987. *Our Common Future*. United Nations World Commission on Environment and Development.
20. Brunner, P.H., Rechberger, H. 2004. Practical handbook of material flow analysis. Boca Raton, FL: CRC/Lewis, 2004, 318 p. ISBN 15-667-0604-1.
21. Cleveland, C.J., Kaufmann, R.K., Stern, D.I. 2000. Aggregation and the role of energy in the economy. *Ecological Economics*, 32/3: 301-317.

22. Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture (CA). 2007. *Water for Food, Water, fo Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. London: Earthscan, Colombo: International Water Management Institute.
23. Condie, K.C. 1997. *Plate tectonics and crustal evolution*. Boston: Butterworth-Heinemann, 282 p.
24. Crutzen, P.J. 2002. Geology of mankind. *Nature*, 415:23
25. Cunningham, WP. 1994. Environmental Encyclopedia. Detroit, Michigan: Gale Research Inc, 1994, 981 p., ISBN 0 8103 4986 8.
26. Činčura, J. et al. 1983. Encyklopédia Zeme. Bratislava: Obzor, 1983, 717 s.
27. Dasgupta, P., Heal, G. 1974. Optimal Depletion of Exhausible resources. *Rev. Econ. Studies*, Symposium, 1974, p. 3-28.
28. Deublein, D., Steinhauser, A. 2008. *Biogas from Waste and renewable resources*. Wiley-vch, Weinheim, 443 p., ISBN 978-3-527-31841-4.
29. Dott, H.R., Batte, R.L. 1988. *Evolution of the Earth*. 4th edition.New York, McGraw-Hill.
30. Dyar, M.D. et al. 2014. *The Essence of Mineralogy*. Chpater 1. Tasa Graphic Arts, 2014, 37 p.
31. EC. 2012. *Report from the Commission to the European Parliament and the Council on the Implementation of the Water framework Directive (2000/60/EC)*. River Basin Management Plans. COM(2012)670 final. 120 p.
32. EC. 2011. *Annual Growth Survey. Progress Report on Europe 2020*. Brussels: COM(2011)11-A1/2, 16 p.
33. EEA, 2015. *The European Environment – State and Outlook 2015*. Copenhagen: EEA.
34. EEA. 2010. *The European Environment - State and Outlook 2010*. Copenhagen: EEA.
35. EEA. 2009. *Water resources across Europe – confronting water scarcity and drought*. Copenhagen: EEA, 60 p. ISBN 978-92-9167-989-8.
36. EEA. 2006. *Sustainable use and management of natural resources*. Copenhagen: EEA.
37. Eliáš, P. 2010. Ekosystémové služby a kvalita života ľudí vo vidieckych oblastiach. *Životné prostredie*, 44/2: 88-91.
38. EUROSTAT. 2015a. *Land cover, land use and landscape*. EUROSTAT, 5p. [on-line] [cit. 2015-02-02] http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Land_cover,_land_use_and_landscape
39. EUROSTAT. 2015b. *Material flow account and resource productivity*. EUROSTAT. [on-line] [cit. 2015-02-02] http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Material_flow_accounts_and_resource_productivity#Domestic_material_consumption_.28DMC.29
40. EUROSTAT, 2011. *Eurostat regional yearbook 2011. Land cover and land use* 12. EUROSTAT, 11 p. [on-line] [cit. 2015-02-02] http://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/5728541/KS-HA-11-001-12-EN.PDF/88b77a74-2628-4ed7-bb9f-24244d6c78a1?version=1.0
41. EUROSTAT. 2009. *Economy-wide Material Flow Accounts: Compilation Guidelines for reporting to the 2009 Eurostat questionnaire.* Eurostat, 125 p.
42. EUROSTAT, 2001. Economy-wide material flow accounts and derived indicators. A methodological guide. EC, 2001. 85 p. ISBN 92-894-0459-0.
43. FAO. 2011. *Review of the state of world marine fishery resources*. Rome: FAO.
44. FAO. 2010. AQUASTAT. [on-line] [cit. 2015-02-02] http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm
45. FAO. 2009. FAOSTAT, Food balance sheets. [on-line] [cit. 2015-02-02] http://www.faostat.fao.org

46. Ferreira, O.C. 2009. Exeretic analysis of the agricultural production system. [on-line] [cit. 2015-02-02] http://www.ecen.com/eee12/omar.htm
47. Fezzi, C. *et al.* 2011. *Evaluating provisioning ecosystem service values: a scenario analysis for the United Kingdom.* UK NEA Economic Analysis Assessment.
48. Fiala, K. 2010. Below-ground plant biomass of grassland ecosystems and its variation according to ecological factors. *Ekológia* 29 (2): 182-206.
49. Fischer-Kowalski, M., Krausmann, F., Giljum, S., Lutter, S., Mayer, S., Bringezu, S., Moriguchi, Y., Schütz, H., Schandl, H., Weisz, H. 2011. Methodology and Indicators of Economy-wide Material Flow Accounting. State of the Art and reliability Across Source. *Journal of Industrial Ecology*, 0: 1-22.
50. Flörke, M., Kynast, E., Bärlund, I., Eisner, S., Wimmer, F., Alcamo, J. 2013. Domestic and industrial water uses of the past 60 years as a mirror of socio-economic development: A global simulation study. *Global Environmental Change*, 23: 144-156.
51. Fulajtár, E., Janský, L. 2001. *Vodná erózia pôdy a protierózna ochrana*. Bratislava: VÚPOP, 308 s.
52. Fultz, L.M., Moore-Kucera, J., Zobeck, T.M., Acosta-Martínez, V., Wester, D.B., Assen, V.G. 2013. Organic carbon dynamics and soil stability in five semiarid agro-ecosystem. *Agriculture, ecosystems and environment,* 181: 231-240.
53. Gáborčík, N., Tomaškin, J., Kizeková, M. 2005. Príspevok k štúdiu koreňového systému reznačky laločnatej (*Dactylis glomerata* L.). *Acta fytotechnica et zootechnica* 4: 90-94.
54. Giljum, S., Hinterberger, F., Bruckner, M., Burger, E., Frühman, J., Lutter, S., Pirgmaier, E., Polzin, C., Waxwender, H., Kernegger, L., Warhurst, M. 2009. *Overconsumption? Our use of the world's natural resources*. Wienna: Sustainable Europe Research Institute, GLOBAL 2000, Friends of the Earth Europe.
55. Giljum, S. 2006. Material flow-based indicators for evaluation of eco-efficiency and dematerialisation policies. In: Lawn, P.A. (Ed.): Sustainability indicators in ecological economics, Cheltenham, UK: Edward Elgar.
56. 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.
57. Gonda, Ľ., Abrham, Z., Andert, D. et al. 2010. *Poľnohospodárska biomasa – obnoviteľný prírodný zdroj*. Banská Bystrica: CVRV-VÚTPHP, SAŽP, 123 s. ISBN 978-80-89417-21-6.
58. Grafton, R.Q., Hussey, K. 2011. *Water resources planning and management*. Cambridge: Cambridge University Press.
59. Haff, P.K. 2014. The far future of soil. In: Churchman, G.J., Landa, E.R. (Eds.): *The soil underfoot*, CRC Press , Taylor and Francis Group, Boca Raton, London, New York, 421 p. ISBN 978-1-46665-7156-3.
60. Haff, P.K. 2012. Technology and human purpose: The problem of solids transport on the Earth´s surface. *Earth System Dynamics*, 3: 417-31.
61. Hall, D.O., Rao, K.K. 1999. *Photosynthesis*. 6th edition. Studies in Biology, Cambridge: University Press.
62. Hall, D.O., Rossilo-Calle, F. 1998. Biomass – Other than Wood. *World Energy Council 1998 Survey of Energy Resources*, 18th Edition, London, pp. 227-241.
63. Hallegatee, S., Heal, G., Fay, M., Treguer, D. 2011. *From Growth to Green Growth*. A Framework. Policy Research Working Paper, 5872, The World Bank, 2011, 40 pp.
64. Hill, M.J., Aspinall, R.J. 2000. *Spatial Information for Land Use Management*. Gordon and Breach Science Publishers. ISBN 90-5699-315-1.
65. Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M., Mekonnen, M.M. 2009. *Water footprint manual: State of the art 2009*. Netherland: Water Footprint Network.

