

Metodičke kompetencije nastavnika prirodnoslovnog područja i poučavanje procesa fotosinteze

Ivanka Podrug

Prirodnoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Splitu

Poslijediplomski sveučilišni studij: Istraživanje u edukaciji u području prirodnih i tehničkih znanosti - usmjerenje Biologija, Split, Hrvatska

ivanka.podrug@yahoo.com

Sažetak - Istraživanja pokazuju da učinkovitost nastavnika ima najveći utjecaj na postignuća učenika, stoga je logično za pretpostaviti da edukacijski sustav možemo najbolje unaprijediti na način da poboljšamo njegove sposobnosti (Wright, Horn i Sanders, 1997). Metodičke kompetencije (*Pedagogical content knowledge*, PCK) su u znanstvenim krugovima prihvaćene kao model za istraživanje znanja nastavnika. Smatra se da učinkovit nastavnik ima dobro razvijen PCK, zbog čega je njegovo istraživanje kod budućih nastavnika biologije važan korak u procesu unaprjeđenja edukacijskog sustava. U ovom radu prikazan je koncept PCK-a nastavnika prirodoslovnog područja (biologije) po njegovih pet domena (Magnusson, Krajčik i Borko, 1999), istraženi su preduvjeti potrebni za njegov razvoj kroz koje su prikazane razlike u PCK-u kod studenata i iskusnih nastavnika. Izneseni su stavovi budućih nastavnika o poteškoćama s kojima se susreću prilikom planiranja i/ili provedbe nastavnog sata te nedostacima u njihovom inicijalnom obrazovanju. S obzirom da studenti biologije, pri kraju fakultetskog obrazovanja, generalno pokazuju loš PCK, smatra se da bi njegova implementacija u inicijalno obrazovanje studenata mogla pospješiti i ubrzati njegov razvoj. S obzirom da je PCK karakterističan za svaku nastavnu temu, izneseni su rezultati istraživanja koji mogu pomoći u njegovu razvoju za poučavanje fotosinteze.

Ključne riječi - metodičke kompetencije (PCK), studenti biologije, fotosinteza.

I. KOMPETENCIJE NASTAVNIKA

Učinkovitost nastavnika ima najveći utjecaj na postignuća učenika (Sanders i Horn, 1994, 1998). Istraživanja pokazuju da je "uspješan nastavnik djelotvoran sa učenicima svih razina postignuća..." (Wright, Horn, i Sanders, 1997, str. 63) stoga je logično za pretpostaviti da edukacijski sustav možemo najbolje unaprijediti na način da poboljšamo sposobnosti nastavnika. Međutim, postavlja se pitanje koja znanja i vještine ima uspješan nastavnik, odnosno, koje kompetencije razlikuju uspješne i one manje uspješne nastavnike.

Podrazumijevajući da svaki nastavnik dobro poznaje i razumije predmetni sadržaj kojeg poučava, prijašnja istraživanja u edukaciji su se uglavnom temeljila na evaluaciji postupaka i vještina nastavnika. Pokušavajući shvatiti obrazac

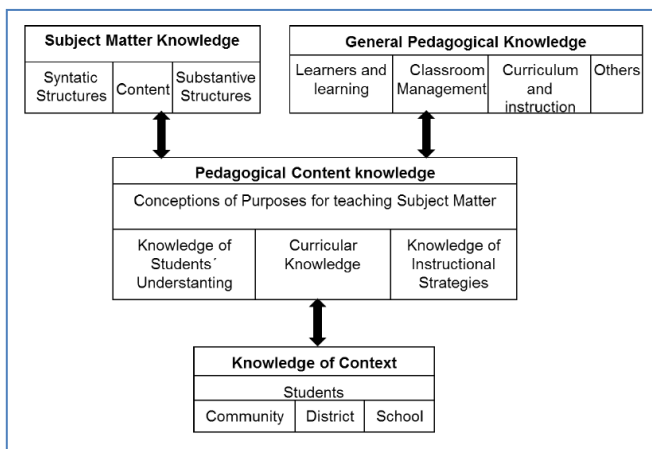
ponašanja uspješnih nastavnika, znanstvenici su potpuno zanemarili znanje koje se krije u pozadini njihova djelovanja, odnosno, ono što nastavnik treba znati da bi mogao pravilno postupati (Sulman, 1986; Wilson, Shulman i Richert, 1987). Kako bi razumijeli što jednog nastavnika čini boljim od drugog te na temelju toga mogli povećati uspješnost svih nastavnika, poučavanje ne možemo promatrati samo kroz prizmu općih pedagoških kompetencija. Važno je poznavati i uvjerenja i znanja koja mu omogućuju da pravilno prosuđuje i djeluje (Shulman, 1987). Tobin i Garnett (1988) smatraju da su dobre predmetne i pedagoške kompetencije osnovni preduvjeti za kvalitetno poučavanje. Njihovo istraživanje pokazuje da slabo poznavanje predmetnog sadržaja kod nastavnika dobro razvijenih pedagoških kompetencija predstavlja prepreku za učinkovito poučavanje. Takvi nastavnici ne mogu razumjeti način na koji njihovi učenici razmišljaju, dati im povratnu informaciju ili voditi razrednu diskusiju na primjerenom razini.

Nadalje, iako su poznavanje predmetnog sadržaja i razumijevanje procesa poučavanja osnovni alat svakog nastavnika, za uspješno poučavanje su potrebne i druge specifične vještine (Kind, 2009). Nastavnik treba znati svoje predmetno znanje prilagoditi obrazovnom kontekstu. Drugim riječima, prilikom poučavanja predmetni sadržaj treba prilagoditi uzrastu i sposobnostima učenika. Kako bi u tome uspio treba imati specifično pedagoško znanje o konkretnoj temi koju podučava (Wilson, Shulman i Richert, 1987). Iako obrazovanje nastavnika prirodoslovnih područja, uz kolegije poput biologije, kemije ili fizike uključuje i pedagoške predmete, oni su međusobno slabo povezani i generalno se promatraju kao odvojene domene (Wilson, Shulman i Richert, 1987).

Shulman (1986) predlaže tri oblika znanja koje nastavnik treba imati za kvalitetno poučavanje: (1) predmetno znanje (kompetencije) (u literaturi se spominje kao *content knowledge*, CK ili *subject-matter content knowledge*, SMK), (2) metodičke kompetencije (*pedagogical content knowledge*, PCK) i (3) poznavanje kurikulumuma (*curricular knowledge*, CK). Godinu dana kasnije Shulman (1987) iznosi širu bazu znanja karakterističnu za nastavnike koja obuhvaća sedam

kategorija: (1) predmetne kompetencije, (2) opće pedagoške kompetencije, (3) poznavanje kurikulumu, (4) metodičke kompetencije, (5), znanje o učeničkom razumijevanju nastavnog sadržaja, (6) poznavanje obrazovnog konteksta, te (7) poznavanje ciljeva poučavanja.

Grossman (1990) sistematizira Shulmanov prijedlog u četiri kategorije: (1) predmetne kompetencije, (2) opće pedagoške kompetencije, (3) metodičke kompetencije i (4) obrazovni kontekst (prikaz 1). Stavove nastavnika o ciljevima poučavanja, znanje o učeničkom razumijevanju nastavnog gradiva, poznavanje kurikulumu te poznavanje nastavnih strategija Grossman (1990) promatra kao sastavni dio PCK-a. Kao i Shulman, smatra da je PCK centralno znanje nastavnika koje ima najveći utjecaj na kvalitetu poučavanja, a oblikuju ga znanja iz preostale tri kategorije. Slijedi kratak opis svake od navedenih kategorija znanja nastavnika.



Prikaz 1: Model znanja nastavnika (Grossman, 1990, str.5). Preuzeto s: https://www.researchgate.net/figure/282330568_fig2_Figure-2-Model-of-Teacher-Knowledge-Grossman-1990-From-Grossman-1990-p-5, 1.11.2017., 13:02 h

1. Predmetne kompetencije predstavljaju nastavnikovo osobno poznavanje predmetnog sadržaja. Shulman (1986) to definira kao "količinu i organizaciju znanja per se u umu nastavnika". One "nadilaze samo poznavanje činjenica i pojmova te uključuju razumijevanje strukture predmeta" (Shulman 1986, str. 9).

2. Opće pedagoške kompetencije se odnose na poznavanje općih pedagoških načela i strategija koje nisu usko povezane s pojedinim nastavnim predmetom, već su široko primjenjive u nastavničkoj profesiji (Shulman, 1986). One uključuju poznavanje zakonitosti procesa učenja i poučavanja, načina komunikacije s učenicima različitih uzrasta, sposobnost upravljanja razredom, održavanje razredne discipline, planiranje i organizaciju nastavnog procesa, poznavanje nastavnih strategija i metoda, poznavanje različitih oblika vrednovanja (Tamir, 1988).

3. Dok se predmetne kompetencije odnose na poznavanje i razumijevanje sadržaja, opće pedagoške kompetencije na razumijevanje nastavnog procesa neovisno o nastavnim predmetu, PCK je znanje o načinima poučavanja konkretnog

nastavnog sadržaja (Bucat, 2004). Predstavlja specifičan spoj predmetnog sadržaja i pedagogije karakterističan za svaku nastavnu temu. Nastaje transformacijom osobnog znanja nastavnika u oblik koji će učenicima biti najrazumljiviji, dok uspješnost same transformacije ovisi o načinima na koje nastavnik povezuje ono što zna o predmetnom sadržaju kojeg poučava sa onim što zna o procesu učenja i poučavanja. Samim time, PCK predstavlja profesionalno znanje nastavnika - znanje koje ga razlikuje od ostalih predmetnih stručnjaka (Shulman, 1987). Drugim riječima, uspješan nastavnik nije onaj koji jednostavno zna poučavati, već onaj koji zna poučavati točno određeni nastavni predmet i točno određenu nastavnu temu (pr. fotosintezu, genetiku, anatomiju čovjeka, itd.). Kako bi uspješno transformirao vlastito znanje, nastavnik treba znati koje pedagoške vještine, nastavne pristupe, metode i sredstva treba primijeniti prilikom poučavanja određene teme (Geddis, 1993), odnosno, koje analogije, ilustracije, primjere, objašnjenja, demonstracije i formulacije koristiti kako bi njegovo poučavanje bilo razumljivo učenicima različitih uzrasta, potreba i sposobnosti (Shulman, 1986). Također, treba biti svjestan težine gradiva kojeg stavlja pred učenike - koncepcija i miskoncepcija koje bi učenici različitog uzrasta i predznanja mogli imati o pojedinoj temi - kako bi mogao predvidjeti s kojim će se poteškoćama učenici susretati prilikom učenja (Shulman, 1986). Svijest nastavnika o potrebi transformacije osobnog znanja prilikom poučavanja te sama transformacija znanja su ključni faktori za učinkovito poučavanje (Geddis, 1993).

