

Pomen biološkega znanja za splošno izobrazbo

Barbara Vilhar

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo, Večna pot 111, 1000 Ljubljana (e-pošta: barbara.vilhar@bf.uni-lj.si)

Izvleček

Ob velikem napredku biološke znanosti v zadnjih desetletjih postaja biološko znanje vse pomembnejše pri sprejemanju osebnih in družbenih odločitev (npr. v zvezi z genetskim inženiringom, varstvom narave in okolja ter trajnostnim razvojem). V Sloveniji svetovnim premikom na področju biologije ne sledimo dovolj hitro. V naši javnosti ima biologija kot znanost nizek ugled. Poročanje o bioloških vsebinah v medijih je pogosto strokovno neustrezno. Premalo pozornosti namenjamo nujnim spremembam v biološkem izobraževanju, saj na državni ravni nimamo ustreznega dolgoročnega načrta za uvajanje tovrstnih sprememb.

The importance of biology in general education

Abstract

Biological sciences have developed rapidly during the last decades. This progress is associated with an increasing importance of biological knowledge for personal and social decision-making (e.g. in relation to genetic engineering, nature conservation, environmental protection, sustainable development). Slovenia lags behind these world trends. A recent Eurobarometer survey in all EU countries showed that Slovenia is characterised by the lowest proportion of citizens rating biology as scientific. The reporting on biological topics in our media is frequently incorrect and misleading. New approaches to biological education should be gradually introduced to our schools. However, these essential changes are not supported by long-term planning and adequate financial support on the national level.

Napredek biološke znanosti

V preteklih nekaj desetletjih je biologija dosegla največji napredek med naravoslovnimi znanostmi. Biologija preučuje žive sisteme, ki so izjemno kompleksni in obsegajo več ravni organizacije. Še do nedavnega za preučevanje takšnih sistemov nismo imeli ustreznih orodij,

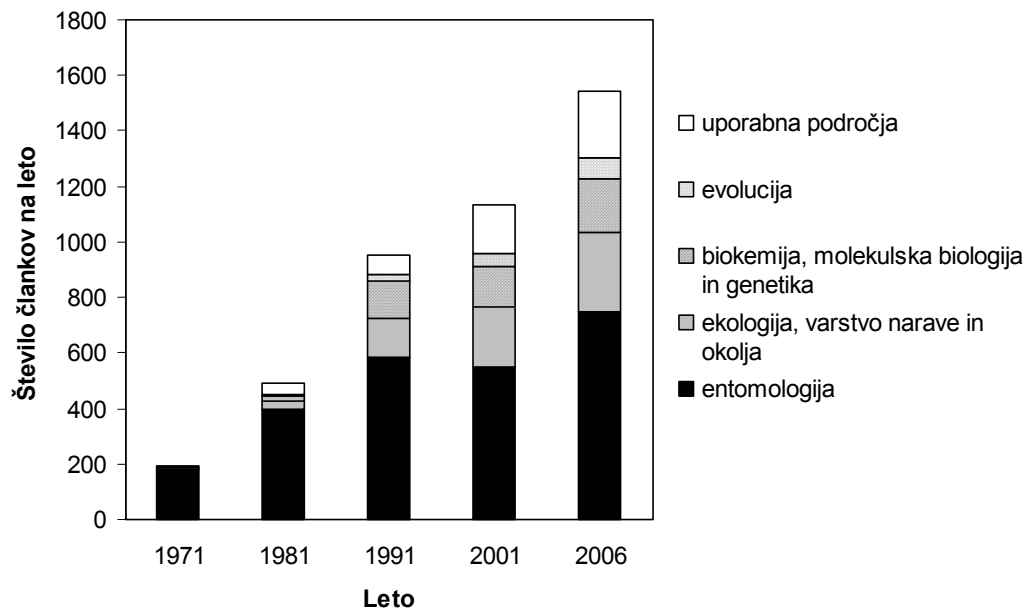
zato je bila biologija v veliki meri opisna (deskriptivna) znanost. Z razvojem novih tehnologij (digitalna revolucija, novi merilni instrumenti, sateliti, rekombinantna DNA) smo dobili možnost za nova spoznanja o delovanju kompleksnih živih sistemov, od molekulske ravni do ekosistemov. Biologija postaja vse bolj kvantitativna. Pojave merimo, podatke o različnih manifestacijah biotske pestrosti zbiramo v svetovnih bazah podatkov in analiziramo povezave med njimi (npr. zaporedja nukleotidov v človeškem in drugih genomih). Interakcije znotraj živih sistemov in med njimi opisujemo z računalniškimi modeli (npr. modeli celičnega metabolizma in delovanja ekosistemov). Biologi vse bolj sodelujejo s kemiki, fiziki, matematiki, geologi, meteorologi – biologija postaja interdisciplinarna veda.