66. Holmberg, J., Lundquist, U., Robert, K.H., Wackernagel, M.1999. The ecological footprint from a systems perspective of sustainability. *International Journal for Sustainable Development and World Ecology*, 6: 17 – 33.
67. Holmes, A. 1979. Principles of physical geology. London: Nelson.
68. Hovorka, D. 1990. Sopky: príčiny, produkty, dôsledky. Bratislava: VEDA vydavateľstvo SAV.
69. Hraško, J., Bedrna, Z. 1988. *Aplikované pôdoznalectvo*. Bratislava: Príroda, 1988, 474 s.
70. Huston, M.A., Wolverton, S. 2009. The global distribution of net primary production: resolving the paradox. *Ecol. Monogr*., 79: 343-77.
71. Cherubini, F., Ulgiati, S. 2010. Crop residues as raw materials for biorefinery systems – a LCA case study. *Applied Energy,* 87: 47-57.
72. Churchman, G.J., Landa, E.R. 2014. The soil underfoot, Boca Raton, London, New York: CRC Press, Taylor and Francis Group, 421 p. ISBN 978-1-46665-7156-3.
73. IPCC. 2003. *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*. Japan: Institute for Global Environmental Strategies.
74. IPPC FAR. 2007. *Climate Change 2007. The Physical Science Basis: Contribution of Working Group 1 to the Fourth Assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Geneva.
75. IUCN. 2011. *Priority for Action 2.4: Promote Green Growth and Value Ecosystem Services*. IUCN, 2011, 9 pp.
76. Ivan, P. 2008. Oceánska kôra – jej stavba, zloženie a petrogenéza. *Mineralia Slovaca*, 40: 73-88.
77. Ivanič, J et al. 1988. Výživa a hnojenie rastlín. Nitra: Vysoká škola poľnohospodárska v Nitre, 313 s.
78. Jendrišáková, S., Jančová, M., Kizeková, M. 2011. *Agri-environmental management of grassland habitats*. Banská Bystrica: CVRV-VÚTPHP.
79. Johnson, E. 2008. Goodbay to carbon neutral: Getting biomass footprints right. *Environmental Impact Assessment Review*, 29(3): 165-168.
80. Jones, A., Panagos, P., Barcelo, F. et al. 2012. *The state of Soil in Europe. A contribution of the JRC to the European Environment Agency´s Environment State and Outlook Report – SOER 2010.* EEA, 2012, 80 p. ISBN 978-92-79-22806-3.
81. Jölli, D., Giljum, S. 2005. *Unused biomass extraction in agriculture, forestry and fishery.* SERI Vienna, Austria, 40 p.
82. Jurčová, O., Torma, S. 2001. *Metodika kvantifikácie živinového potenciálu rastlinných zvyškov.* VÚPOP Bratislava, 36 s. ISBN 80-85361-89-2.
83. Kalivodová, E., Ružička, M., Janotková, D. 1977. Rozpracovanie niektorých základných ekologických termínov z oblasti životného prostredia. *Acta geobiologica*. Práce a materiály Ústavu experimentálnej biológie a ekológie SAV, vol. 6/14, 148 s.
84. Kanianska, R., Kizeková, M., Makovníková, J. 2015. Quantification of present and past biomass productivity as a support to effective biomass management. *Journal of Environmental Planning and Management*, Routledge Taylor & Francis Group, pp. 1-18, ISSN 1360-0559 (Online).
85. Kanianska, R., Kizeková, M., Nováček, M., Zeman, M. 2014. Land-use and land-cover changes in rural areas during different political systems: A case study of Slovakia from 1782 to 2006. *Land Use Policy*, Elsevier, 36 (2014), pp. 554-566, ISSN 0264-8377.
86. Kanianska, R. 2013a. Pôda a jej hodnotenie v kauzálnych súvislostiach. *Geografická revue.* Geografické a geoekologické štúdie. FPV UMB Banská Bystrica, 2013, s. 181-189, ISSN 1336-7072.

87. Kanianska, R. 2013b. *Environmentálne právo – Ochrana zložiek životného prostredia*. Belianum. Vydavateľstvo Univerzity Mateja Bela v Banskej Bystrici Fakulta prírodných vied. 2013, 100 s. ISBN 978-80-557-0587-3.
88. Kanianska, R. 2013c. *Zelený rast a zelená ekonomika. Zelené iniciatívy zamerané na dosiahnutie cieľov trvalo udržateľného rozvoja*. Analýza. Banská Bystrica, 2013, 59 s. [on-line] [cit. 2013-12-13] http://www.enviroportal.sk/uploads/files/Zeleny%20rast/ZREANALYZA.pdf
89. Kanianska, R., Kizeková, M. 2013. *Bioenergetika pre SOŠ pôdohospodárskeho zamerania*. ExpolPedagogika, 2013, 192 s. ISBN 978-80-8091-302-1.
90. Kanianska, R. 2012a. *Environmentálna pedológia a manažment ochrany pôdy*. Fakulta prírodných vied Univerzita Mateja Bela Banská Bystrica, 2012, 216 s., ISBN 987-80-557-0460-9.
91. Kanianska, R. 2012b. Potential and risks of Slovak agriculture in second generation biofuels crops production. *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Ministry of Education, Science, Youth and Sports of Ukraine and Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*, 4/75: 109-112. ISSN 1995-0519, 2072-8263.
92. Kanianska, R. 2011. Zelené iniciatívy a poľnohospodárstvo. *Životné prostredie*, 45/6: 324-325. ISSN 0044-4863.
93. Kanianska, R., Guštafíková, T., Kizeková, M., Kovanda, J. 2011. Use of material flow accounting for assessment of energy savings: a case of biomass in Slovakia and the Czech Republic. *Energy Policy*, Elsevier, 39 (2011), pp. 2824-2832. ISSN 0301-4215.
94. Kanianska, R. 2010a. *Metodika výpočtu množstva poľnohospodárskej biomasy*. Slovenská agentúra životného prostredia, 2010, 25 s., ISBN 978-80-89503-12-4.
95. Kanianska, R. 2010b: *Poľnohospodárstvo a jeho vplyv na životné prostredie v Slovenskej republike k roku 2009. Indikátorová sektorová správa.* SAŽP, 52s. [on-line] [cit. 2015-02-13] http://www.enviroportal.sk/uploads/spravy/polno-sektor-09.pdf
96. Kanianska, R., Kizeková, M., Nováček, J., Zeman, M. 2010a. Využitie historických a súčasných mapových podkladov pre stanovenie produkčného potenciálu biomasy. In: *Kartografické listy*, 18, Kartografická spoločnosť SR a Geografický ústav Slovenskej akadémie vied, Bratislava, 2010, s. 76 – 86, ISBN 978-80-89060-16-0, ISSN 1336-5274.
97. Kanianska, R., Kizeková, M., Makovníková, J. 2010b. Vývoj množstva biomasy hlavných skupín poľnohospodárskych plodín a účtovníctvo jej materiálových tokov na Slovensku. *Ekonomika poľnohospodárstva*, X/3: 51 – 59, ISSN 1335-6186.
98. Kanianska, R., Guštafíková, T. 2010. Material flow and life cycle analysis of agricultural biomass in Slovakia. *Proceedings of the 2nd International Conference on Chemical, Biological and Environmental Engineering 2010*, Cairo, Egypt, pp. 238- 241, ISBN 978-1-4244-8747-9.
99. Kanianska, R. 2009: *Pôda ako zložka životného prostredia v Slovenskej republike k roku 2008*. *Indikátorová správa.* SAŽP, 46s. [on-line] [cit. 2015-02-13] http://www.enviroportal.sk/uploads/spravy/poda-zlozky-09.pdf
100. Kanianska, R. 2007. Integrácia environmentálnej politiky a metóda jej hodnotenia. *Životné prostredie*, XLI/ 4, 2007, s. 203 – 205. ISSN 0044-4863.
101. Kanianska, R., Fabricius, A., Marcinátová, Ľ., Vall, J. 2007. Environmentálna efektivita vybratých ekonomických sektorov na Slovensku. *Životné prostredie*, 6: 325 – 329. ISSN 0044-4863.
102. Kapusta, P. 2011: *Biota ako zložka životného prostredia v Slovenskej republike k roku 2010*. Indikátorová správa. SAŽP, 62s. [on-line] [cit. 2015-02-13] http://www.enviroportal.sk/uploads/spravy/biota-zlozky-2011.pdf