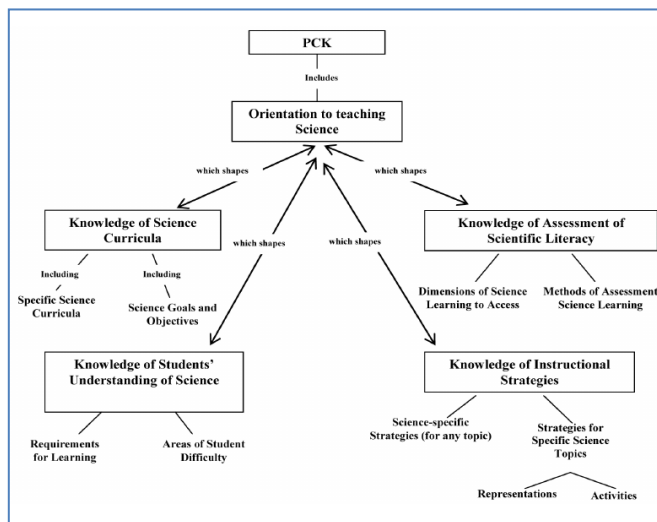
4. Poznavanje konteksta poučavanja se odnosi na poznavanje uvjeta u kojima se učenje i poučavanje odvija te načina na koji oni utječu na učenike i nastavnike (primjerice, kultura i zajednica iz koje dolaze učenici, vrsta, veličina i organizacija škole, kvaliteta međuodnosa u školi, stavovi i očekivanja školskog rukovodstva).

II. METODIČKE KOMPETENCIJE

Metodičke kompetencije (PCK) predstavljaju centralno znanje svakog nastavnika. Od kada je koncept PCK-a prvi put uveden u literaturu (Shulman, 1986), izazvao je veliku pozornost u istraživačkim krugovima i prihvaćen je kao model za istraživanje znanja nastavnika. Razina nastavnikovog PCK-a povezana je s kvalitetom poučavanja (Mthethwa-Kunene, Onwu i Rian de Villiers, 2015).

U preglednoj literaturi (Fernandez, 2014) mogu se pronaći brojni pokušaji njegove konceptualizacije. Slijedeći rad Shulmana (1986) i Grossman (1990), Magnusson, Krajcik i Borko (1999) predlažu svoj model PCK-a nastavnika prirodoslovnog područja (prikaz 2) koji će biti opisan u ovom radu. Po njima, PCK zauzima važno mjesto u poučavanju predmeta prirodoslovnog područja, a uključuje pet domena znanja: (A) orijentacija nastavnika pri poučavanju prirodoslovnih predmeta, (B) poznavanje kurikulumu, (C) spoznaje o učeničkom razumijevanju nastavnog sadržaja, (D) poznavanje nastavnih strategija i metoda u prirodoslovlju, te (E) znanje o vrednovanju u prirodoslovlju. Ovaj model PCK-a

se od Grossmaninog modela (1990) razlikuje u dodatku komponente vrednovanja znanja učenika.



Prkaz 2: Komponente pedagoških kompetencija nastavnika za poučavanje predmeta prirodoslovnog područja (Magnusson, Krajcik i Borko, 1999).

A. Orijehtacija nastavnika pri poučavanju prirodoslovnih predmeta

Magnusson, Krajcik i Borko (1999) orijentaciju opisuju kao znanja i stavove nastavnika o svrsi i općim ciljevima poučavanja na pojedinoj razini obrazovanja koji oblikuju njegov pristup poučavanju. Drugim riječima, možemo reći da orijentacija podrazumijeva stavove nastavnika o najprikladnijem načinu poučavanja. Orijehtacija nastavnika oblikuje, i oblikovana je, od strane ostalih domena PCK-a, zbog čega je Magnusson, Krajcik i Borko stavljaju na središnje mjesto u svom modelu. Znanja i uvjerenja nastavnika o svrsi i općim ciljevima poučavanja utjecat će na određivanje nastavnih ciljeva, organizaciju nastavnog sata, definiranje problema u okviru teme, odabir nastavnih strategija, metoda i aktivnosti koje će koristiti u nastavnom procesu te način vrednovanja učenika (Borko i Putnam, 1996). U prilog tome govore Friedrichsen i Dana (2003). Oni su istraživali orijentaciju studenata i nastavnika na način da su od njih tražili da razmotre mogućnost postavljanja hranilice za ptice pored prozora učionice s ciljem da učenici promatraju događanja i bilježe podatke. Dvoje studenata je smatralo da to nije dobra ideja. Jedno objašnjenje je bilo da će događaji oko hranilice odvlačiti pozornost učenika za vrijeme nastave, dok je druga studentica smatrala da takva aktivnost nije značajna za učenje prirodoslovlja. Treći ispitanik (iskusni nastavnik) je prihvatio ideju jer je smatrao da je to najbolji način na koji učenici mogu učiti.

Ne postoji jedinstvena klasifikacija orijentacija nastavnika. Magnusson, Krajcik i Borko (1999) razlikuju devet orijentacija koje se međusobno razlikuju po glavnim ciljevima poučavanja te nastavnim aktivnostima. Iako su za svaku orijentaciju naveli specifične nastavne metode, iste se mogu pojavljivati kod više od jedne orijentacije. Stoga, pojedine

orijentacije ne razlikuje toliko pojedina nastavna aktivnost već svrha zbog koje je nastavnik odlučio primijeniti u nastavnom procesu. Primjerice, u istraživanju De Jonga i suradnika (1999), svi studenti su koristili metodu eksperimenta, ali ne i s istim ciljem. Većina studenata je koristila eksperiment s ciljem da dokažu tvrdnje koje su prethodno izrekli jer smatraju da će učenici na taj način najbolje upamtiti gradivo. Manji broj studenata je želio da učenici aktivno sudjeluju u nastavnom procesu, tj. da promatranjem i opažanjem samostalno dođu do određenih zaključaka i spoznaja. Međutim, opisujući ova dva pristupa poučavanju, istraživači ne spominju izraz orijentacija već nastavni plan i nastavna strategija.

Smith i Neale (1989) razlikuju četiri pristupa u poučavanju prirodoslovnih predmeta, dok su neki drugi istraživači skloniji primjeni jednostavnijih klasifikacija orijentacije nastavnika. Adams i Krockover (1997) orijentaciju dijele na konstruktivističku i konceptualnu. Nastavnik konstruktivističke orijentacije usmjerava i pomaže učenicima da na temelju vlastitih predznanja i promatranja (pr. eksperimenta) donose zaključke i kreiraju ideje o ključnim konceptima. Pri tome koristi nastavne metode usmjerene na učenika, a vrednovanje u nastavi nije formalno već je integrirano u nastavni proces. Ova orijentacija odgovara vođenom otkrivanju (De Jong i sur., 1999), otkrivanju (Smith i Neale, 1989) i istraživačko/konstruktivističkoj orijentaciji (Domingos-Grilo i sur., 2012). Konceptualnu orijentaciju karakterizira dominantna aktivnost nastavnika koji direktno prenosi znanstvene spoznaje na učenika prilikom čega ne uzima u obzir predznanje učenika, zapisivanje s ciljem sistematizacije gradiva te uglavnom formalno vrednovanje učenika. Konceptualna orijentacija je srodna didaktičkoj orijentaciji (Magnusson i sur., 1999), didaktičko/sadržajnoj (Smith i Neale, 1989) te prenošenju informacija (De Jong i sur., 1999).

Orijentacija je rijetko svjesno odabrana od strane nastavnika. Oblikuju je iskustva iz vlastitog obrazovanja (Adams i Krockover, 1997), s dominantnijim utjecajem nastave stručnih (bioloških) u odnosu na pedagoške kolegije, te poznavanje predmetnog sadržaja. Kämpylä, Heikkinen i Asunta (2009) su izvijestile da su studenti, u čijem su obrazovanju prevladavale aktivnosti usmjerene na učenika, uglavnom imali konstruktivističku orijentaciju, dok su studenti dvojakih iskustava imali orijentaciju koju autorice opisuju kao prijelazan oblik jer je imala obilježja i konstruktivističke i konceptualne orijentacije. Također, smatraju da postoji mogućnost da nastavnici lošijih predmetnih kompetencija svjesno odabiru aktivnosti usmjerene na učenika s ciljem da prekriju svoje slabo poznavanje predmetnog sadržaja.

Orijentacija nastavnika je velikim dijelom implicitna, duboko ukorijenjena i otporna na promjene (Adams i Krockover, 1997; Kämpylä, Heikkinen i Asunta, 2009). Promjene u načinu poučavanja se mogu dogoditi samo u situacijama kada nastavnik postane nezadovoljan trenutnom situacijom, primjerice, lošim postignućima učenika (Domingos-Grilo i sur., 2012).