Bistven napredek smo dosegli pri razumevanju povezav med zgradbo in delovanjem živih sistemov, od molekulske in celične ravni do ekosistemov. Z uporabo orodij molekulske biologije lahko na novo ovrednotimo evolucijske (filogenetske) povezave med vrstami. Med drugim imamo možnost za povsem nov pogled v svet mikroorganizmov, predvsem bakterij, kjer doslej v veliki meri nismo mogli razlikovati vrst med seboj. Dokaj dobro poznamo molekulske mehanizme dedovanja. Orodja molekulske biologije so omogočila tudi nova spoznanja o fiziologiji organizmov. Na drugi strani lestvice kompleksnosti in medsebojne povezanosti živih sistemov postaja vse bolj jasno, da celoten planet deluje kot enovit sistem s soodvisnimi elementi. V znanosti je vse bolj poudarjen celovit pristop k razlagi bioloških pojavov, ki ga označujemo z izrazi »celostna biologija«, »integrativna biologija« ali »sistemska biologija«.

V naši kulturi tradicionalno karikirano podobo biologa predstavlja človek, ki se sprehaja po naravi, lovi metulje in nabira rožice. Raziskovanje metuljev bomo zato uporabili kot primer za opis sprememb v biološki znanosti v zadnjih desetletjih. Odgovor na vprašanje, ali biologe res zanimajo metulji, lahko poiščemo v največji svetovni zbirki znanstvenih člankov Science Citation Index. Po podatkih te zbirke je bilo leta 2005 na področju biologije objavljenih 1,8-krat več člankov kot leta 1981, na ožjem področju raziskovanja metuljev pa kar 2,6-krat več. Torej znotraj biologije zanimanje za metulje narašča. Podrobnejša analiza pokaže, da se je v istem obdobju bistveno spremenila porazdelitev člankov o metuljih med različna področja biologije (slika 1). Najpočasneje narašča število člankov na področju entomologije (2-kratno povečanje števila člankov), najhitreje pa na področjih ekologije (vključno z varstvom narave in okolja), molekulske biologije (vključno z biokemijo in genetiko) in evolucije (10-kratno povečanje števila člankov na vsakem od treh področij). Močno se je povečalo tudi število

člankov z uporabnih področij biologije (oz. širše bioznanosti). Ti na primer opisujejo možnosti za kontrolo tistih vrst metuljev, ki jih v kmetijstvu označujemo kot škodljivce.

Za identifikacijo najbolj »vročih tem« na področju raziskovanja metuljev lahko uporabimo podatke o citiranosti tovrstnih člankov (tabela 1). Med najbolj citirane sodijo objave s področja molekulske biologije in ekologije.



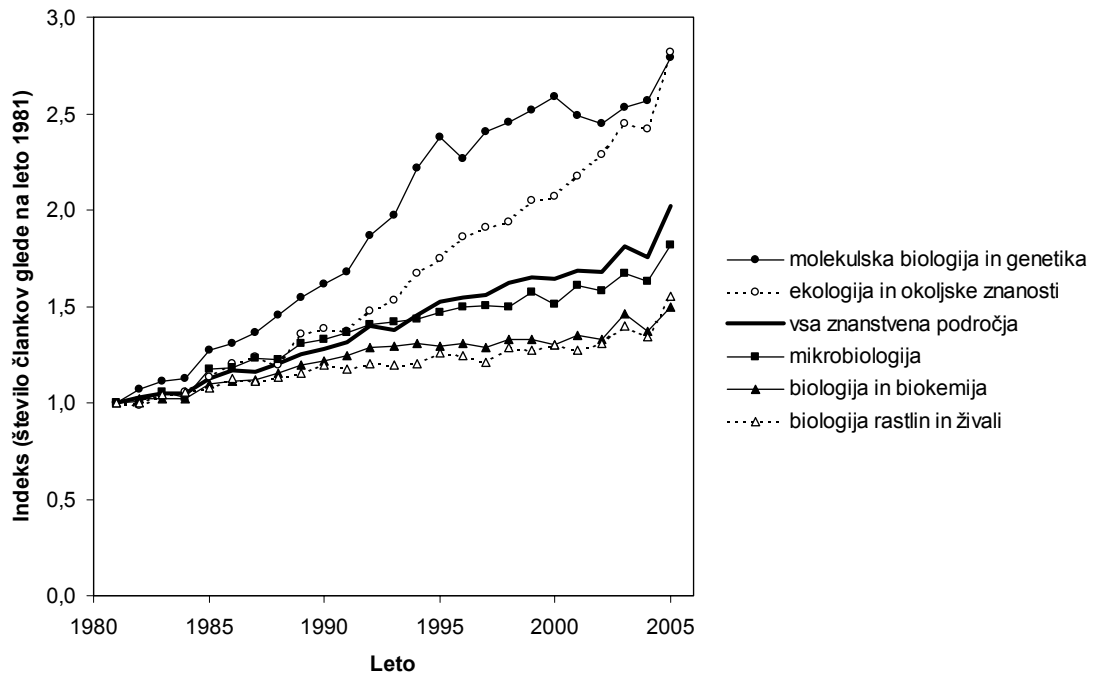
Slika 1. Spreminjanje števila znanstvenih člankov, ki obravnavajo metulje, v obdobju 1971 do 2006. Prikazano je število člankov za posamezna področja biologije. Vir podatkov: Science Citation Index.