103. Kesler, E.S. 2007. Mineral Supply and demand into the 21st Century. Proceedings for a Workshop on Deposit Modeling, Mineral Resource Assessment, and Their Role in Sustainable Development, pp. 55-62.
104. Knapp, A.K., Carrol, Ch.J.W., Fahey, T.J. 2014. Patterns and Controls of Terrestrial Primary Production in a Changing World. In: Monson, R.K. (Ed.): Ecology and the Environment. New York: Springer, 659 p. ISBN 978-1-4614-7500-2.
105. Kogel, J.E., Trivedi, N.C., Barker, J.M., Krukowski, S.T. 2006. *Industrial Minerals and Rocks*. 7th edition. Littleton, Colorado, USA, 1548 p.
106. Koreňová, Ľ. 2011: *Voda ako zložka životného prostredia v Slovenskej republike k roku 2010*. Indikátorová správa. SAŽP, 55s. [on-line] [cit. 2015-02-13] http://www.enviroportal.sk/uploads/spravy/voda-zlozky-2011.pdf
107. Kovanda, J., Hak, T. 2007. What are the polibilities for graphical presentation of decoupling? An example of economy-wide material flow indicators in the Czech republic. *Ecological Indicators*, 7/1: 123-132.
108. Körner, C. 2002. Grassland in a CO_2 – enriched world. *Grassland Science in Europe,* 7: 611-624.
109. Krausmann F., Gingrich S., Eisenmenger N., Erb KH., Haberl H., Fischer-Kowalski M. 2009. Growth in global materials use, GDP and population during the 20th century. *Ecological Economics,* 68: 2696–705.
110. Kročková, B. 2011: *Pôda ako zložka životného prostredia v Slovenskej republike k roku 2010*. Indikátorová správa. SAŽP, 45s. [on-line] [cit. 2015-02-13] http://www.enviroportal.sk/uploads/spravy/poda-zlozky-2011.pdf
111. Kukal, Z., Reichmann, R. 2000. *Horninové prostředí české republiky, jeho stav a ochrana*. Praha: ČGÚ, 1-189.
112. Lal, R. 2006. Soil and environmental implications of using crop residues as biofuel feedstock. *International Sugar Journal* 109 (1287): 161-67.
113. Landschoot, P. 2003. *Turfgrass Fertilization: A Basic Guide for Professional Turgrass Managers.* Pennsylvania State University,
114. Larson, E.A. 2005. *A review of LCA studies on liquid biofuels for the transport sector*. In: Scientific and Technical Advisory Panel of the global Environment Facility workshop on Liquid Biofuels. India.
115. Le Goff, N., Ottorini, J. 2001. Root biomass and biomass increment in a beech (*Fagus sylvatica* L.) stand in North-east France. *Ann. For. Sci,* 58: 1-13.
116. Lemke, R.L., Vanden Bygaart, A.J., Campbell, C.A., Lanfond, G.P., Grant, B. 2009. Crop residue removal and fertiliser N: effects on soil organic carbon in a long-term crop rotation experiment on a Udic Boroll. *Agric.ecosyst Environ* 135(1-2): 42-51.
117. Lichner, S., Klesnil, A., Halva, E. 1983. *Krmovinárstvo.* Bratislava: Príroda.
118. Lisický, M.J. 1993. Prečo biodiverzita? *Životné prostredie*, 27/4, s. 173.
119. Lorenc, M., Šimkovič, S., Teleki, A. 2010. Astronómia a kozmológia. Nitra: Univerzita Konštantína filozofa v Nitre, Fakulta prírodných vied, 223 s.
120. Ložek, V. 1973. *Příroda ve čtvrtohorách*. Praha: Academia.
121. Lysen, E., VanEgmond, S., Domburg, S., Faaij, A., Verweij, P., Langeveld, H., *et al.* 2008. *Biomass assessment – Assessment of global biomass potentials and their links to food, water, biodiversity, energy demand and economy.* Scientific assessment and policy analysis Bilthoven: MNP
122. Mankiw, N. G., Romer, D., Weil, D. N. 1992. A contribution to the empirics of economic growth. *Quarterly Journal of Economics*, 107, p. 407-437.
123. Matošková, D., Gálik, J. 2014. *Konkurencieschopnosť slovenských výrobkov rastlinného pôvodu.* NPPC – VÚEPP Bratislava, 217 s. ISBN 978-80-8058-598-3.