Također, nastavnici mogu istovremeno imati nekoliko

orijentacija koje ne moraju imati kompatibilne ciljeve (Magnusson, Krajcik i Borko, 1999). Cansiz i Cansiz (2016) su istraživali orijentacije studenata na šest različitih nastavnih tema i uvidjeli kako svaki od nastavnika ima višestruke orijentacije koje su se izmjenjivale ovisno o temi, a kod pojedinaca čak i unutar iste teme. Postoji vjerojatnost da su studenti odabirali različite orijentacije u skladu s ishodiima navedenim u nacionalnom kurikulumu. Primjerice, kada je u kurikulumu navedeno "učenik treba definirati..." koristili bi didaktičku orijentaciju. Od svih orijentacija, studenti su najčešće koristili didaktičku orijentaciju koju obilježava direktno prenošenje činjenica na učenike koje oni trebaju kao takve upamtiti. Özden (2008) je došao do suprotnih zaključaka. U njegovom istraživanju su studenti uglavnom imali konstruktivističku orijentaciju.

Unatoč mnogim istraživanjima koja istražuju i/ili spominju orijentaciju nastavnika, koncept i dalje nije jasno definiran zbog čega ga autori koriste na različite, nejasne ili potpuno krive načine (Friedrichsen, Van Driel i Abell, 2010).

B. Poznavanje kurikuluma

Poznavanje kurikuluma podrazumijeva poznavanje sadržaja koji se podučava u okviru nastavnog predmetnog na određenoj razini obrazovanja, alternativnih nastavnih materijala koji se mogu koristiti za podučavanje predmetnih tema, te poznavanje prednosti i nedostataka primjene određenih nastavnih materijala u konkretnoj situaciji (Shulman, 1986).

Poznavanje kurikuluma obuhvaća dvije kategorije znanja: (a) kratkoročne i dugoročne ciljeve koje učenici trebaju ostvariti te (b) specifične nastavne programe i materijale (Magnusson, Krajcik i Borko, 1999). (a) Nastavnik treba poznavati ciljeve koje učenici određenog uzrasta trebaju ostvariti u okviru nastavnog predmeta kojeg podučavaju (horizontalni ciljevi) te ciljeve koje su učenici ostvarili ili će tek ostvariti (vertikalni ciljevi). Također, treba poznavati (b) programe na kojima temelji podučavanje pojedinog uzrasta učenika, te materijale i aktivnosti uz pomoć kojih će ostvariti ciljeve tih programa.

Poznavanje predmetnog kurikuluma je važno za razumijevanje položaja pojedine nastavne teme u odnosu na cjelokupni nastavni plan i program. Nastavnik koji dobro poznaje kurikulum će bolje prepoznati dijelove nastavnog sadržaja koji su relevantni za ciljano konceptualno razumijevanje i daljnje učenje i poučavanje (Park i Oliver, 2008). Poznavanje kurikuluma je važno i iz perspektive planiranja nastavnog sata. Nastavnici koji ne poznaju kurikulum mogu više vremena posvećivati sporednim konceptima, a premalo onima koji su ključni za cjelokupno shvaćanje trenutne teme i razumijevanje gradiva koje tek slijedi (Geddis i sur., 1993).

C. Spoznaje o učeničkom razumijevanju nastavnog sadržaja

Za učinkovito poučavanje nastavnik treba poznavati što učenici već znaju o određenoj temi, a potrebno im je za njeno daljnje razumijevanje, njihove različite sposobnosti, potrebe i interese, stilove učenja, čimbenike koji im utječu na

motivaciju, nastavne teme koje smatraju teškima za učenje te poteškoće s kojima bi se eventualno mogli susresti prilikom učenja (Magnusson, Krajcik i Borko, 1999, Park i Oliver, 2008). U skladu s tim znanjima, nastavnik treba prilagoditi svoj pristup poučavanju i primijeniti odgovarajuće nastavne strategije i metode.

U okviru biologije kao nastavnog predmeta, postoji cijeli niz tema koje učenici smatraju teškim za učenje (Tekkaya, Özkan i Sungur, 2001; Çimer, 2012; Etobro i Fabinu, 2017), a kao razloge za to navode apstraktnost i kompleksnost pojedinih dijelova gradiva, odnos nastavnika prema radu, nedostatak praktične nastave, nedovoljnu povezanost sadržaja sa svakodnevnim iskustvom i dr. (Etobro i Fabinu, 2017). Istraživanja u biologiji pokazuju i prisutnost velikog broja miskoncepcija kod učenika. Primjerice, u istraživanjima o učeničkom poimanju procesa fotosinteze (Anderson i sur., 1990; Cañal, 1999; Köse, 2008) evidentiran je veliki broj miskoncepcija poput "fotosinteza je disanje biljaka", "biljka se hrani vodom" i dr. Nastavnik mora biti svjestan miskoncepcija koje imaju njegovi učenici kako bi ih mogao ukloniti primjenom odgovarajuće konceptualne nastavne strategije (Bahar, 2003). Kako bi kod učenika izazvao konceptualne promjene, nastavnik mora učenicima dokazati da njihove ideje nisu u skladu sa znanstvenim spoznajama te im ponuditi bolje i razumljivije objašnjenje od onog kojeg su do tada imali (Geddis, 1993).

Studenti generalno slabo poznaju učeničke miskoncepcije i predznanja (Usak, 2009) ili uopće ne razmišljaju o njima (Friedrichsen i sur., 2009). Iako su ih ponekad i svjesni, ne uzimaju ih u obzir prilikom planiranja (De Jong i sur., 1999). Penso (2002) smatra da se znanje studenata o učeničkim miskoncepcijama može poboljšati još za vrijeme fakultetskog obrazovanja kroz hospitaciju i poučavanje u okviru fakultetske prakse, iako rezultati njegova istraživanja pokazuju da studenti lošije uočavaju miskoncepcije učenika dok sami poučavaju jer se tada više fokusiraju na druge stvari u nastavnom procesu. To je u skladu i sa stavovima iskusnih nastavnika u istraživanju Lee i Luft (2008) koji smatraju da se ova kategorija znanja ne može steći putem udžbenika ili kolegija na fakultetu, već isključivo kroz nastavnu praksu.

D. Poznavanje nastavnih strategija i metoda u prirodoslovlju

Magnusson, Krajcik i Borko (1999) u ovu kategoriju znanja uključuju: (a) poznavanje strategija karakterističnih za nastavni predmet te (b) poznavanje nastavnih strategija karakterističnih za poučavanje pojedinih tema.

(a) Poznavanje strategija karakterističnih za nastavni predmet (u kontekstu nastavnog predmeta biologije) se odnosi na poznavanje različitih strategija karakterističnih za prirodoslovno područje, ali i sposobnost nastavnika da ih uspješno primjeni u nastavnoj praksi. Magnusson, Krajcik i Borko (1999) smatraju da su poznavanje predmetnog sadržaja, pedagogije i konteksta osnovni preduvjeti za uspješnu implementaciju nastavnih strategija u procesu poučavanja, te da na odabir pojedine nastavne strategije mogu utjecati različita uvjerenja nastavnika. Primjerice, nastavnik može

poznavati određenu nastavnu strategiju, ali je ne želi koristiti jer ne vjeruje u njenu učinkovitost ili se filozofija nastavne strategije ne podudara s njegovim stavovima i uvjerenjima o općim ciljevima edukacije.

S obzirom na veliku raznolikost prirodoslovnih nastavnih strategija, Treagust (2007) iznosi podjelu na šest kategorija: demonstracije (pr. laboratorijskih eksperimenata), pojašnjavanja (opisivanje i objašnjavanje znanstvenih fenomena), postavljanje pitanja (pr. dijalog između nastavnika i učenika s ciljem provjere predznanja ili stjecanja novih znanja i navođenja učenika na zaključak), različiti oblici prikaza (modeli, analogije, grafovi, dijagrami, slike, simulacije), grupno i suradničko učenje te deduktivno-induktivni pristupi (pr. ciklus učenja). Schroeder i sur. (2007) su prikupili istraživanja objavljena u Sjedinjenim državama od 1980. do 2004. o učinku prirodoslovnih nastavnih strategija na postignuća učenika. Njihovo istraživanje je ispitivalo utjecaj osam različitih kategorija alternativnih nastavnih strategija na postignuća učenika u odnosu na one tradicionalne. Iako su sve alternativne nastavne strategije su pokazale značajan utjecaj na postignuća učenika u odnosu na tradicionalne, najviše su se isticala strategija poboljšano konteksta (*Enhanced Context Strategies*) koja se temelji na povezivanju teme poučavanja sa svakodnevnim iskustvima učenika te suradničko učenje. Wise (1996) smatra da u suvremenoj nastavi treba prevladavati istraživački orijentirana nastava jer se, kroz istraživanje, učenici angažiraju fizički i mentalno što im omogućuje aktivno stjecanje znanja.

(b) Nastavne strategije karakteristične za poučavanje određene teme uključuju poznavanje (i) karakterističnih prikaza te (ii) karakterističnih aktivnosti.

(i) Poznavanje prikaza karakterističnih za pojedinu nastavnu temu obuhvaća poznavanje različitih ilustracija, primjera, modela, analogija koji će učenicima pomoći u razumijevanju tematike, poznavanje prednosti i nedostataka njihove primjene, te sposobnost nastavnika da sam osmisli određeni prikaz. Magnusson, Krajcik i Borko (1999) smatraju da uspješan nastavnik treba znati procijeniti hoće li i kada će pojedini prikaz biti učinkovit, te da je poznavanje predmetnog sadržaja preduvjet za razvoj znanja iz ove kategorije. Mastrilli (1997) smatra da upotreba analogije u poučavanju biologije može biti jako učinkovito sredstvo ukoliko se koristi na pravilan način, s obzirom da neprimjerene analogije mogu kod učenika uzrokovati dodatne miskoncepcije te im na taj način dodatno otežati razumijevanje gradiva. Mišljenja je da su analogije koje nastavnik koristi u poučavanju još jedan pokazatelj njegovog predmetnog znanja. Bean i suradnici (1990) za učenje bioloških koncepata preporučuju korištenje slikovnih analogija u kombinaciji s tzv. vodičem za analogiju.