Tabela 1. Petnajst člankov o metuljih, ki so bili objavljeni leta 2004 in so bili največkrat citirani do avgusta 2007. Vir podatkov: Science Citation Index (<http://portal.isiknowledge.com>).

	Naslov članka	Znanstvena revija	Število citatov
1	Ten species in one: DNA barcoding reveals cryptic species in the neotropical skipper butterfly <i>Astraptes fulgerator</i>	Proceedings of the National Academy of Sciences USA	122
2	A draft sequence for the genome of the domesticated silkworm (<i>Bombyx mori</i>)	Science	92
3	Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures	Journal of Biogeography	55
4	Successful herbivore attack due to metabolic diversion of a plant chemical defense	Proceedings of the National Academy of Sciences USA	32
5	Making eggs from nectar: the role of life history and dietary carbon turnover in butterfly reproductive resource allocation	Oikos	26
6	High similarity between flanking regions of different microsatellites detected within each of two species of Lepidoptera: <i>Parnassius apollo</i> and <i>Euphydryas aurinia</i>	Molecular Ecology	25
7	Habitat-specific movement parameters estimated using mark-recapture data and a diffusion model	Ecology	24
8	The retina of <i>Manduca sexta</i> : rhodopsin expression, the mosaic of green-, blue- and UV-sensitive photoreceptors, and regional specialization	Journal of Experimental Biology	23
9	Beyond species richness: Community similarity as a measure of cross-taxon congruence for coarse-filter conservation	Conservation Biology	22
10	Butterfly wing pattern evolution is associated with changes in a Notch/Distal-less temporal pattern formation process	Current Biology	21
11	Persistence of an extreme sex-ratio bias in a natural population	Proceedings of the National Academy of Sciences USA	21
12	Metapopulation viability analysis of the bog fritillary butterfly using RAMAS/GIS	Oikos	20
13	Effects on monarch butterfly larvae (Lepidoptera : Danaidae) after continuous exposure to Cry1Ab-expressing corn during anthesis	Environmental Entomology	19
14	Warmer winters drive butterfly range expansion by increasing survivorship	Ecology	19
15	Plasticity in butterfly egg size: Why larger offspring at lower temperatures?	Ecology	19