124. Matyášek, J., Suk, M. 2009. *Antropogeneze v geologii*. Masarykova univerzita, Pedagogická fakulta, Katedra biologie, Přírodovědecká fakulta, Ústav geologických věd, 2009, 181 s.
125. Mekonnen, M.M., Hoekstra, A.Y. 2010. *A global and high-resolution assessment of the green, blue and grey water footprint fo wheat.* Value of water reserach report series, No. 42, Delft: UNESCO-IHE Institue for Water Education, 94 p.
126. MILENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. 2005. *Ecosystem and Human Well-being. Policy Responses. Volume 3.* World Resources Institute, Washington D.C: Island Press, 2005, 628 p.
127. Ministry of Environment, Finland. 2006. *Going global on eco-efficiency – Finlands initiative for a new generation of environmental policy,* 2006, 21 p.
128. Moldan, B. 1993. *UN Conference on the environment and development. Documents and commentaries*. Prague: Management Press.
129. Moll, S., Watson, D. 2009. *Environmental pressures from European consumption and production: A study in integrated environmental and economic analysis*. Copenhagen, Denmark: European Topic Centre on Sustainable Consumption and Production.
130. MP SR. 2010. *Poľnohospodárske postupy smerujúce k ochrane životného prostredia a krajiny, Príloha č.1 Prepočítavacie koeficienty hovädzieho dobytka, ošípaných, oviec, kôz, koní a hydiny na veľkú dobytčiu jednotku.*
131. Murtinger, K., Beranovský, J. 2006. *Energia z biomasy.* ERA, 2006, 94 s.
132. MŽP SR. 2011. *Vodný plán Slovenska*. Slovenská agentúra životného prostredia, 2011, 140 s., ISBN 978-80-89503-16-2.
133. MŽP SR, SAŽP. 2014. *Správa o stave životného prostredia Slovenskej republiky v roku 2013*. 216 s., ISBN 978-80-88833-65-9.
134. MŽP SR, SAŽP. 2009. *Správa o stave životného prostredia Slovenskej republiky v roku 2008*. 308 s., ISBN 978-80-88833-53-6.
135. MŽP SR, SAŽP. 2007. *Správa o stave životného prostredia Slovenskej republiky v roku 2006.* 320 s., ISBN 80-88833-47-5.
136. Nelson, R.G. 2003. Resource assessment and removal analysis for corn stover and wheat straw in the eastern and Midwestern United States – rainfall and wind induced soil erosion methodology. *Biomass Bioenerg.,* 22: 349-63.
137. Neužil, M. 2011. Influence of underground mining on the environment. *Reporter of EIA*, VI/ 3: 5-9.
138. OECD. 2014. *Material resources, productivity and the environment*. Paris: OECD, 16 p.
139. OECD. 2011. *Towards Green Growth*. Paris: OECD, 144 pp. [on-line] [cit. 2013-11-20] http://www.oecd.org/greengrowth/48224539.pdf
140. OECD. 2010a. *Material resources, productivity and the environment. Key findings.* Paris: OECD, 14 p.
141. OECD. 2010b. *Biogas production.* Paris: OECD, 102 p.
142. OECD. 2009. *Managing water for all. An OECD perspective on pricing and financing. Key messages for policy makers*. Paris: OECD, 2009, 34 p. [on-line] [cit. 2015-02-02] http://www.oecd.org/env/resources/42350563.pdf
143. OECD. 2004. *OECD Environmental Data Compendium 2004.* Paris: OECD.
144. OECD. 2002. *Indicators to measure decoupling of environmental pressures from economic growth.* Paris: OECD.
145. Pack, H. 1994. Endogenous growth theory: Intellectual appeal and empirical shortcomings. *Journal of Economic Perspectives*, 8 (1), 1994, p. 55-72.
146. Pajtík, J., Konôpka, B., Marušák, R. 2013. "Above-ground net primary productivity in young stands of beech and spruce." *Forestry Journal* 59(3): 154-162.
147. Pastorek, Z. 2000. *Aktuální situace v oblasti výroby bioplynu v ČR*. BIOM.CZ

148. PBL. 2013. Trends in global CO_2 emissions: 2013 Report. 64 s. [on-line] [cit. 2015-02-13] http://edgar.jrc.ec.europa.eu/news_docs/pbl-2013-trends-in-global-co2-emissions-2013-report-1148.pdf
149. Pearce, F. 2006. *When the Rivers Run Dry. Water: the Defining Crisis of the Twenty-first Century*. Boston: Beacon Press.
150. Poláková, J., Berman, S., Naumann, S., Frelih-Larsen, A., von Toggenburg, J., Farmer, A. 2013. Sustainable management of natural resources with a focus on water and agriculture. Report prepared for the STA Panel of the European Parliament. IEEP, BIO IS, EI. 135 p.
151. Popp, J., Lakner, Z., Harangi-Rákos, M., Fári, M. 2014. The effect of bioenergy expansion: food, energy, and environment. *Renew. Sust. Energ. Rev.*, 32: 559-78.
152. Postel, S., Richter, B. 2003. *Rivers for Life: Managing Water for People and Nature*. Washington: Island Press.
153. Prochnow, A., Heiermann, M., Plöchl, M., Linke, B., Idler, C., Amon, T., Hobbs, P. 2009. Bioenergy from Permanent Grassland – A Review: 1. *Biogas. Bioresource Technology,* 100: 4931–4944.
154. Prokša, P. 2011: *Horninové prostredie ako zložka životného prostredia v Slovenskej republike k roku 2010*. Indikátorová správa. SAŽP, 56s. [on-line] [cit. 2015-02-13] http://www.enviroportal.sk/uploads/spravy/horniny-zlozky-2011.pdf
155. Rabl, A., Benoist A., Dron, D., Teuportier, B. Spadaro, J.V., Zoughaib, A. 2007. How to account for CO_2 emissions from biomass in an LCA. *Int. J. LCA*, 12(5): 281.
156. Rada Európy. 1992. *Odporúčanie Rady č. (92) 8 o ochrane pôdy*. 1992.
157. Ritschelová, I., Kabát, L., Machálek, P., Moldan, B., Steurer, A., Tošovská, E. 2000. *Environmentální a ekonomické účetnictví, Teoreticko-metodologická východiska a aplikace vybraných modulů v České republice.* č. 24, Praha: Centrum pro otázky životního prostředí UK, 206 p. ISBN 80-238-5318-X.
158. Ronov, A.B., Yaroshevsky, A.a. 1969. Chemical composition of the earth´s crust. In: Hart, P.J. (ed) *The earth´s crust and upper mantle, geophysical monogrph*, vol. 13. Washington DC: American Geophysical Uion, pp. 37-57.
159. Rosillo-Calle, F., De Groot, P., Hemstock, S.L., Woods, J. 2008. *The Biomass Assessment Handbook. Bioenergy for a Sustainable Environment.* Earthscan.
160. Roy, R.N., Finck, A., Blair, G.J., Tandon, H.L.S. 2006. *Plant nutrition for food security. A guide for integrated nutrient management*. Rome: FAO, 366 p.
161. Samuelson, P.A., Nordhaus, W.D. 1992. *Ekonómia II*. Bratislava: Bradlo, 1992, 550 s., ISBN 80-7127-031-8
162. Scowcroft, P.G., Friday, J.B., Idol, T. *et al.* 2007. Growth response of Acacia koa trees to thinning grass control, and phosphorus fertilization in a secondary forest in Hawai. *Forest Ecol Manage* 239: 69-80.
163. Sessa, R. et al. 2009. *Biomass. Assessment of the status of the development of the standards for the terrestrial essential climate variables*. Rome: FAO - Global Terrestrial Observing System. 30 p.
164. Seto, K.C., Fragkias, M., Güneralp, B., Reilly, M.K. 2011. A Meta-Analysis of Global Urban Land Expansion. PLOS: 1
165. Shiklomanov, I.A. 1990. Global Water Resources. *Nature and Resources*, 26/3: 34-43.
166. Shiklomanov, I.A. 1993. *World fresh water resources*. In: Gleick, P.H. (ed.). Water in Crisis: A Guide to the World fresh water resources. New York: Oxford University press.
167. SHMÚ. 2014a. *Vodohospodárska bilancia SR. Vodohospodárska bilancia množstva povrchových vôd za rok 2013*. Bratislava: SHMÚ.