(ii) Poznavanje aktivnosti karakterističnih za pojedinu nastavnu temu podrazumijeva nastavnikovo poznavanje različitih aktivnosti poput demonstracija, eksperimenata, simulacija, istraživanja koje mogu doprinijeti učeničkom razumijevanju određenih koncepata kao i njihovih međusobnih odnosa te poznavanje prednosti i nedostataka svake pojedine aktivnosti. Magnusson, Krajcik i Borko (1999)

su zaključili da je ovaj oblik znanja karakterističniji za iskusne nastavnika, premda naglašavaju kako samo nastavno iskustvo ne jamči njegov razvoj.

E. Vrednovanje u prirodoslovlju

Za potpuni razvoj PCK-a važno je i da nastavnik zna što točno i na koji način treba vrednovati u okviru određene teme. Ova kategorija pedagoških kompetencija, stoga, uključuje (a) poznavanje aspekte pojedine teme koje treba vrednovati (pr. poznavanje terminologije, konceptualno razumijevanje ili laboratorijske vještine), te (b) poznavanje metoda vrednovanja. Metode vrednovanja podrazumijevaju različite instrumente, procedure, pristupe ili aktivnosti koje se mogu koristiti tijekom poučavanja s ciljem vrednovanja znanja učenika kao što su testovi znanja, praktičan rad, dnevnik rada i dr. (Magnusson, Krajcik i Borko, 1999). S obzirom da je neka područja teže vrednovati od drugih, nastavnik treba unaprijed osmisliti različite postupke i aktivnosti koje će koristiti tijekom poučavanja, a koji će mu ujedno poslužiti i za procjenu znanja učenika.

Istražujući PCK iskusnih nastavnika biologije i prirodoslovlja, Lee i Luft (2008) su uočile da iskusni nastavnici koriste brojne metode vrednovanja kako bi procijenili znanje učenika, ali i kako bi dobili povratnu informaciju o djelotvornosti vlastitog kurikulumu i pristupa poučavanju te na taj način mogli poboljšati proces učenja. Abell i Siegel (2011) su, također, došle do sličnih spoznaja, stoga predlažu da se u vrednovanje, uz dvije već navedene poddomene Magnussona i suradnika, uvrste i dodatne dvije: (c) svrha vrednovanja - vrednovanje se može provoditi s ciljem utvrđivanja učeničkih predznanja (dijagnostičko vrednovanje), davanja povratne informacije učenicima (formativno vrednovanje) te dodjeljivanja ocjena (sumativno vrednovanje), te (d) učinci vrednovanja - djelovanje nastavnika u skladu s rezultatima vrednovanja (pr. promjene u nastavnom pristupu i aktivnostima). Smatraju da načine vrednovanja određuju stavovi i uvjerenja nastavnika o ciljevima poučavanja, stoga filozofiju vrednovanja stavljaju u središte svog modela vrednovanja.

Istraživanja pokazuju da studenti nemaju dovoljno znanja o vrednovanju u nastavnom procesu. De Jong i sur. (1999) smatraju da studenti imaju samo nejasne ideje o metodama vrednovanja. Friedrichsen i sur. (2009) su istraživali PCK studenata biologije te pronašli da njihov svaki sat započinje postavljanjem pitanja. Iako su studenti tvrdili da postavljaju pitanja kako bi odredili predznanja učenika, istraživači smatraju da je njihova svrha bila isključivo motivacija učenika i usmjeravanje na nastavnu temu koja slijedi. Bol i Strage (1996) su uspoređivali nastavne ciljeve i metode vrednovanja kod studenata biologije i pronašli kontradikcije u njihovim razmišljanjima kojih studenti uopće nisu svjesni. Iako su im osnovni ciljevi poučavanja bili razvijanje interesa učenika, razumijevanje bioloških tema i mogućnost primjene znanja u svakodnevnom životu, koristili su metode vrednovanja koje su većinom provjeravale samo činjenično znanje i nisu uključivale njegovu primjenu.

III. ŠTO UTJEČE NA RAZVOJ PCK-A KOD NASTAVNIKA

Iako još nije u potpunosti jasno što sve točno i na koji način utječe na razvoj PCK-a, pregledavanjem znanstvene literature se mogu učiti tri osnovna preduvjeta (Kind, 2009): (A) predmetno znanje (SMK), (B) iskustvo nastavnika, te (C) osobni osjećaji nastavnika.

(A) Istraživanja u edukaciji utemeljena na ispitivanju PCK-a kod nastavnika urodila su velikim brojem predloženih PCK modela. Neki od tih modela SMK promatraju kao jednu od sastavnica PCK-a, dok ga drugi prikazuju kao zasebnu kategoriju znanja. Maggnuson, Krajcik i Borko (1999) smatraju da je SMK zasebna domena znanja. S obzirom na odnos SMK i PCK, Gess-Newsome (1999) razlikuje integrativni i transformativni model PCK-a. Integrativni model znanje nastavnika promatra kao spoj SMK-a, pedagogije i konteksta. Drugim riječima, PCK ne postoji kao zasebna kategorija znanja već predstavlja integraciju navedenih znanja. Prema transformativnom modelu, PCK je rezultat transformacije SMK-a, pedagogije i konteksta čija je posljedica nastanak zasebne i jedinstvene domene znanja nastavnika koja direktno utječe na nastavnu praksu. Bio SMK dio PCK-a ili zasebna domena znanja, jedno je sigurno: SMK je jedan od osnovnih preduvjeta i temelj za razvoj PCK-a (Kind, 2009), ali ne i garancija. Ne podrazumijeva se da će nastavnik s dobrim SMK-om imati dobro razvijen PCK (Kind, 2009).

Pregledavanjem različitih istraživanja utvrđeno je da razina nastavnikovog SMK-a utječe na mnoge sastavnice PCK-a:

(a) *Sposobnost prepoznavanja gradiva koje će učenici lošije razumjeti, odnosno koje smatraju teškim za učenje, poznavanje mogućih miskoncepcija učenika, njihovo uočavanje i ispravljanje (Znanje o učeničkom razumijevanju nastavnog sadržaja).* Käpylä, Keikkinen i Asunta (2009) su uočile da su studenti koji bolje poznaju predmetni sadržaj (u njihovom slučaju proces fotosinteze) svjesniji poteškoća s kojima bi se učenici mogli susresti prilikom učenja. Hasweh (1987) smatra da će nastavnici boljeg SMK-a prije uočiti i znati ispraviti miskoncepcije učenika od onih nastavnika s lošijim predmetnim kompetencijama, te će se bolje znati nositi s poteškoćama učenika. Nastavnici lošijeg SMK-a često i sami imaju miskoncepcije što im dodatno otežava uočavanje učeničkih miskoncepcija (Käpylä, Keikkinen i Asunta, 2009). Osim što im je u takvim okolnostima teško razmišljati o miskoncepcijama učenika, kod njih postoji mogućnost i da u procesu poučavanja vlastite miskoncepcije prenesu na učenike ili im utvrde one već postojeće (Hasweh, 1987), te im na taj način dodatno otežaju učenje. Također, prisutnost miskoncepcija kod nastavnika otežava transformaciju znanja potrebnog za poučavanje (Halim i Meerah, 2002). Geddis (1993) je istraživao znanje studenata o strujnom krugu. Rješavajući zadatak s višestrukim izborom odgovora, mnogi studenti su pokazali nedovoljno poznavanje i razumijevanje koncepta te miskoncepcije koje su uobičajene i kod učenika. Zajedničkim diskutiranjem o temi, studenti su uvidjeli vlastite miskoncepcije, poboljšali vlastito poznavanje koncepta te na

taj način spoznali neke od mogućih razloga zašto bi one mogle biti prisutne i kod učenika. Jednom kada nastavnik shvati uzroke pojedinih miskoncepcija kod učenika, može ih ispraviti ili spriječiti njihovo ponovno nastajanje korištenjem analogija koje će učenicima olakšati razumijevanje koncepta, spriječiti donošenje pogrešnih zaključaka i nastanak novih miskoncepcija.

(b) *Sposobnost objašnjavanja koncepta na određenoj razini učenika (Znanje o učeničkom razumijevanju nastavnog sadržaja).* Nastavnici koji nedovoljno razumiju koncept imaju poteškoća prilikom njegovog objašnjavanja, odnosno transformacije znanja u oblik koji je najprikladniji za učenike određene dobi, zbog čega se prilikom poučavanja usredotočuju na proceduralne aktivnosti i znanja. U istraživanju Rollnika i suradnika (2008), jedna od ispitanica je imala površan SMK i proceduralan pristup u poučavanju. Kako su joj se predmetne kompetencije poboljšavale, postepeno je prelazila na konceptualni pristup. Drugi ispitanik je imao visoku razinu SMK-a koju je uspješno kombinirao s ostalim domenama znanja što je rezultiralo snažnim PCK-em. Hasweh (1987) je uočio da nastavnici s boljim SMK-om imaju veću sposobnost da povezuju temu s ostalim srodnim disciplinama.

Duboko poznavanje i razumijevanje koncepta omogućuje nastavniku da, osmišljavanjem i primjenom odgovarajućih analogija, učenicima na jednostavan način objasni komplicirane i apstraktne koncepte (Geddis, 1993). U njegovom istraživanju, studenti su konceptualizacijom teme stekli uvid u osobno razumijevanje sadržaja što im je olakšalo da osmisle najprikladniji način na koji će gradivo prezentirati učenicima.