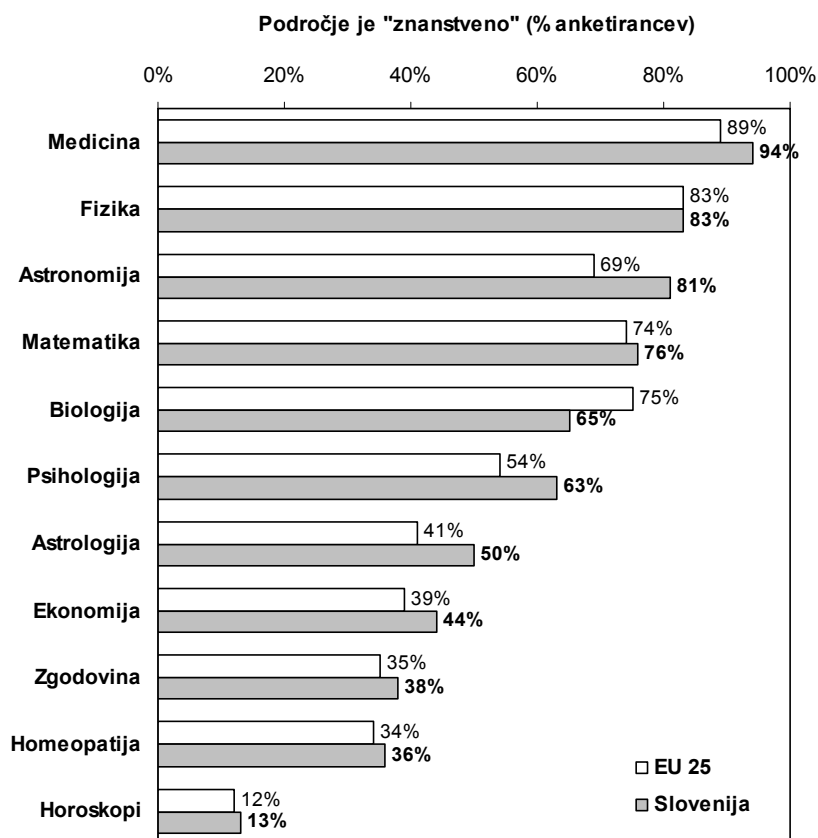
Do podobnih ugotovitev o hitrem razvoju določenih področij biologije, kot nam jih prikazujejo spremembe na področju raziskovanja metuljev, pridemo tudi z analizo števila vseh objavljenih znanstvenih člankov. V obdobju 1981–2005 se je število znanstvenih člankov na vseh področjih znanosti (vključno z družboslovjem in humanistiko) povečalo 2,0-krat. Pri tem pa je napredek na posameznih področjih biologije različen. Najhitreje narašča število člankov na področjih molekulske biologije in genetike ter ekologije in okoljskih

znanosti (2,8-krat več člankov). Manj kot dvakrat pa se je povečalo število člankov na področjih mikrobiologije, (splošne) biologije in biokemije ter biologije rastlin in živali.



Slika 2. Spreminjanje števila znanstvenih člankov na posameznih področjih biologije v obdobju 1981 do 2005. Prikazano je razmerje med številom člankov, objavljenih v posameznih letih, in številom člankov, objavljenih leta 1981 (indeks). Vsa znanstvena področja – število vseh znanstvenih člankov, poleg naravoslovnih znanosti vključena tudi družboslovje in humanistika. Vir podatkov: Science Indicators (Thomson; http://wos.izum.si/NSI/wsi_cgi/begin.cgi?type=Enter).

Ob tako velikih temeljnih premikih v biološki znanosti je zanimivo vprašanje, ali se javnost zaveda teh sprememb. Leta 2005 je bilo v posebno raziskavo Evrobarometra o znanosti in tehnologiji vključeno tudi vprašanje o tem, kako »znanstvena« se ljudem zdijo posamezna področja (Eurobarometer, 2005). Slovenci so vsem področjem, ki jih je anketa navajala, prisodili bodisi večjo bodisi enako stopnjo »znanstvenosti« kot vsi državljani Evropske unije (slika 3). Pri tem je bila edina izjema biologija, ki jo je kot »znanstveno« ocenilo 75 % Evropejcev in samo 65 % Slovencev. Slovenija se je po deležu anketirancev, ki so biologijo označili za »znanstveno«, uvrstila na zadnje, 27. mesto med sedanjimi članicami EU (vključno z Bolgarijo in Romunijo). Pri drugih področjih se je Slovenija uvrstila med 4. in 17. mesto. Ti podatki kažejo, da v Sloveniji biologija kot »znanstveno« področje uživa nenavadno nizek ugled.



Slika 3. Mnenje Evropejcev in Slovencev o »znanstvenosti« posameznih področij. EU 25 – povprečje 25 držav Evropske unije. Anketiranci so »znanstvenost« navedenih področij ocenili na lestvici od 1 (povsem neznanstveno) do 5 (zelo znanstveno). Kot mnenje, da je področje »znanstveno«, je na grafu prikazan seštevek pogostosti odgovorov 4 in 5. Vir podatkov: Eurobarometer (2005).