168. SHMÚ. 2014b. *Vodohospodárska bilancia SR. Vodohospodárska bilancia množstva podzemných vôd za rok 2013*. Bratislava: SHMÚ.
169. SHMÚ. 2014. Správa o kvalite ovzdušia a podiele jednotlivých zdrojov na jeho znečisťovaní v Slovenskej republike. 2012. Bratislava: MŽP SR a SHMÚ, 73 s.
170. Schandl, H., West, J. 2010. Resource use and resource efficiency in the Asia-Pacific region. *Global Environmental Change*, 20: 636-647.
171. Schmidt-Bleek, F. 1994. *Wieviel Umwelt braucht der Mensch? MIPS – Das Mass für ökologisches Wirtschaften*. Berlin, Basel, Boston: Birkhäuser Verlag.
172. Schütz, H., Moll, S., Bringezu, S. 2004. *Globalisation and the shifting environmental burden. Material trade flows of the European Union*. Wuppertal: Wuppertal Papers 134.
173. Slaughter, R.A. 2011. Welcome to the anthropocene. *Futures*, 44, Issue 2, 119-126.
174. Solow, R. M. 1956. A contribution to the theory of economic growth. *Quarterly Journal of Economics*, 70, 1956, p. 65-94.
175. Spangenberg, J. H., Femia, A., Hinterberger, F., Schütz, H. 1999. *Material flow-based indicators in environmental reporting.* Copenhagen: European Environment Agency.
176. Sviček, M. 2009. Expertný systém identifikácie zanedbaných pôd prostredníctvom vlastníckych a užívateľských vzťahov. In: Zaušková, Ľ. (Ed.): Pustnutie krajiny – ochrana pôdy – krajinná ekológia, Banská Bystrica: ÚVV UMB v Banskej Bystrici.
177. Šantrůčková, H. 2001. *Ekologie půdy*. České Budejovice. Jihočeská univerzita v Českých Budejovicích, 29 s.
178. Šály, R. 1996. *Pedológia*. TU Zvolen, 177 s.
179. Šály, R. 1978. *Pôda základ lesnej produkcie*. Bratislava: Príroda, 235 s.
180. ŠGÚDŠ. 2011. Nerastné suroviny SR 2011. Spišská Nová Ves, Bratislava: ŠGÚDŠ, 155 s.
181. Škantárová, K. 2011: *Ovzdušie ako zložka životného prostredia v Slovenskej republike k roku 2010*. Indikátorová správa. SAŽP, 43s. [on-line] [cit. 2015-02-13] http://www.enviroportal.sk/uploads/spravy/ovzdusie-zlozky-2011.pdf
182. Tampier, M. 2004. Best uses of biomass: comparing lifecycle data and maximising GHG emission reduction from biomass. *Refocus*, 5: 22-5.
183. Tan, H.K. 2009. *Environmental Soil Science*. 3rd edition. CRC Press, Taylor & Francis Group. 557 p. ISBN 978-1-4200-7280-8.
184. Tatlidil, F.F., Bayramoglu, Z., Duygu, A. 2008. Animal manure as one of the main biogas production resources: case of Turkey. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8/12: 2 473-2 476.
185. Terek, J. 2013. *Vybrané kapitoly z hydrobiológie*. Zvolen: Technická Univerzita, 2013, 54 s.
186. Thornley, P., Gilbert, P., Shackley, S., Hammond, J. 2015. Maximising the greenhouse gas reduction from biomass: The role of life cycle assessment. *Biomass and Bioenergy*, 81: 35-43.
187. Tóth, G., Montanarella, L., Stolbovoy, V., Máté, F., Bódis, K., Jones, A., Panagos, P., Liedekerke, M. 2008. *Soils of the European Union*. EC JRC IES, Ispra, 100 p. ISBN 978-92-79-09530-6.
188. Tomaškin, J., Jančovič, J., Vozár, Ľ., Tomaškinová, J. 2013. The effect on mineral fertilization on belowground plant biomass of grassland ecosystems. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* LXI/5: 1431-1440.
189. Trenčiansky, M., Lieskovský, M., Oravec, M. 2007. *Energetické zhodnotenie biomasy*. NLC Zvolen, 147 s., ISBN 978-80-8093-050-9.
190. Turner II, B.L., Lambin, E.F., Reenberg, A. 2007. The emergence of Land Change Science for Global environmental Change and Sustainability. *PNAS*, 104 (52): 20 666-20 671.

191. Uihlein, A., Schebek, L. 2009. Environmental impacts of a lignocellulose feedstock biorefinery system: an assessment. *Biomass and bioenergy* 33: 793-802.
192. UN. 2012. *The Future We Want*. New York: United Nations, 2012, 49 p. [on-line] [cit. 2015-02-02] http://www.un.org/disabilities/documents/rio20_outcome_document_complete.pdf
193. UN. 2000. *Integrated Environmental and Eonomic Accounting. An Operational Manual. Handbook of National Accountin*g, New York: United Nations, 2000, 260 p. [on-line] [cit. 2015-02-02] http://unstats.un.org/unsd/publication/SeriesF/SeriesF_78E.pdf
194. UNCTAD. 2004. *A Manual for the Preparers and Users of Eco-efficiency Indicators*, 127 p.
195. UNEP. 2011. *Towards a Green Economy: Pathway to Sustainable Development and Poverty reduction. A synthesis for Policy Makers*. UNEP Nairobi. [on-line] [cit. 2013-11-20] http://www.unep.org/greeneconomy/portals/88/documents/ger/GER_synthesis_en.pdf
196. UNEP. 2007. *Global Environment Outlook (GEO-4): Environment for development*. Washigton, DC.
197. ÚGKKSR. 2014. *Štatistická ročenka o pôdnom fonde v SR podľa údajov katastra nehnuteľostí k 1. januáru 2015*. Bratislava: UGKKSR.
198. ÚGKKSR. 2013. *Štatistická ročenka o pôdnom fonde v SR podľa údajov katastra nehnuteľostí k 1. januáru 2014*. Bratislava: UGKKSR.
199. ÚGKKSR. 2011. *Štatistická ročenka o pôdnom fonde v SR podľa údajov katastra nehnuteľostí k 1. januáru 2012*. Bratislava: ÚGKKSR.
200. ÚGKKSR. 2007. *Štatistická ročenka o pôdnom fonde v SR podľa údajov katastra nehnuteľostí k 1. januáru 2008*. Bratislava: ÚGKKSR.
201. Van der Voet, E., van Oers, L., Nikolic, I. 2004. Dematerialization: Not just a matter of weight. *Journal of Industrial Ecology*, 8/4: 121-137.
202. Vilček, J. 2011. Potenciály a parametre kvality poľnohospodárskych pôd Slovenska. *Geografický časopis*, 63/2: 133-154.
203. Vitousek, P., M., Ehrlich, P., R., Ehrlich, A., H., and Matson, P., A. 1986. Human appropriation of products of photosynthesis. *Bioscience*, 36: 368-373.
204. WB. 2012. *Inclusive Green Growth: The pathway to Sustainable development*. World Bank, Washington, DC. 2012. [on-line] [cit. 2013-11-20] https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/6058
205. Weizsäcker, E.U., Hargroves, K., Smith, M.H., Desha, C., Stasinopoulos, P. 2009. *Factor five. Transforming the global economy through 80% improvements in resource productivity*. London: Earthscan.
206. Wellmer, F.W., Becker-Platen, J.D. 2007. Global Nonfuel Mineral resources and Sustainability. *Proceedings for a Workshop on Deposit Modeling, Mineral Resource Assessmetn, and Their Role in Sustainable Development*, pp. 1-16.
207. Williams, DR. 2013. *Earth Fact Sheet*. NASA Goddard Space Flight Center, 2013. [on-line] [cit. 2015-02-02] http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/earthfact.html
208. WRI. 2005. *Millennium ecosystem assessment. Ecosystems and human well-being: Synthesis*. Washington, D.C.: Island Press.
209. WRG. 2009. *Charting our water future. Economic frameworks to inform decision-making*. 2009. 185 p.
210. Yanai, J., Okada, T., Yamada, H. 2012. Elemental composition of agricultural soils in Japan in relation to soil type, land use and region. *Soil Science and Plant Nutrition*, 58: 1-10.