(c) *Sposobnost određivanja ključnih pojmova (Poznavanje kurikuluma).* Nastavnici boljeg SMK-a su sposobniji definirati ključne pojmove koje učenici trebaju usvojiti u okviru nastavne teme (Käpylä, Keikkinen i Asunta, 2009). U skladu s tim, Hashew (1987) je pronašao da nastavnici mogu odbaciti (po njihovom mišljenju) nebitne koncepte iz udžbenika, dodati neke nove koje smatraju ključnima za razumijevanje ili zadržati strukturu teme ponuđenu udžbenikom ukoliko se ona podudara s njihovim predznanjima i stavovima o poučavanju iste. S druge strane, uočio je da nastavnici lošijih predmetnih kompetencija imaju poteškoća s izdvajanjem ključnih pojmova te se prilikom poučavanja isključivo pridržavaju strukture teme i aktivnosti ponuđenih u udžbeniku.

(d) *Odabir i osmišljavanje nastavnih metoda i postupaka i planiranje tijeka nastavnog sata (Poznavanje nastavnih strategija karakterističnih za prirodoslovno poučavanje).* Käpylä, Keikkinen i Asunta (2009) smatraju da razina SMK-a ne utječe na sposobnost osmišljavanja specifičnih nastavnih metoda. U njihovom istraživanju, samo su dva studenta predložila eksperiment kojim bi dokazali nastanak kisika u procesu fotosinteze, dok nitko od ispitanika nije poznavao eksperimente kojim bi demonstrirali važnost ugljikovog dioksida za biljku ili proizvodnju šećera. Mišljenja su da takvi rezultati ukazuju na činjenicu kako ova domena PCK-a (nastavne metode) nije uvjetovana poznavanjem predmetnog

sadržaja te se zbog toga treba direktno poučavati na fakultetu. Suprotno tome, Hasweh (1987) je pronašao da nastavnici odabiru nastavne aktivnosti u skladu sa svojim predznanjem i odabranim pristupom temi. Nastavnici dobrog SMK-a su sposobni sami osmisлити nastavne aktivnosti ili modificirati one ponuđene u udžbeniku, dok se oni s lošim SMK-om isključivo pridržavaju aktivnosti koje pronađu u udžbeniku.

(e) *Način vrednovanja.* Nastavnici lošeg SMK-a uglavnom provode evaluaciju na način da od učenika zahtijevaju čistu reprodukciju informacija iz udžbenika, dok nastavnici koji dobro poznaju predmetni sadržaj učenicima postavljaju pitanja koja zahtijevaju razumijevanje i primjenu usvojenog gradiva (Hasweh, 1987).

(f) *Komunikaciju s učenicima u smislu vođenja rasprave na temu, te kritičkog osvrtnja na njihova pitanja i zaključke.* Bolje poznavanje predmetnog sadržaja omogućuje nastavnicima da tijekom rasprave na ispravan način odgovaraju na učenička pitanja i komentiraju njihova razmišljanja, te na takav način usmjeravaju njihove zaključke (Hasweh, 1987).

(B) Iskustvo rada u nastavi pozitivno doprinosi razvoju PCK, ali nije garancija za njegov razvoj. Drugim riječima, ne podrazumijeva se da će nastavnik samo zato što ima dugogodišnje radno iskustvo biti kompetentan, odnosno da će imati dobro razvijen PCK. Friedrichsen i suradnici (2009) su istraživali utjecaj duljine nastavne prakse na PCK. U istraživanju su sudjelovale četiri nastavnice biologije; dvije bez imalo radnog iskustva i dvije s jednom, odnosno dvije godine nastavničke prakse. Rezultati su pokazali generalno slabu razinu PCK-a kod svih ispitanica na koju je najviše utjecao nivo SMK-a, orijentacija nastavnica i njihovo pedagoško znanje. Sve sudionice su imale didaktičku orijentaciju. Poučavanje su doživljavale kao postupak kojim govore učenicima što trebaju naučiti, a proces učenja kao pamćenje činjenica koje su im prenijele. Za nastavnu jedinicu "Nasljedivanje" nedostajalo im je znanja o učenicima, nastavnim metodama, kurikulumu te vrednovanju. Ipak, postojale su neke razlike između dvije skupine. Nastavnice bez iskustva nisu imali predodžbu o tome da učenici mogu imati određene poteškoće prilikom učenja, dok su nastavnici s iskustvom to očekivali iako nisu znali navesti o kojim bi se poteškoćama moglo raditi. Razlikovali su se i u poznavanju nastavnih metoda, državnih standarda i načinu vrednovanja. Međutim, najveća razlika među njima je bila u sposobnosti da integriraju različite domene znanja. Kod nastavnica s iskustvom je, primjerice, znanje o učenicima utjecalo na njen način vrednovanja, dok kod početnica nije uočena nikakva interakcija. Zbog svega navedenog, istraživači smatraju da nastavno iskustvo olakšava integraciju različitih domena znanja te samim time doprinosi razvoju PCK-a, ali da bi se on u potpunosti razvio potrebno je da nastavnik uči putem refleksije, odnosno analizirajući svoj rad (Friedrichsen i sur., 2009). PCK nastavnika se intenzivno oblikuje tijekom prvih mjeseci i godina njegovog radnog staža. U tom periodu, znanja koja je stekao na fakultetu, nastavnik prilagođava potrebama škole i učenika, odnosno školskom kontekstu

(Kind, 2009). Primjerice, u istraživanju Rollnika i suradnika (2008), nastavnik koji je imao dobar SMK se svjesno opredijelio za proceduralni (umjesto konceptualni) pristup u poučavanju zbog načina završnog načina vrednovanja učenika.

(C) Na sam proces formiranja PCK-a pozitivno utječe i samopouzdanje nastavnika, poticajna radna sredina te mogućnost kvalitetne suradnje s kolegama. Gess-Newsom i Lederman (1995) smatraju da dobro poznavanje teme poučavanja nastavniku pruža osjećaj sigurnosti, a samim time i veće samopouzdanje koje pozitivno utječe na osmišljavanje specifičnog PCK-a.

IV. PREDMETNE KOMPETENCIJE STUDENATA I NASTAVNIKA

Zbog toga što SMK nastavnika ima veliki utjecaj na poučavanje, važno je shvatiti kakvo znanje imaju studenti te nastavnici koji su tek završili svoje fakultetsko obrazovanje. Gess-Newsome i Lederman (1993) su uspoređivale strukturu znanja studenata biologije na zadnjoj godini studija i iskusnih nastavnika biologije. Istraživanje je pokazalo da studenti nisu svjesni strukture svog SMK. Cjelokupno predmetno znanje im je uglavnom fragmentirano i nedovoljno povezano. Prikazujući svoj SMK u obliku umne mape, studenti su uglavnom nabrajali biološke kolegije koje su imali na fakultetu iz čega je vidljivo da tijekom obrazovanja nisu stekli cjelovitu i integriranu sliku predmetnog područja. Strukture znanja im nisu bile stabilne stoga je na njih lako utjecala refleksija, edukacijski programi osmišljeni u okviru istraživanja te sam čin poučavanja kroz koje su studenti dobili potpuno drugačiji uvid u sam proces. Uslijed refleksije i edukacijskih programa studenti su svoje znanje doživjeli kroz prizmu poučavanja te su o njemu počeli razmišljati na način na koji bi ga prezentirali učenicima, što je imalo veliki utjecaj na promjenu samih struktura znanja. Istraživači su zaključili da je refleksija jako važna za stjecanje integriranog znanja. Međutim, refleksija se ne događa spontano tijekom fakultetskog obrazovanja već ju je potrebno ciljano provoditi. Iako su se kod ovih studenata dogodile pozitivne promjene u strukturi znanja, planiranje nastave, dinamika nastavnih aktivnosti i upravljanjem razredom im je dodatno otežalo mogućnost njegove integracije odmah na početku radnog iskustva. Autorice smatraju da će za njihovu uspješnu integraciju vjerojatno biti potrebno još nekoliko godina iskustva (Newsome i Lederman, 1993).

Rezultati istraživanja Abd-El-Khalicka (2006) su kod studenata biologije pokazali slične opće strukture znanja. One nisu ukazivale na prirodu područja biologije kako znanosti i sastojale su se uglavnom od izoliranih informacija koje nisu bile povezane s ostatkom područja. Strukture znanja kod iskusnih nastavnika su bile različite. Jedni su zadržavali strukturu ponuđenu udžbenikom (linearna struktura), dok je kod drugih ona bila cjelovita i integrirana. Nastavnik koji se često bavio analizom svog rada i refleksijom na vlastito znanje razvio je konceptualni pogled na biologiju, dok se druga nastavnica bavila aktivnostima koje su zadržale i učvrstile

njeno linearno doživljavanje predmetnog područja. S obzirom da između jedne nastavnice i ostalih studenata nisu postojale značajne razlike u općim strukturama znanja, može se zaključiti kako samo nastavno iskustvo nije dovoljno da bi se stvorio integrirani pogled na područje poučavanja, što dodatno naglašava važnost refleksije na vlastito znanje. S druge strane, razlike među specifičnim strukturama znanja studenata i iskusnih nastavnika su bile više nego očite. Prilikom planiranja nastavne jedinice fotosinteze, početnici su stavljali naglasak na brojne strukturalne i kemijske promjene, dok su iskusni nastavnici ponudili dosta jednostavnije objašnjenje fotosinteze s naglaskom na njenom značaju u hranidbenom lancu i potrebi živih bića za kisikom što su studenti potpuno zanemarili. Ovakvi rezultati pokazuju kako studenti prilikom planiranja uopće ne uzimaju u obzir potrebe učenika, koje su u slučaju iskusnih nastavnika bile od presudne važnosti i koje su u konačnici oblikovale njihovo znanje (Abd-El-Khalick, 2006).