Pomen biološkega znanja

Napredek temeljnih znanstvenih spoznanj s področja biologije ni vodil samo v nadgradnjo razlag o delovanju živega sveta, ampak je biologija bistveno posegla tudi v naše osebno in družbeno življenje. V prihodnosti lahko pričakujemo še večji pomen splošne biološke izobrazbe za sprejemanje informiranih osebnih in družbenih odločitev. Pomislimo samo na biotehnologijo, gensko spremenjene organizme, kloniranje, gensko terapijo, genetsko diagnostiko, uporabo zaporedij DNA v forenziki, razmnoževanje človeka z biomedicinsko pomočjo, varstvo narave in okolja, vnos tujerodnih organizmov v okolje, trgovanje z ogroženimi vrstami, vpliv na naravo ob človekovem poseganju v okolje, ozonsko luknjo, globalne podnebne spremembe. Večine od navedenih problemov pred nekaj desetletji sploh še

ni bilo ali pa se jih nismo zavedali. Vsi navedeni primeri so povezani z etičnimi vprašanji, pogosto pa tudi z dajanjem prednosti bodisi trajnostnemu sonaravnemu razvoju bodisi gospodarski rasti ne glede na kratkoročne in dolgoročne škodljive učinke. Posledice napak pri oceni biološkega tveganja pri različnih človekovih dejavnostih lahko usodno vplivajo na življenje posameznika, lokalne skupnosti in človekove družbe na nacionalni in celo globalni ravni. Nekateri od naštetih problemov so že privedli do sprejema mednarodnih konvencij, vsi pa zahtevajo vsaj ustrezno obravnavo na ravni nacionalne zakonodaje.

Zaradi vse večjega družbenega pomena biologije se povečuje število objav z biološko vsebino v medijih. Vendar pa je kakovost in verodostojnost teh objav v slovenskem prostoru pogosto izjemno nizka. Dober primer nekakovostnega poročanja predstavljajo novičke o znanstvenih odkritjih na področju »zdravega življenja«, ki so trenutno zelo popularne v različnih občilih z različnim ciljnimi občinstvom. Že površna analiza tovrstnih novic pokaže, da so navedbe v njih pogosto nepravilne ali celo povsem obratne od trditev v izvornih virih (npr. v znanstvenih člankih). Predvsem zaradi nekorektnega in nestrokovnega prevajanja v slovenščino mnoge novice o zdravem življenju v naših občilih vsebujejo napačne trditve, med katerimi najdemo tudi zdravju škodljive in celo smrtno nevarne informacije.

Primer tovrstnega nekorektnega poročanja je novica, ki je po svetovnih občilih krožila konec oktobra 2006 in jo je v slovenski prostor lansirala Slovenska tiskovna agencija (STA), po kateri povzemajo novice mnogi drugi slovenski mediji. V slovenskem prevodu je novica prisojala zdravilnost soku volčje češnje. Volčja češnja (*Atropa belladonna*) sodi med naše najbolj strupene rastline; za otroka je lahko smrtno zaužitje dveh plodov. Novica se je v resnici nanašala na znanstveni članek, ki je opisoval novo metodo za pridobivanje soka in olja iz plodov navadnega rakitovca (*Hippophaë rhamnoides*) in ne volčje češnje. Takoj ko sem bila obveščena o objavi napačne novice, sem ustno in pisno obvestila STA, da je volčja češnja izjemno strupena. STA je objavila popravek, v katerem pa je zgolj navedla, da gre za navadni rakitovec in ne za volčjo češnjo; do napake pri navedbi rastlinske vrste je prišlo pri prevajanju. Strupenost volčje češnje v popravku sploh ni bila omenjena. Kljub temu da sem ponovno opozorila uredništvo STA, da je novica o volčji češnji smrtno nevarna, STA svojih odjemalcev o tem ni obvestila. O tem, da ima objava takšne novice lahko hude posledice, priča dejstvo, da je po mojem obvestilu Ministrstvo za zdravje na svojih spletnih straneh objavilo opozorilo o strupenosti volčje češnje, Center za zastrupitve pa je o objavi nevarne novice obvestil zdravnike po Sloveniji. Novica o zdravilnih učinkih soka volčje češnje je bila v naslednjih dneh objavljena v različnih slovenskih občilih, pri čemer so v nekaterih primerih

novinarji že tako napačni novice dodajali nove napačne informacije ali pri kraššanju novice delali dodatne strokovne napake.

Poleg strokovno neustreznega poročanja o znanstvenih odkritjih je prek občil slovenska javnost izpostavljena tudi drugim informacijam z biološko vsebino, ki so pogosto nekorektne. Naj omenim poplavo kvaziznanstvenih navedb v različnih reklamah, v katerih gre mnogokrat za zavajanje potrošnika s trditvami, ki nimajo trdne znanstvene osnove. Ravno tako je slovenska javnost deležna mnogih strokovno neustreznih prevodov poljudnoznanstvenih oddaj (predvsem na tujih TV-kanalih), zaradi katerih se sicer kakovostna oddaja spremeni v nerazumljivo in zavajajoče skrpucalo.