211. Yang, H., Wang, L., Abbaspour, K.C., Zehnder, J.B. 2006. Virtual water trade: an assessment of water efficiency use in the international food trade. *Hydrology and Earth System Sciences*, 10(3): 443-454.
212. Yanagi, T. 2011. Arc volcano of Japan. *Lecture Notes in Earth Sciences*, 136, Berlin: Springer-Verlag, 10 p.
213. Zacharda, F., Pepich, Š., Blahunková, E., Ascherová, P., Piszczalka, J., Vargová, H. 2008. *Využitie poľnohospodárskej biomasy na energetické účely*. TSÚP Rovinka, 54 s. ISBN 978-80-970075-8-4.
214. Zajac, Š. et al. 2002. Vízia vývoja Slovenskej republiky do roku 2020. Prognostický ústav Slovenskej akadémie vied. Bratislava, 2002, 177 s.
215. Zákon č. 364/2004 Z.z. o vodách (vodný zákon)

Zoznam tabuliek

Tabuľka 1 Hmotnosť zemských sfér (kg) (Williams, 2013; Cunningham et al., 1994)

Tabuľka 2 Relatívna hrúbka zemských sfér (m) (Haff, 2014)

Tabuľka 3 Chemické zloženie zemskej kôry (%) (Condie, 1997; Ronov, Yaroshevsky, 1969)

Tabuľka 4 Zastúpenie prvkov v zemskej kôre (%) (Dyar et al. 2014)

Tabuľka 5 Súčasné zloženie atmosféry (Barančíková et al., 2009)

Tabuľka 6 Zastúpenie zlúčenín v morskej vode (%) (Terek, 2013)

Tabuľka 7 Zastúpenie prvkov v rastlinných organizmoch ako percento suchej hmoty (%, ppm) (Landshoot, 2003)

Tabuľka 8 Zastúpenie prvkov (vyjadrené ako mediánová hodnota) v poľnohospodárskej pôde (príklad Japonsko) ($g.kg^{-1}$, $mg.kg^{-1}$) (Yanai et al., 2012)

Tabuľka 9 Rozdelenie vody podľa zdrojov (km^3, %) (Shiklomanov, 1993)

Tabuľka 10 Bilancia indikátorov materiálových tokov (EUROSTAT, 2001)

Tabuľka 11 Čistá primárna produkcia a množstvo biomasy (suchej hmoty) v rôznych biómoch sveta ($Mg.ha^{-1}$, $g.m^{-2}.r^{-1}$, $Pg.r^{-1}$) (Huston, Wolverton, 2009)

Tabuľka 12 Jednotlivé komponenty poľnohospodárskej a lesnej biomasy

Tabuľka 13 Hodnoty vybratých zberových koeficientov a koeficientu využiteľnosti pre hlavné poľnohospodárske plodiny (upravené podľa EUROSTAT, 2009)

Tabuľka 14 Prepočítavacie koeficienty - zberový koeficient a koeficient nevyužitej biomasy poľnohospodárskych plodín (upravené podľa Jölli, Giljum, 2005)

Tabuľka 15 Priemerné ročné množstvá suchej hmoty rastlinných zvyškov skúmaných poľných plodín a z nich odvodený koeficient koreňových zvyškov (upravené podľa Jurčová, Torma, 2001; Kanianska, 2010a)

Tabuľka 16 Ročná nadzemná a podzemná produkcia biomasy trávnych porastov v suchej hmote ($t.ha^{-1}.r^{-1}$) (upravené podľa Gáborčík et al., 2005, Jendrišáková et al., 2011; IPCC, 2003; Lichner et al., 1983; Tomaškin et al. 2013)

Tabuľka 17 Odhadované priemerné čisté ročné prírastky dreva na pni suchej hmoty prirodzených lesných porastov rastúcich v miernom klimatickom pásme ($t.ha^{-1}.r^{-1}$) (upravené podľa IPCC, 2003)

Tabuľka 18 Hodnoty koeficientu vyjadrujúceho pomer množstva podzemnej k nadzemnej biomase dreva na pni (upravené podľa IPCC, 2003)

Tabuľka 19 Odhadované množstvo nadzemnej biomasy predstavujúci produkciu vetiev a listov suchej hmoty prirodzených lesných porastov rastúcich v miernom klimatickom pásme (upravené podľa Pajtík et al., 2013)

Tabuľka 20 Denná produkcia exkrementov ($kg.deň^{-1}$) a prepočítavacie koeficienty pre výpočet veľkých dobytčích jednotiek (VDJ) (upravené podľa ASAE, 2003; Brestenský et al., 2002; Deublein - Steinhauser, 2008; MP SR, 2010; OECD, 2010b; Pastorek, 2000; Tatlidil et al., 2009; Zacharda et al., 2008)

Tabuľka 21 Prírodná a klimatická charakteristika modelových území

Zoznam obrázkov

Obrázok 1 Delenie prírodných zdrojov (UN, 2000)

Obrázok 2 Ťažba andezitu, Vígľaš Pstruša (Kanianska, 2015)

Obrázok 3 Ťažba dreva, Kyslinky (Kanianska, 2006)

Obrázok 4 Rieka Ipeľ (Kanianska, 2010)

Obrázok 5 Skrývka humusového horizontu černozeme pri výstavbe nákupného centra, Voderady (Kanianska, 2014)

Obrázok 6 DPSIR model pre horninové prostredie (upravené podľa Prokša, 2011)

Obrázok 7 DPSIR model pre ovzdušie (upravené podľa Škantárová, 2011)

Obrázok 8 DPSIR model pre vodu (upravené podľa Koreňová, 2011)

Obrázok 9 DPSIR model pre pôdu (upravené podľa Kanianska, 2009)

Obrázok 10 DPSIR model pre biotu (upravené podľa Kapusta, 2011)

Obrázok 11 Materiálové toky medzi životným prostredím a socioekonomickým systémom (upravené podľa EUROSTAT, 2001)

Obrázok 12 Rámec pre integrovanú štatistiku (Bartelmus, 2008)

Obrázok 13 Zjednodušená schéma materiálovej bilancie (vrátane vody a vzduchu) (EUROSTAT, 2001)

Obrázok 14 Vývoj domácej materiálovej spotreby (DMC) v EÚ-27 spolu a vo vybratých krajinách (mil. t) (upravené podľa EUROSTAT, 2015b)

Obrázok 15 Vývoj surovej materiálovej spotreby (RMC) v EÚ-27 podľa jednotlivých kategórií (mil. t) (upravené podľa EUROSTAT, 2015b)

Obrázok 16 Surová materiálová spotreba (RMC) v EÚ-27 v roku 2012 podľa jednotlivých kategórií (t/osobu) (upravené podľa EUROSTAT, 2015b)

Obrázok 17 Import, export a obchodná bilancia v EÚ-27 v roku 2012 (t/osobu) (upravené podľa EUROSTAT, 2015b)

Obrázok 18 Zjednodušený produkčný systém

Obrázok 19 Agroekosystém olemovaný lesným ekosystémom, Tajov (Kanianska, 2015)

Obrázok 20 Nevyužité pozberové zvyšky (Kanianska, 2012)

Obrázok 21 Spásaný pasienok, Tajov (Kanianska, 2015)

Obrázok 22 Koreňová biomasa lesných porastov, Lidečko, ČR (Kanianska, 2014)