V. VAŽNOST OSNAŽIVANJA BUDUĆIH NASTAVNIKA ZA PCK - POTEŠKOĆE I PERSPEKTIVE

Metodičke kompetencije (PCK) su znanja svojstvena za svakog pojedinog nastavnika, ipak, postoje određene karakteristike kojima se može opisati PCK većine studenata i početnika. Prilikom poučavanja, uglavnom se fokusiraju na činjenično umjesto konceptualno znanje, premalo pozornosti pridodaju glavnim idejama unutar teme, strogo se pridržavaju struktura ponuđenih u udžbeniku i priručniku za nastavnike, nedovoljno poznaju učeničke prekonceptije i miskoncepcije, teško uočavaju koje dijelove gradiva učenici smatraju teškim za učenje, a prilikom poučavanja uglavnom koriste frontalne oblike rada (Penso, 2002).

I sami studenti smatraju da im formalno fakultetsko obrazovanje ne osigurava stjecanje svih znanja potrebnih za kvalitetnu nastavnu praksu. Prilikom izrade nastavne pripreme susreću se s brojnim poteškoćama poput nemogućnosti da učenicima primjereno objasne pojedine koncepte (De Jong i sur., 1999; Kapyla, Heikkinen i Asunta, 2009; Özden, 2008), pravilno demonstriraju eksperiment ili vode nastavnu diskusiju (De Jong i sur., 1999), točno procjene vrijeme potrebno za neku nastavnu aktivnost (De Jong i sur., 1999; Kapyla, Heikkinen i Asunta, 2009), zainteresiraju učenike za temu ili upravljaju razredom (Kapyla, Heikkinen i Asunta, 2009; Özden, 2008). Također, smatraju da nedovoljno poznaju učeničke prekonceptije i miskoncepcije (Kapyla, Heikkinen i Asunta, 2009; Özden, 2008). Studenti imaju potrebu da tijekom redovnog obrazovanja steknu bolje znanje o pojedinim znanstvenim konceptima, nauče kako na jasan i konkretan način povežu nastavnu teoriju i praksu te uče o specifičnim nastavnim metodama. Smatraju da nisu dovoljno pripremljeni za buduće zanimanje jer im nedostaje nastavno iskustva koje bi mogli steći učestalijim promatranjem ili aktivnim sudjelovanjem u nastavi.

Mnogi istraživači se slažu sa studentima kada kažu da bi se PCK trebao direktno poučavati na fakultetu. Njegova primjena u obrazovanju budućih nastavnika bi mogla olakšati stjecanje pojedinih vještina i znanja koje su važne za njihov budući

profesionalni razvoj te pomoći u boljem razumijevanju i kvalitetnijem načinu razmišljanja o procesu učinkovitog poučavanja (Kind, 2009). Studentima i početnicima je važno ukazati na posebnost i kompleksnost buduće profesije jer mnogi od njih smatraju da je poučavanje jednostavno prenošenje vlastitih znanja na učenike (Geddis, 1993). Kind (2009) smatra da je u edukaciji budućih nastavnika najbolje primjenjivati transformativni model PCK-a s obzirom da je integrativni model svojstveniji iskusnim nastavnicima, te da je za tu svrhu najpogodniji Maggnusonov PCK model.

Primjena PCK-a u obrazovanju budućih nastavnika bi studentima omogućila i da nastavničko zanimanje promatraju s gledišta iskusnih nastavnika. Kako bi im pomogle da bolje razumiju proces učenja i poučavanja, Loughran, Mulhall i Berry (2008) su studente prirodoslovlja upoznali s konceptom PCK-a primjenom CoRes-a (*Content Representations*) i paPeRsa-a (*Pedagogical and Professional-experience Repertoires*). Izrada CoRes-a se pokazala kao koristan vodič za pripremanje nastavnog sata te je imala pozitivan učinak na samopouzdanje studenata. Uzimajući u obzir sastavnice PCK-a, studenti su pokušavali integrirati svoje predmetno i pedagoško znanje na način da sadržaj bude što razumljiviji učenicima. Prilikom planiranja nisu razmišljali samo o temi poučavanja, već su uzimali u obzir i čimbenike o kojima inače ne razmišljaju, poput miskoncepcija učenika ili načina na koji će pomoći učenicima da savladaju i razumiju teško gradivo. Studenti su zaključili da im je poznavanje PCK-a pomoglo u izradi nastavne pripreme, načinu razmišljanja o temi i njenom poučavanju, te odabiru nastavnih aktivnosti u skladu s načinima na koje učenici najbolje uče. Učenje o poučavanju uz pomoć PCK-a je studentima omogućilo i stjecanje suvremenijeg pogleda na nastavničku struku te im dalo smjernice kako da usmjere vlastito učenje s ciljem budućeg profesionalnog usavršavanja.

Abd-El-Khalick (2006) je zaključio da se PCK razvija s iskustvom što predstavlja ograničavajući faktor za njegovo poučavanje na fakultetu. Međutim, iako njegovom implementacijom u obrazovanje budućih nastavnika ne možemo dobiti potpuno formirane nastavnike, PCK studentima može biti jako koristan za upoznavanje različitih nastavnih strategija i aktivnosti, alternativnih prikaza, analogija, metafora te formiranje integriranijeg predmetnog znanja. Također, istraživanje i mjerenje PCK-a kod studenata može biti dobar temelj za osmišljavanje boljeg formalnog obrazovanja budućih nastavnika i poboljšanje kvalitete nastavničkog kadra, te samim time unaprjeđenje cjelokupnog edukacijskog sustava (Chapoo, Thathong i Halim, 2014; Evens, Elen i Depaepe, 2015).

VI. METODIČKE KOMPETENCIJE ZA POUČAVANJE PROCESA FOTOSINTEZE

S obzirom da su metodičke kompetencije (PCK) nastavnika karakteristične za svaku pojedinu temu, svrha ovog poglavlja je istražiti što je već poznato o konceptu fotosinteze u kontekstu poučavanja, a može poslužiti u razvoju specifičnog PCK-a kod studenata i nastavnika biologije.

Mnogi autori naglašavaju važnost učeničkog razumijevanja ovog procesa (da Silva, Bernardes i Padua, 2007; Amir i Tamir, 1994; Metioni, Matoussi i Trudel, 2015; Waheed i Lucas, 1992). Fotosinteza je osnovni preduvjet za razumijevanje načina na koji funkcioniraju ekosustavi. Nadalje, predstavlja temeljni proces za razvoj života na Zemlji i ključna je za razumijevanje povezanosti svih živih bića. Povezuje živi i neživi svijet jer iz anorganskih tvari stvara organske tvari bogate energijom uslijed čega dolazi do oslobađanja kisika. Te energetski bogate organske tvari živa bića (pa tako i same biljke) koriste kao izvor energije koja se, uz prisutnost kisika, oslobađa u njihovim stanicama, a nužna je za rad i razvoj organizama. Zbog svega navedenog, fotosinteza zauzima središnje mjesto u premetnom kurikulumu biologije i poučava se na različitim razinama obrazovanja.

Učenici često nailaze na poteškoće prilikom učenja procesa fotosinteze. Russell, Netherwood i Robinson (2004) smatraju da tome doprinose kompleksnost teme, nemogućnost vizualizacije što učenicima otežava njeno povezivanje sa svakodnevnim iskustvima te problemi praktične demonstracije zbog neadekvatne ili skupe opreme.

U prilog dobro razvijenog PCK-a kod nastavnika biologije ne govori činjenica da učenici imaju veliki broj miskoncepcija na ovu temu (Barras, 1984; Treagust, 1988; Anderson, Sheldon i Dubay, 1990; Amir i Tamir, 1994; Cañal, 1999; Özay i Öztaş, 2003; Akpınar, 2007). Köse (2008) pregledno iznosi miskoncepcije učenika o fotosintezi i disanju biljaka zabilježene u različitim istraživanjima. Neke od najčešće evidentiranih miskoncepcija su "fotosinteza je disanje biljaka", "fotosinteza je proces proizvodnje energije koja je potrebna biljci za rast", "fotosinteza se događa uglavnom u listovima", "po danu biljke fotosintezom uzimaju CO₂, a izbacuju O₂, dok po noći uzimaju O₂, a izbacuju CO₂.", "biljka koristi sunce kako bi živjela i rasla", "biljka jede mineralne tvari", "biljka se hrani vodom", "biljke dišu samo noću" (Köse, 2008).

Barras (1984) smatra da se miskoncepcija "disanje je proces koji se odvija kod životinja, a fotosinteza kod biljaka" javlja kod učenika zbog korištenja tematskih prikaza na kojima se kao primjer za disanje uvijek koriste samo životinje, a ne i biljke. Također, mišljenja je da miskoncepciju "biljke rade fotosintezu danju, a dišu noću" vjerovatno uzrokuje primjena sažetih jednadžbi fotosinteze i disanja. Promatranjem tih jednadžbi, učenici mogu zaključiti da se radi o dva suprotna procesa koja se ne mogu događati istodobno.

Za uklanjanje i sprječavanje miskoncepcija kod učenika na temu fotosinteze i disanja kod biljaka predložene su brojne metode i strategije koje izazivaju konceptualne promjene poput upotrebe grafičkih prikaza (Amir i Tamir, 1994), konceptualnih crteža (Ekici, Ekici i Aydın, 2007) modela dvostrukog učenja (Akpınar, 2007), generativne strategija učenja (Barker i Carr, 1989).