Ugotovimo lahko, da poročanje o bioloških vsebinah v slovenskih medijih ni na zadovoljivo visoki strokovni ravni. Primer volčja češnja kaže tudi na etično nekorekten odnos novinarjev do javnosti. Na državni ravni nimamo ustrezno strogih mehanizmov za zaščito javnosti pred napačnimi in zavajajočimi informacijami. V takšnih okoliščinah je edina obramba laičnega poslušalca, gledalca oz. bralca pred nekorektnimi informacijami njegova biološka splošna izobrazba, ki vključuje tudi znanstven način razmišljanja (kritičen odnos do informacij, zaključki na osnovi preverjenih podatkov in konsistentnih argumentov).

Spremembe v biološkem izobraževanju

Poučevanje biologije na vseh stopnjah izobraževanja doživlja velike spremembe po vsem svetu. Glavna razloga za spremembe sta napredek sodobne biološke znanosti in vse večji družbeni pomen biologije. V različnih državah imajo pri uvajanju novosti precej težav, povsod pa poudarjajo, da je temeljita prenova poučevanja biologije dolgoročen proces. Prenova mora zajeti posodobitev učnih načrtov in učbenikov, predvsem pa zahteva obsežno strokovno izobraževanje aktivnih učiteljev in spremembe pri izobraževanju novih učiteljev.

Tako je pri poučevanju nujen premik od deskriptivnosti oz. faktografskega učenja proti razumevanju bioloških konceptov in povezav med njimi (tabela 2). Vendar pa ta premik, ki temelji na spremembi učiteljevega razmišljanja, ni preprost. Po drugi strani zagotavljanje ustrezne splošne izobrazbe od učitelja zahteva, da v pouk vključuje družbeno aktualne biološke teme. Nekatera nova odkritja biološke znanosti postanejo kmalu tema družbenih razprav (npr. genski inženiring, kloniranje), zato mora pouk biologije zelo tesno slediti znanstvenim spoznanjem. To za učitelje lahko predstavlja težavo, saj se mnogi aktivni učitelji v času svojega izobraževanja s temi temami sploh niso seznanili. Poseben izziv predstavlja

privzgoja znanstvenega načina razmišljanja, ki mora temeljiti tudi na učenčevih praktičnih izkušnjah, in razvijanje sposobnosti za komuniciranje.

Tabela 2. Priporočila za spremembe poudarkov pri sodobnem poučevanju biologije in drugih naravoslovnih predmetov. Prirejeno po National Research Council (1996).

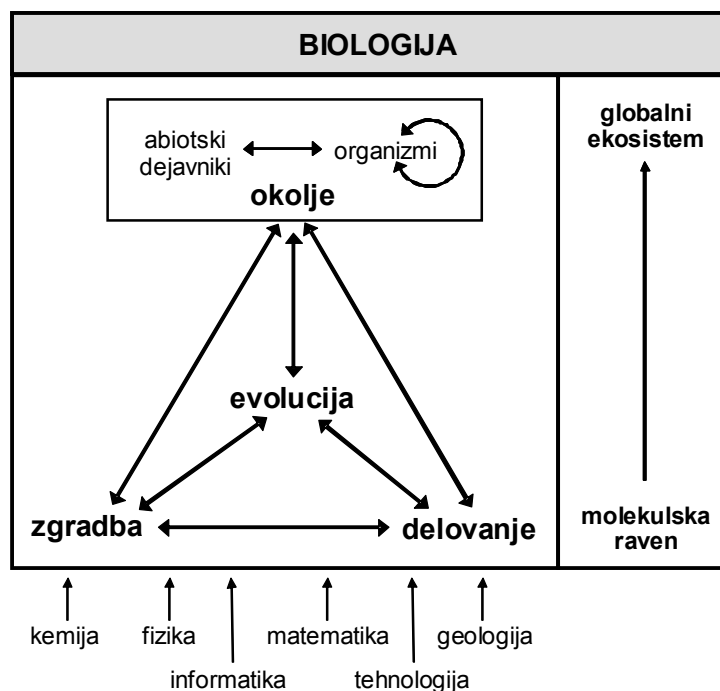
Manj poudarka	Več poudarka
poznavanje znanstvenih dejstev	razumevanje znanstvenih konceptov in razvijanje raziskovalnih sposobnosti
učenje naravoslovnih vsebin zaradi njih samih	učenje naravoslovnih vsebin v povezavi z raziskovanjem, tehnologijo, uporabo znanosti v osebni in družbeni perspektivi, zgodovino znanosti in razumevanjem, kako znanost kot družbeni proces deluje
vklučitev mnogih vsebin in tem	poglobljeno spoznavanje nekaterih temeljnih znanstvenih konceptov
zaključek raziskovanja z rezultatom poskusa	uporaba rezultata poskusa za znanstveno argumentiranje in razlago pojavov, razumevanje pomena dokaza za razlago pojava, usposabljanje za argumentirano komuniciranje