Obrázok 23 Kráľov Brod (Kanianska, 2009)

Obrázok 24 Očová, Dúbravy (Kanianska, 2009)

Obrázok 25 Liptovská Teplička (Kanianska, 2009)

Obrázok 26 Krajinná pokrývka vyjadrená percentuálnym podielom jednotlivých kategórií v roku 2006 (%) (MŽP SR, SAŽP, 2009)

Obrázok 27 Druhy pozemkov v SR v roku 2006 (ha) (ÚGKKSR, 2007)

Obrázok 28 Percentuálne zastúpenie druhov pozemkov v SR v roku 2006 (%) (ÚGKKSR, 2007)

Obrázok 29 Vývoj druhov pozemkov na Slovensku (Index k roku 2000) (upravené podľa ÚGKKSR, 2014)

Obrázok 30 Medzinárodné porovnanie vo vývoji výmery poľnohospodárskej pôdy (Index k roku 1990) (upravené podľa OECD, 2004)

Obrázok 31 Vývoj druhov pozemkov v rámci poľnohospodárskej pôdy na Slovensku (Index k roku 2000) (upravené podľa ÚGKKSR, 2014)

Obrázok 32a Percentuálne zastúpenie druhov pozemkov v k. ú. Kráľov Brod v roku 2006 (%) (Kanianska et al., 2010a)

Obrázok 32b Percentuálne zastúpenie druhov pozemkov v k. ú. Kráľov Brod v roku 1782 (%) (Kanianska et al., 2010a)

Obrázok 33a Percentuálne zastúpenie druhov pozemkov v k. ú. Očová, Dúbravy v roku 2006 (%) (Kanianska et al., 2010a)

Obrázok 33b Percentuálne zastúpenie druhov pozemkov v k. ú. Očová, Dúbravy v roku 1782 (%) (Kanianska et al., 2010a)

Obrázok 34a Percentuálne zastúpenie druhov pozemkov v k. ú. Liptovská Teplička v roku 2006 (%) (Kanianska et al., 2010a)

Obrázok 34b Percentuálne zastúpenie druhov pozemkov v k. ú. Liptovská Teplička v roku 1782 (%) (Kanianska et al., 2010a)

Obrázok 35 Biomasa jednotlivých kategórií na ornej pôde Slovenska v roku 2006 (t)

Obrázok 36 Vývoj komponentov celkovej biomasy poľnohospodárskych plodín na Slovensku v rokoch 1990-2014 (t)

Obrázok 37a Vývoj komponentov biomasy obilnín na Slovensku v rokoch 1990-2014 (t)

Obrázok 37b Vývoj komponentov biomasy olejnín na Slovensku v rokoch 1990-2014 (t)

Obrázok 37c Vývoj komponentov biomasy okopanín na Slovensku v rokoch 1990-2014 (t)

Obrázok 37d Vývoj komponentov biomasy strukovín na Slovensku v rokoch 1990-2014 (t)

Obrázok 38 Nadzemná a podzemná biomasa trvalých trávnych porastov na Slovensku v roku 2006 (t)

Obrázok 39 Biomasa jednotlivých kategórií na lesných pozemkoch na Slovensku v roku 2006 (t)

Obrázok 40 Vývoj zoomasy hospodárskych zvierat podľa kategórií na Slovensku v rokoch 1990-2014 (t)

Obrázok 41 Vývoj množstva exkrementov hospodárskych zvierat podľa kategórií na Slovensku v rokoch 1990-2014 (t)

Obrázok 42 Domáca ťažba na Slovensku v roku 2006 (%)

Obrázok 43 Podiel jednotlivých kategórií biomasy na celkovej biomase vyprodukovanej na pôdach Slovenska v roku 2006 (%)

Obrázok 44a Biomasa jednotlivých kategórií v k.ú. Kráľov Brod v roku 2006 (t)

Obrázok 44b Biomasa jednotlivých kategórií v k.ú. Očová a Dúbravy v roku 2006 (t)

Obrázok 44c Biomasa jednotlivých kategórií v k.ú. Liptovská Teplička v roku 2006 (t)

Obrázok 45 Materiálové toky v poľnohospodárskom produkčnom systéme Slovenska v roku 2006 (t)

Obrázok 46 Environmentálna efektivita poľnohospodárstva na Slovensku

Zoznam vybratých skratiek a symbolov

BFS	British Geological Survey (Britská geologická štatistika)
BPP	Brutto Primary Production (Hrubá primárna produkcia)
CLC	Corine Land Cover (Corine krajinná pokrývka)
CS	Calcic Substances (Vápenaté hmoty)
DE	Domestic Extraction (Domáca ťažba)
DMC	Domestic Material Consumption (Domáca materiálová spotreba)
DMI	Domestic Material Inputs (Priame materiálové vstupy)
DMO	Direct Material Outputs (Priamy materiálový výstup)
DPH	Daň z pridanej hodnoty
DPO	Domestic Processed Output to nature (Výstupy z domácej výroby do životného prostredia)
DPSIR	D – Driving forces – hnacie sily, P – Pressure – tlak, S – State – stav, I – Impact – dôsledok, R – Response – odozva
DUP	Dissipative Use of Products (Rozptýlené látky)
EEA	European Environment Agency (Európska environmentálna agentúra)
EC	European Commission (Európska komisia)
EPI	Environmental Policy Integration (Integrácia environmentálnej politiky)
EÚ	Európska únia
EUROSTAT	Štatistický úrad Európskych spoločenstiev
E	Export
EF	Ecological Footpirnt (Ekologická stopa)
F	Fertilisers (Umelé hnojivá)
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations (Organizácia spojených národov pre potravinárstvo a poľnohospodárstvo)
HDP	Hrubý domáci produkt
I	Import
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Medzivládny panel pre klimatickú zmenu)
k.ú.	Katastrálne územie
LCA	Life Cycle Analysis (Analýza životného cyklu)
LP	Lesný pozemok
MŽP SR	Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky
NAS	Net Additions to Stock (Čistý prírastok zásob
NPP	Netto Primary Production (Čistá primárna produkcia)
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development (Organizácia pre hospodársku spoluprácu a rozvoj)
OM	Organic Manure (Organické hnojivo)
OP	Orná pôda
OSN	Organizácia spojených národov
OZE	Obnoviteľné zdroje energie
P	Pesticides (Pesticídy)
PH	Pridaná hodnota
PTB	Physical Trade Balance (Fyzická obchodná bilancia)
RMC	Raw Material Consumption (Surová materiálová spotreba)
RMI	Raw Material Inputs (Surové materiálové vstupy)
RR	Root residues (Koreňové zvyšky)

SAŽP	Slovenská agentúra životného prostredia
SEEA	System of Environmental-Economic Accounting (Systém environmentálneho a ekonomického účtovníctva)
SHMÚ	Slovenský hydrometeorologický ústav
SNA	System of National Accounts (Systém národných účtov)
ŠÚ SR	Štatistický úrad Slovenskej republiky
TB	Total Biomass (Celková biomasa)
TDO	Total Domestic Output to Nature (Celkový domáci výstup do životného prostredia)
TMB	Total Material Balance (Celková materiálová bilancia)
TMC	Total Material Consumption (Celková materiálová spotreba)
TMI	Total Material Input (Celkový materiálový vstup)
TMO	Total Material Output (Celkový materiálový výstup
TMR	Total Material Requirements (Celkové materiálové potreby)
TTP	Trvalé trávne porasty
UDE	Unused Domestic Extraction (Nevyužitá domáca ťažba)
UHR	Unused Harvest Residues (Nevyužité pozberové zvyšky)
UN	United Nations (Organizácia spojených národov)
UNCTAD	United Nations Conference on Trade and Development (Konferencia Spojených národov o obchode a rozvoji)
UNEP	United Nations Environment Programme (Program OSN pre životné prostredie)
ÚGKKSR	Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky
WB	World Bank (Svetová banka)
WRI	World Resource Institue (Svetový inštitút zdrojov)
WW	Wastewater (Odpadová voda)