Roth, Anderson i Smith (1987) su izvjestili o slučaju poučavanja fotosinteze kod učenika osnovnoškolskog uzrasta. Rezultati pokazuju da samo aktivno učenje (u ovom slučaju izvođenje eksperimenta) u odnosu na tradicionalnu nastavu (u ovom slučaju dominantno korištenje udžbenika) nema veliki utjecaj na uklanjanje miskoncepcija kod učenika i usvajanje znanstveno ispravnih činjenica ukoliko izostane pravovremena

informacija od strane nastavnika. Naime, učenici tog uzrasta često vjeruju da biljka uzima hranu iz zemlje te da im je sunčeva svjetlost jednostavno potrebna za život ne povezujući je s procesom proizvodnje hrane. Nastavnica koja je sudjelovala u ovom istraživanju je smatrala da učenici najbolje uče aktivno sudjelujući u nastavi. Međutim, kada je svoje poučavanje temeljila samo na izvođenju eksperimenta (sadržaj sjetmenki u mraku i na svijetlu) i nije učenicima davala povratnu informaciju o njihovim prekonceptijama i opažanjima po završetku eksperimenta, oni su samo potvrdili svoja razmišljanja (dokazali su da su biljke bez sunca uvenule) i nisu usvojili znanstveno ispravne informacije. U drugom slučaju je postavljanjem pitanja usmjeravala njihova razmišljanja i zaključke (pr. kako je sjetmenka uopće proklijala bez svjetlosti i zašto je nakon toga ipak uvenula) zbog čega su učenici odbacili prethodne miskoncepcije i prihvatili znanstveno ispravno objašnjenje da je biljci svjetlost potrebna za stvaranje hrane koju u procesu klijanja crpe iz supki (Roth, Anderson i Smith, 1987).

Fotosinteza je kompleksna biološka tema koja se može razmatrati sa nekoliko aspekata (ekološkog, fiziološkog, biokemijskog, energetskog) što učenicima dodatno otežava njeno potpuno razumijevanje. Waheed i Lucas (1992) su istražili razumijevanje fotosinteze kod učenika u dobi od 14-15 godina. Rezultati pokazuju da učenici uglavnom razumiju ekološki (95%), biokemijski (79%) i fiziološki aspekt fotosinteze (74%), dok energetski aspekt razumije svega 16% učenika. Međutim, rezultati su dosta lošiji kada se od učenika traži da povežu različite aspekte fotosinteze. Samo je 9% učenika poznavalo sva četiri navedena aspekta, a samo 2% ih je znalo objasniti njihove međusobne poveznice.

Cakiroglu i Boone (2002), Cokadar (2012), Anderson, Sheldon i Dubay (1990), Brown i Schwartz (2009), Ross, Tronson i Ritchie (2006), Galvin, Simmie i O'Grady (2015), Skribe Dimec i Strgar (2017) su izvjestili o poznavanju fotosinteze i disanja biljaka kod studenata. Rezultati pokazuju da studenti često imaju iste miskoncepcije kao i učenici (Cakiroglu i Boone, 2002; Cokadar, 2012; Anderson, Sheldon i Dubay 1990). Galvin, Simmie i O'Grady (2015) su istraživali poznavanje fotosinteze i disanja kod 43 buduća nastavnika biologije na trećoj godini studija. Rezultati pokazuju da studenti generalno dobro poznaju koncept fotosinteze (reaktante i produkte fotosinteze, pretvorbu energije) ali imaju miskoncepcije vezano za pigmente u kloroplastima, smatraju da je disanje kod biljaka suprotno onome u životinja te da se izmjena plinova kod biljaka događa samo kroz puči na listovima. Studenti su samouvjereni po pitanju poznavanja procesa fotosinteze te ih većina (75%) smatra da je bi bilo sposobno ukloniti miskoncepcije kod učenika, iako samo mali broj studenata (2%) zaista i čita literaturu po tom pitanju (Galvin, Simmie i O'Grady, 2015). Skribe Dimec i Strgar (2017) su također istraživali osnovno poznavanje procesa fotosinteze među studentima biologije i kemije i pronašli zadovoljavajuće rezultate. Sanders (1993) je, s druge strane pronašla da nastavnici biologije imaju veliki broj miskoncepcija na temu fotosinteze i disanja.

Çokadar (2012) je istraživao poznavanje procesa fotosinteze budućih učitelja (četvrti i peti razred) i nastavnika prirodoslovlja (šesti, sedmi i osmi razred). Učitelji

prirodoslovlja su imali miskoncepcije poput "fotosinteza je proces u kojem biljka uzima CO₂, a otpušta O₂", "fotosinteza je proces u kojem biljke, uz prisutnost svjetla, pretvaraju CO₂ u O₂", "fotosinteza je oblik disanja kojeg biljke rade na svjetlu". Nastavnici prirodoslovlja su imali miskoncepcije "krajnji produkt fotosinteze je glukoza" i "disanje je suprotan proces od fotosinteze". Obe skupine studenata su imale i miskoncepciju "disanje je izmjena plinova CO₂ i O₂". Točno objašnjenje fotosinteze je imalo 42% nastavnika i 5% učitelja, dok je za proces disanja to bilo 29% nastavnika i 2% učitelja.. Cokadar (2012) smatra da je uzrok ovih miskoncepcija vjerovatno njihovo loše poznavanje kemijskih reakcija u tim procesima.

Käpylä, Keikkinen i Asunta (2009) su izvjestile o PCK-u studenata biologije za poučavanje fotosinteze čiji su rezultati već ranije spomenuti u ovom radu. Istraživanje je pokazalo da studenti biologije imaju nekoliko miskoncepcija na temu fotosinteze, generalno nedovoljno poznaju specifične nastavne metode te prilikom planiranja više pozornosti posvećuju nastavnom sadržaju nego potrebama učenika.

LITERATURA

- Abd-El-Khalick, F. (2006). Preservice and Experienced Biology Teachers' Global and Specific Subject Matter Structures: Implications for Conceptions of Pedagogical Content Knowledge. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 2(1), 1-29.
- Abell, S.K., Siegel, M.A. (2011). Assessment Literacy: What Science Teachers Need to Know and Be Able to Do. In: Corrigan D., Dillon J., Gunstone R. (Eds.), *The Professional Knowledge Base of Science Teaching* (205-221). Springer, Dordrecht.
- Adams, P. E. & Krockover, G. H. (1997). Beginning Science Teacher Cognition and Its Origins in the Preservice Secondary Science Teacher Program. *Journal of Research in Science Teaching*, 34 (6), 633-653.
- Akpınar, E. (2007). The Effect of Dual Situated Learning Model on Students' Understanding of Photosynthesis and Respiration Concepts. *Journal of Baltic Science Education*, 6 (3), 16-26.
- Amir, R. & Tamir, P. (1994). In-Depth Analysis of Misconceptions as a Basis for Developing Research-Based Remedial Instruction: The Case of Photosynthesis. *The American Biology Teacher*, 56 (2), 94-100.
- Anderson, C. W., Sheldon, T. H. & Dubay, J. (1990). The Effects of Instruction on College Nonmajors' Conceptions of Respiration and Photosynthesis. *Journal of Research in Science Teaching*, 27 (8), 761-776.
- Anderson, C.W., Sheldon, T. H. & DuBay, J. (1990). The effect of instruction on college nonmajor' conceptions of photosynthesis and respiration. *Journal of Research in Science Teaching*, 27 (8), 761-776.
- Bahar, M. (2003). Misconceptions in Biology Education and Conceptual Change Strategies. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 3 (1), 55-64.
- Barker, M. & Carr, M. (1989). Teaching and learning about photosynthesis. Part 1: An assessment in terms of students' prior knowledge. *International Journal of Science Education*, 11 (1), 49-56.
- Barras, R. (1984). Some misconceptions and misunderstandings perpetuated by teachers and textbooks of biology. *Journal of Biological Education*, 18 (3), 201-206.
- Bean, T. W., Searles, D., Singer, H. & Cowen, S. (1990). Learning Concepts from Biology Text Through Pictorial Analogies and an Analogical Study Guide. *The Journal of Educational Research*, 83(4), 233-237.
- Bol, L., Strage, A. (1996). The contradiction between teachers' instructional goals and their assessment practices in high school biology courses. *Science Education*, 80 (2), 145-163.
- Borko, H., Putnam, R. (1996). Learning to Teach. In D. Berliner, & R. Calfee (Eds.), *Handbook of Educational Psychology* (673-708). New York: MacMillan.
- Brown, M. H. & Schwartz, R. S. (2009). Connecting photosynthesis and cellular respiration: Preservice teachers' conceptions. *Journal of Research in Science Teaching*, 46 (7), 791-812.
- Bucat, R. (2004). Implications of chemistry education research for teaching practice: Pedagogical content knowledge as a way forward. *Chemistry Education: Research and Practice*, 5(3), 215-218.
- Cakiroglu, J. & Boone, W. (2002). Preservice elementary teachers' self-efficacy beliefs and their conceptions of photosynthesis and inheritance. *Journal of Elementary Science Education*, 14(1), 1-14.
- Cañal, P. (1999). Photosynthesis and 'inverse respiration' in plants: an inevitable misconception?. *International Journal of Science Education*, 21 (4), 363-371.
- Cansız, N. & Cansız, M. (2016). Preservice science teachers' orientations towards teaching science to middle schoolers. *International Journal on New Trends in Education and Their Implications*, 7 (3), 69-78.
- Chapoo, S., Kongsak, T. & Halim, L. (2014). Biology Teachers' Pedagogical Content Knowledge in Thailand: Understanding & Practice. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 116, 442-447.
- Çimer, A. (2012). What makes biology learning difficult and effective: Students' views. *Educational Research and Reviews*, 7 (3), 61-71.
- Çokadar, H. (2012). Photosynthesis and Respiration Processes: Prospective Teachers' Conception Levels. *Education and Science*, 37 (164), 81-93.
- da Silva, J. M, da Silva, A. B & P' dua, M. (2007). Modulated chlorophyll a fluorescence: a tool for teaching photosynthesis. *Journal of Biological Education*, 41 (4), 178 - 183.
- De Jong, O., Ahtee, M., Goodwin, A., Hatzinikita, V. & Koulaides, V. (1999). An International Study of Prospective Teachers' Initial Teaching Conceptions and Concerns: the case of teaching 'combustion'. *European Journal of Teacher Education*, 22(1), 45 - 57.
- Domingos-Grilo, P., Reis-Grilo, C., Ruiz, C. & Mellado, V. (2012) An action-research programme with secondary education teachers on teaching and learning photosynthesis. *Journal of Biological Education*, 46 (2), 72-80.
- Ekici, F., Ekici, E. & Aydin, F. (2007). Utility of Concept Cartoons in Diagnosing and Overcoming Misconceptions Related to Photosynthesis. *International Journal of Environmental & Science Education*, 2 (4), 111-124.
- Etoero, A. B. & Fabinu, O. E. (2017). Students' perceptions of difficult concepts in biology in senior secondary schools in Lagos state. *Global Journal of Educational Research*, 16, 139-147.
- Evens, M., Elen, J. & Depaepe, F. (2015). Developing Pedagogical Content Knowledge: Lesson Learned from Intervention Studies. *Education Research International*, 8, 1-23.
- Fernandez, C. (2014). Knowledge Base for Teaching and Pedagogical Content Knowledge (PCK): Some Useful Models and Implications for Teachers' Training. *Problems of Education in the 21st Century*, 60, 79-100.