Kot primer države, ki se je temeljito lotila prenove naravoslovnega izobraževanja, si oglejmo ZDA. Tam se s posodabljanjem pouka v osnovni in srednji šoli ukvarjajo že več kot dvajset let. Najprej so predstavili glavne naravoslovne koncepte, ki naj bi jih učenci razumeli ob koncu srednje šole (Rutherford in Ahlgren, 1989). Te so nato razčlenili in razporedili po posameznih stopnjah izobraževanja (triletjih), tako da učenci razumevanje konceptov postopno nadgrajujejo (Association for the Advancement of Science, 1993). Leta 1996 so izdali zvezne standarde za pouk naravoslovja, ki poleg vsebinskih konceptov obravnavajo tudi način poučevanja in ocenjevanja ter izobraževanje učiteljev (National Research Council, 1996). Na temelju zveznih standardov so v nekaj letih posamezne zvezne države izdale svoje učne načrte, pri čemer so se lahko oprle na priročnik za pripravo učnih načrtov (American Association for the Advancement of Science, 2001a). Na zvezni ravni so pripravili tudi atlas naravoslovnega znanja, ki vsebuje zemljevide konceptov – kot pomoč učiteljem so prikazani koncepti, povezave med njimi in njihovo nadgrajevanje po posameznih stopnjah izobraževanja (American Association for the Advancement of Science 2001b, 2007). V zadnjih letih opozarjajo tudi na nujnost korenitih sprememb na ravni univerzitetnega študija (National Research Council, 2003; Stokstad, 2002; Bialek in Botstein, 2004; Wingreen in

Botstein, 2006). Pri tem velja omeniti, da so v vseh fazah prenove sodelovali ugledni znanstveniki s področja naravoslovja.

V skladu s svetovnimi premiki moramo biološko izobraževanje posodobiti tudi v Sloveniji. Vsakemu državljanu moramo namreč zagotoviti takšno osnovno biološko izobrazbo, ki mu bo omogočala sprejemanje informiranih osebnih in družbenih odločitev s področja biologije (npr. referendum, odločitve o postopkih zdravljenja, skrb za varstvo narave in okolja). Ob tem je pomembna tudi skrb za ustrezno izobrazbo gimnazijskih maturantov. Nekateri med njimi se bodo odločili za kariero v naravoslovju (tudi zunaj biologije), drugi pa na družboslovnih področjih, kjer bodo imeli velik vpliv na nadaljnji razvoj naše družbe (npr. ekonomija, politika). Program biologije za gimnazije mora zagotoviti splošno razgledanost na področju sodobnih bioloških dognanj, ki bo maturantu omogočala nadgradnjo pridobljenega znanja z novimi znanstvenimi spoznanji, ki jih sedaj še ne moremo predvideti.

Na državni ravni sicer deklarativno podpiramo razvoj naravoslovja in s tem povezan večji pomen naravoslovnih vsebin v izobraževanju. Tako lahko na primer v Resoluciji o Nacionalnem raziskovalnem in razvojnem programu za obdobje 2006–2010 (Uradni list RS, 2006) preberemo, da bo Slovenija med drugim zagotovila »dvig ravni izobraževanja, še posebej povečanje kvalitete in količine naravoslovno-tehničnega znanja na vseh izobraževalnih stopnjah«. Vendar pa dejansko nimamo dolgoročnega načrta za spodbujanje naravoslovnega izobraževanja niti s tem povezanega načrta za finančno podporo tovrstnih aktivnosti. Tako trenutno hkrati poteka prenova učnih načrtov na vseh stopnjah izobraževanja (osnovna šola, srednje strokovne in poklicne šole, gimnazija, univerza), ki pa ji je namenjeno zelo malo časa, tako da sta temeljit premislek o spremembah in usklajevanje med stopnjami izobraževanja tako rekoč nemogoča. Kljub časovni stiski smo biologi na pobudo Sekcije za biološko izobraževanje Društva biologov Slovenije pripravili izhodišča za pouk biologije na vseh stopnjah izobraževanja, ki podpirajo celostni pristop k biološkemu izobraževanju na osnovi povezovanja konceptov (slika 4).