Register

A
atmosféra 6, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 23, 30, 37, 54, 55
antroposféra 6, 11, 55

B
bilancia 25, 41, 42 – 44, 47, 51, 55, 85, 87, 93
biomasa 5, 6, 7, 11, 15, 18, 21, 22, 23, 32, 38, 39, 41, 44, 49 - 70, 74 - 94
biosféra 6, 10, 11, 12, 15, 41, 55

D
dusík 11, 14, 55

E
efektivita 7, 23, 35, 43, 48, 87, 88, 90, 91
ekonomika 5, 6, 7, 19, 24, 29, 34, 35 – 38, 41, 44 – 51, 53, 84 – 87, 92, 94
ekosystém 6, 7, 11, 22, 24, 26, 28, 30, 31, 36 – 38, 44, 48, 52, 53 – 57, 68, 81, 87 – 89, 91, 94
emisia 11, 30, 33, 36, 38 – 44, 46 – 48, 56, 83, 84, 86, 87, 91, 92
energia 5, 7, 18, 19, 21, 22, 29, 36, 39, 40, 41, 45, 46, 53 – 58, 73, 87, 91, 92, 93

F
fosfor 11, 54, 55
fosílny 5, 11, 18, 20, 41, 44, 49 – 51, 56, 90, 92
fytomasa 5, 6, 7, 21, 53, 54, 58, 75, 81, 83 – 93

H
horniny 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 23, 26, 29, 40, 42, 44, 45
hydrosféra 6, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 29, 55

I
indikátor 4, 6, 7, 28 – 33, 35, 38, 41, 43 – 49, 53, 59, 84, 86, 87, 88, 91, 94

K
kapitál 5, 6, 36, 37, 38, 42
krajinná pokrývka 70, 71, 73, 74

L
litosféra 6, 10, 11, 12, 14, 15, 29, 55

M
manažérske postupy 5, 6, 7, 34, 53, 90, 94
materiál 6, 7, 10, 12, 18 – 20, 34, 39, 51, 55, 68, 81, 91, 92
materiálový tok 5, 6, 7, 37, 40 – 49, 52, 53, 59, 83, 84, 88, 91, 93, 94
metabolizmus 39, 40, 41, 52, 53
minerálny 15, 16

N
neobnoviteľný prírodný zdroj 5, 19, 27, 45, 91

O
obnoviteľný prírodný zdroj 5, 19, 21, 36, 39, 45, 48, 52, 87, 89, 91, 92
odpad 36, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 47, 48, 56, 57, 83, 84, 86, 91
odpadová voda 31, 43, 44, 46, 56, 83, 84, 86
organický 10, 11, 15, 16, 17, 32, 36, 52, 53, 54, 55, 57, 85, 86, 90, 93
organizmy 10, 14, 15, 16, 22, 23, 41, 54, 55, 57
ovzdušie 6, 18, 29, 30, 33, 36, 38, 39, 43, 44, 90, 92

P
pedosféra 6, 10, 11, 12, 16, 29, 55
politika 6, 34, 35, 36, 38, 77, 87, 94
pôda 6, 16, 18, 26, 27, 31, 37, 38, 52, 56, 70, 71, 74, 79, 81, 83, 90
prírodný zdroj 5, 7, 11, 18, 19, 20, 21, 26 – 32, 34 – 39, 42, 44, 47, 48, 52, 83, 87, 91, 92, 94

R
rastlina 15, 16, 17, 21, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 62, 83, 84, 89, 90, 91, 92,93

S
sekvestrácia 7, 88, 89, 90
surovina 5, 6, 12, 19, 20, 21, 31, 36, 45, 46, 48, 49, 50, 51, 52, 87, 91, 93, 94

T
ťažba 6, 18, 19, 20 – 22, 29, 40, 44, 45, 81
trvalo udržateľný rozvoj 34, 35, 48

U
uhlík 7, 11, 32, 36, 38, 52, 55, 87, 88, 89, 90, 92, 93

Ú
účet 85, 86, 87
účtovníctvo 5, 6, 34, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 53

V
voda 6, 14, 15, 18, 19, 21, 23, 24, 25, 31, 37, 38, 39, 40, 42, 43, 55, 56, 83, 88, 89, 91, 92

Z
záťaž 5, 29, 32, 39, 40, 44, 45, 48, 52, 87, 89, 90, 91, 92
zelená ekonomika 87
zelený rast 5, 36
zemská kôra 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17
zemská sféra 6, 10, 11, 12, 14, 15, 18, 37
zvyšky 7, 58, 59, 60, 62, 75, 76, 81, 83 – 90, 93

Ž
životné prostredie 5, 6, 7, 28, 29 – 32, 34, 35, 37 – 42, 44 – 48, 52 – 55, 83, 84, 86, 87, 88, 90 – 94

Názov:	**Materiálové toky prírodných zdrojov s dôrazom na biomasu**
Autor:	Radoslava Kanianska
Náklad:	100 ks
Rozsah:	114 strán; 6,7 AH
Formát:	B5
Vydanie:	prvé, 2016
Vydal:	Belianum. Vydavateľstvo Univerzity Mateja Bela v Banskej Bystrici
Edícia:	Fakulta prírodných vied
Tlač:	EQUILIBRIA, s.r.o., Košice
Návrh obálky:	Stanislav Kaniansky
ISBN	978-80-557-1086-0

Žijeme v období antropozoika, keď sa antropogénne činnosti stali hybnou silou mnohých environmentálnych zmien na Zemi. Už v priebehu 20. storočia, so štvornásobným nárastom celosvetovej populácie, hospodárska produkcia vzrástla vyše dvadsať násobne a spotreba fosílnych palív štrnásť násobne. Kritériá kvality životného prostredia a reálnej vyčerpateľnosti zásob prírodných zdrojov sa stali determinantami hospodárskeho rastu. Z uvedeného je zrejmá nevyhnutnosť potreby vedomostnej základne týkajúcej sa špecifikácii, kvantifikácii a využívaniu prírodných zdrojov. Tá môže slúžiť pre ďalšie analýzy ako aj manažérske a politické opatrenia vedúce k efektívnemu využívaniu prírodných zdrojov a zelenému rastu. Cieľom tejto publikácie je predstavenie prírodných zdrojov, obnoviteľných aj neobnoviteľných, z pohľadu ich zásob a materiálových tokov vo svete, v Európe a na Slovensku. Pozornosť je venovaná analýze materiálových tokov a ich indikátorom s následnou aplikáciou v environmentálnom účtovníctve. Osobitná časť je venovaná biomase, obnoviteľnému prírodnému zdroju, jej materiálovým tokom, indikátorom a výkazníctvu na národnej úrovni ako aj na modelových územiach. Podrobná kvantifikácia rôznych kategórií poľnohospodárskej fytomasy vytvorila základňu pre vypracovanie indikátorov a účtov jej materiálových tokov, nachádzajúc využitie v ďalších environmentálnych analýzach a podkladoch pre efektívne manažérske postupy.

9 788055 710860

ISBN 978-80-557-1086-0