- Friedrichsen, P. J., Abell, S. K., Pareja, E. M., Brown, P. L., Lankford, D. M. & Volkmann, M. J. (2009). Does teaching experience matter? Examining biology teachers' prior knowledge for teaching in an alternative certification program. *Journal of Research in Science Teaching*, 46 (4), 357-383.
- Friedrichsen, P. M. & Dana, T. M. (2003). Using a Card-Sorting Task to Elicit and Clarify Science-Teaching Orientations. *Journal of Science Teaching Education*, 14 (4), 291-309.
- Friedrichsen, P., Van Driel, J. H. & Abell, S. K. (2010). Taking a Closer Look at Science Teaching Orientations. *Science Education*, 95 (2), 358-376.
- Galvin, E., Simmie, G. M. & O'Grady, A. (2015). Identification of Misconceptions in the Teaching of Biology: A Pedagogical Cycle of Recognition, Reduction and Removal. *Higher Education of Social Science*, 8 (2), 1-8.
- Geddis, A. N. (1993). Transforming subject-matter knowledge: The role of pedagogical content knowledge in learning to reflect on teaching. *International Journal of Science Education*, 15(6), 673-683.
- Geddis, A. N., Onslow, B. Beynon, C. & Oesch, J. (1993). Transforming Content Knowledge: Learning to Teach about Isotopes. *Science Education*, 77 (6), 575-591.
- Gess-Newsom, J. & Lederman, N. G. (1993). Preservice biology teachers' knowledge structures as a function of professional teacher education: A year-long assessment. *Science Education*, 77 (1), 25-45.
- Gess-Newsom, J. & Lederman, N. G. (1995). Biology teachers' perceptions of subject matter structure and its relationship to classroom practice. *Journal of Research in Science Education*, 32 (3), 301-325.
- Gess-Newsome, J. (1999). Pedagogical Content Knowledge: an introduction and orientations. In J. Gess-Newsome & N.G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge: The construct and its implications for science education* (pp. 3-17). Boston, MA: Kluwer.
- Grossman, P. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. New York, Teachers College Press.
- Halim, L. & Meerah, S. M. (2002). Science Trainee Teachers' Pedagogical Content Knowledge and its Influence on Physics Teaching. *Research in Science & Technological Education*, 20 (2), 215-225.
- Hashweh, M. Z. (1987). Effects of subject-matter knowledge in the teaching of biology and physics. *Teaching and Teacher Education*, 3(2), 109-120.
- Käpylä, M., Heikkinen, J-P. & Asunta, T. (2009). Influence of Content Knowledge on Pedagogical Content Knowledge: The case of teaching photosynthesis and plant growth. *International Journal of Science Education*, 31 (10), 1395-1415.
- Kind, V. (2009). Pedagogical content knowledge in science education: perspectives and potential for progress. *Studies in Science Education*, 45 (2), 169-204.
- Köse, S. (2008). Diagnosing Student Misconceptions: Using Drawings as a Research Method. *World Applied Sciences Journal*, 3 (2), 283-293.
- Lee, E. & Luft, J. A. (2008). Experienced Secondary Science Teachers' Representation of Pedagogical Content Knowledge. *International Journal of Science Education*, 30 (10), 1343-1363.
- Loughran, J., Mulhall, P. & Berry, A. (2008). Exploring Pedagogical Content Knowledge in Science Teacher Education. *International Journal of Science Education*, 30 (10), 1301-1320.
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In J. Gess-Newsome & N.G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge: The construct and its implications for science education* (pp. 95-132). Boston, MA: Kluwer.
- Mastrilli, T. M. (1997). Instructional Analogies Used by Biology Teachers: Implications for Practice and Teacher Preparation. *Journal of Science Teacher Education*, 8 (3), 187-204.
- Mathethwa-Kunene, E., Onwu, G. O. & de Villiers, R. (2015). Exploring Biology Teachers' Pedagogical Content Knowledge in Teaching of Genetics in Swaziland Science Classrooms. *International Journal of Science Education*, 37 (7), 1140-1165.
- Métioui, A., Matoussi, F. & Trudel, L. (2015). The Teaching of Photosynthesis in Secondary School: A History of the Science Approach. *Journal of Biological Education*, 50 (3), 275-289.
- Özay, E. & Öztaş, H. (2003). Secondary students' interpretations of photosynthesis and plant nutrition. *Journal of Biological Education*, 37, 68-70.
- Özden, M. (2008). The Effect of Content Knowledge on Pedagogical Content Knowledge: The Case of Teaching Phases of Matters. *Educational Sciences: Theory and Practice*, 8(2), 633-645.
- Park, S. & Oliver, J. S. (2008). Revisiting the Conceptualisation of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as Professionals. *Research in Science Education*, 38(3), 261-284.
- Penso, S. (2002). Pedagogical Content Knowledge: How do student teachers identify and describe the causes of their pupils' learning difficulties?. *Asia-Pacific Journal of Teacher Education*, 30(1), 25-37.
- Rollnick, M., Bennett, J., Rhemtula, M, Dharsey, N. & Ndlovu, T. (2008). The Place of Subject Matter Knowledge in Pedagogical Content Knowledge: A case study of South African teachers teaching the amount of substance and chemical equilibrium. *International Journal of Science Education*, 30 (10), 1365-1387.
- Ross, P., Tronson, D. & Ritchie, R. J. (2006). Modelling Photosynthesis to Increase Conceptual Understanding. *Journal of Biological Education*, 40 (2), 84-88.
- Roth, K. J., Anderson, C. W. & Smith, E. L. (1987). Curriculum materials, teacher talk and student learning: case studies in fifth grade science teaching. *Journal of Curriculum Studies*, 19 (6), 527-548.
- Russell, A. W., Netherwood, G. M. A. & Robinson, S. A. (2004). Photosynthesis In Silico. Overcoming the Challenges of Photosynthesis Education Using a Multimedia CD-ROM. *Bioscience Education*, 3 (1), 1-14.
- Sanders, M. (1993). Erroneous Ideas About Respiration: The Teacher Factor. *Journal of research in science teaching*, 30 (8), 919-934.
- Sanders, W. L. & Horn, S. P. (1994). The Tennessee value-added assessment system (TVAAS): Mixed-model methodology in educational assessment. *Journal of Personnel Evaluation in Education*, 8, 299-311.
- Sanders, W. L., Horn, S. P. (1998): Research Findings from the Tennessee Value-Added Assessment System (TVAAS) Database: Implications for Educational Evaluation and Research. *Journal of Personnel Evaluation in Education*, 12 (3), 247-256.
- Schroeder, C.M., Scott, T. P., Tolson, H., Huang, T-Y. & Lee, Y-H. (2007). A meta-analysis of national research: Effects of teaching strategies on student achievement in science in the United States. *Journal of Research in Science Education*, 44 (10), 1436-1460.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15 (2), 4-14.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57 (1), 1-22.
- Skribe Dimec, D. & Strgar, J. (2017). Scientific conceptions of photosynthesis among primary school pupils and student teachers of biology. *CEPS Journal*, 7 (1), 49-68.

- Smith, D. C., Neale, D. C. (1989). The construction of subject matter knowledge in primary science teaching. *Teaching & Teacher Education*, 5 (1), 1-20.
- Tamir, P. (1988). Subject matter and related pedagogical knowledge in teacher education. *Teaching & Teacher Education*, 4 (2), 99-110.
- Tekkaya, C., Özkan, O. & Sungur, S. (2001). Biology Concepts Perceived as Difficult By Turkish High School Students. *Journal of Hacettepe University Education Faculty*, 21, 145-150.
- Tobin, K. & Garnett, P. (1988). Exemplary Practice in Science Classrooms. *Science Education*, 72 (2), 197-208.
- Treagust, D. (2007). General Instructional Methods and Strategies. In Abell, S. K. & Lederman, N. G. (Eds), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 373-391). New Jersey, USA: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Treagust, D. F. (1988). Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science. *International Journal of Science Education*, 10 (2), 159-169.
- Usak, M. (2009). Preservice Science and Technology Teachers' Pedagogical Content Knowledge on Cell Topics. *Educational Sciences: Theory and Practice*, 9 (4), 2033-2046.
- Waheed, T. & Lucas, A. (1992). Understanding interrelated topics: Photosynthesis at age 14+. *Journal of Biological Education*, 26, 193-199.
- Wilson, S.M., Shulman, L.S., & Richert, A.E. (1987). '150 different ways' of knowing: Representations of knowledge in teaching. In Calderhead, J. (Ed.), *Exploring teachers' thinking* (pp. 104-124). London: Cassell.
- Wise, K. C. (1996). Strategies for teaching science: What works?. *Clearing House*, 69, 337-338.
- Wright, S. P., Horn, S. P. & Sanders, W. L. (1997). Teacher and Classroom Context Effects on Student Achievement: Implication for Teacher Evaluation. *Journal of Personnel Evaluation in Education*, 11, 57-67.