Slika 4. Prikaz celostnega poučevanja biologije na vseh stopnjah izobraževanja

Kljub vse večjemu pomenu biološkega znanja za splošno izobrazbo je pri nas biologija nenehno izpostavljena pritiskom za zmanjšanje obsega ur. Ob nujnih velikih spremembah učiteljem ne nudimo zadostne podpore. Tako imamo premalo ustreznih strokovnih seminarjev in strokovnih gradiv v slovenskem jeziku, pa tudi kakovostnih učbenikov. Kljub poudarjanju pomena učenčevih praktičnih izkušenj imajo učitelji na voljo zelo malo gradiv o sodobnih pristopih k eksperimentalnemu in raziskovalnemu delu. Pomemben problem, s katerim se na državni ravni sploh ne ukvarjamo, je slabo zanimanje za poklic učitelja biologije v osnovni šoli. Pri spremembah biološkega izobraževanja premalo sodelujejo strokovnjaki s področja biologije, ki med drugim za tovrstne aktivnosti niso ustrezno nagrajeni (npr. z upoštevanjem teh dejavnosti pri strokovnem napredovanju in razdeljevanju finančne podpore za raziskovalne projekte).

Ob vseh navedenih problemih s stanjem na področju biološkega izobraževanja v Sloveniji ne moremo biti zadovoljni. Dejansko bi morali biti zaskrbljeni, saj bodo imele današnje pomanjkljivosti dolgoročen učinek in bodo postale očitne šele čez več desetletij, ko bodo imeli naši sedanji učenci pomemben vpliv na družbene odločitve. Sklenemo lahko z besedami prof. Brucea Albertsa, bivšega predsednika Ameriške akademije znanosti, ki se je v času svojega mandata odločno zavzemal za spremembe v naravoslovnem izobraževanju: »V današnji družbi ne moremo brati časopisa, ne da bi se zavedeli osrednjega pomena biologije v življenju vsakega državljana. Naj gre za razumevanje novosti v medicini ali za prispevek k

lokalnim okoljevarstvenim odločitvam, vsak državljan potrebuje osnovno razumevanje glavnih bioloških konceptov, ceniti pa mora tudi naravoslovno znanost kot poseben način razumevanja sveta.«

Zahvala

Gradivo za članek je bilo pripravljeno v okviru projekta »Znanost gre v šolo«, ki ga sofinancirata Evropski socialni sklad Evropske unije in Ministrstvo za šolstvo in šport RS.



Viri

- American Association for the Advancement of Science (1993). Benchmarks for Science Literacy. <http://www.project2061.org/publications/bsl/online/bolintro.htm> (dostop 3. 9. 2007).
- American Association for the Advancement of Science (2001a). Designs for Science Literacy. Oxford University Press.
- American Association for the Advancement of Science (2001b). Atlas of Science Literacy – Volume 1. Washington DC, ZDA.
- American Association for the Advancement of Science (2007). Atlas of Science Literacy – Volume 2. Washington DC, ZDA.
- Bialek, W, Botstein, D (2004). Introductory Science and Mathematics Education for 21st-Century Biologists. *Science* 303: 788–790.
- Eurobarometer (2005). Europeans, Science and Technology. Special Eurobarometer, European Commission.
- National Research Council (1996). National Science Education Standards. National Academy Press, Washington DC, ZDA.
- National Research Council (2003). BIO2010: Transforming Undergraduate Education for Future Research Biologists. National Academy Press, Washington DC, ZDA.

Rutherford, F.J., Ahlgren, A (1989). Science for All Americans. American Association for the Advancement of Science , Project 2061.

<http://www.project2061.org/publications/sfaa/online/sfaatoc.htm> (dostop 3. 9. 2007)

Science Citation Index. <http://portal.isiknowledge.com> (dostop 3. 9. 2007).

Stokstad, E (2002). Biology Departments Urged to Bone Up. *Science* 297: 1789.

Wingreen, N, Botstein, D (2006). Back to the future: education for systems-level biologists. *Nature Reviews - Molecular Cell Biology* 7: 829–832.

Uradni list RS (2006). Resolucija o Nacionalnem raziskovalnem in razvojnem programu za obdobje 2006–2010 (ReNRRP), Uradni list RS 3/2006 (10. 1. 2006), str. 210–244.