



Strokovne podlage za didaktično uporabo IKT v izobraževalnem procesu za področje naravoslovja

Matej Urbančič, Marko Radovan,
Mateja Bevčič, Sara Droždek, Sanja Jedrinović,
Anja Luštek, Barbara Modec, Jerneja Pavlin, Iztok Tomažič,
Vesna Ferk-Savec

Kazalo

Uvod	3
Didaktične kompetence učiteljev	4
Digitalne kompetence učiteljev	4
Priprava strokovnih podlag za didaktično uporabo IKT v izobraževalnem procesu	7
Teoretična izhodišča	7
Teoretična izhodišča za podpodročje biologije	9
Teoretična izhodišča za podpodročje fizike	10
Teoretična izhodišča za podpodročje kemije	11
Ugotovitve iz analize stanja na pedagoških študijskih programih za področje naravoslovja	13
Ugotovitve iz analize o znanju, kompetencah in veščinah didaktične uporabe IKT v pedagoških študijskih programih za področje naravoslovja	13
Ugotovitve iz evalvacije didaktičnih pristopov v pedagoških študijskih programih za področje naravoslovja	14
Ugotovitve iz analize intervjujev s predstavniki naprednih uporabnikov za področje naravoslovja	15
Analiza učnih načrtov za osnovno in srednjo šolo za področje naravoslovja	16
Univerzitetni študijski programi za področje naravoslovja	18
Predstavitev pilotnih izvedb posodobitev za področje naravoslovja	23
Pilotne izvedbe posodobitev s področja naravoslovja	23
Pilotne izvedbe posodobitev s področja biologije	23
Pilotne izvedbe posodobitev s področja fizike	24
Pilotne izvedbe posodobitev s področja kemije	24
Smernice za didaktično uporabo IKT v izobraževalnem procesu za področje naravoslovja	27
Kompetence učiteljev s področja naravoslovja	27
Smernice za področje naravoslovja	28
Zaključek	31
Viri	33

Uvod

Za uspešno uporabo z IKT podprtih inovativnih oblik poučevanja in učenja je nujno učiteljevo poznavanje različnih didaktičnih pristopov in možnosti za učinkovito uporabo IKT v pedagoškem procesu, pa tudi digitalna pismenost učitelja in učencev. Usposabljanje visokošolskih učiteljev za take oblike pedagoškega dela je bil glavni cilj pri pripravi in izvedbi projekta »IKT v pedagoških študijskih programih UL«, ki je omogočil posodobitev študijskih procesov na tem področju ter spodbudil uporabo inovativnih oblik poučevanja in učenja na visokošolskih zavodih, ki se ukvarjajo z izobraževanjem učiteljev.

V okviru projekta so visokošolski učitelji in sodelavci, ki izvajajo študijske programe za izobraževanje učiteljev (pedagoški študijski programi – PŠP), v pilotnih izvedbah posodobljenih predmetov usposabljali študente, bodoče osnovnošolske in srednješolske učitelje, za uporabo izbranih didaktičnih pristopov, podprtih z uporabo IKT v procesu poučevanja in učenja.

V projektu je sodelovalo devet članic Univerze v Ljubljani, ki ponujajo študijske programe za izobraževanje učiteljev: Akademija za glasbo, Biotehniška fakulteta, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Fakulteta za matematiko in fiziko, Fakulteta za računalništvo in informatiko, Fakulteta za šport, Filozofska fakulteta, Pedagoška fakulteta in Teološka fakulteta.

V sodelovanju s članicami smo oblikovali šest vsebinskih področij, na katerih visokošolski učitelj in sodelavci, vključeni v projekt, izvajajo študijske predmete. Ta področja so:

- (1) **Jeziki**, v katere so bili vključeni visokošolski učitelji in sodelavci, ki izvajajo PŠP na Filozofski in Pedagoški fakulteti;
- (2) **Družboslovje in humanistika**, v katera so bili vključeni visokošolski učitelji in sodelavci, ki izvajajo PŠP na Filozofski fakulteti;
- (3) **Matematika, Računalništvo in Tehnika**, v katere so bili vključeni visokošolski učitelji in sodelavci, ki izvajajo PŠP na Pedagoški fakulteti, Fakulteti za matematiko in fiziko in Fakulteti za računalništvo in informatiko;
- (4) **Naravoslovje**, v katero so bili vključeni visokošolski učitelji in sodelavci, ki izvajajo PŠP na Pedagoški fakulteti, Biotehniški fakulteti, Fakulteti za kemijo in kemijsko tehnologijo in Fakulteti za matematiko in fiziko;
- (5) **Umetnost**, v katero so bili vključeni visokošolski učitelji in sodelavci, ki izvajajo PŠP na Akademiji za glasbo in Pedagoški fakulteti ter

Interdisciplinarna skupina, v katero so bili vključeni visokošolski učitelji in sodelavci, ki izvajajo PŠP na Pedagoški fakulteti, Filozofski fakulteti in Fakulteti za šport.

Pomemben del dejavnosti v projektu je bil usmerjen na pripravo Strokovnih podlag za didaktično uporabo IKT v izobraževalnem procesu pri usposabljanju osnovnošolskih in srednješolskih učiteljev, pripravo Priporočil za opremljenost šol z IKT in zagotavljanje informacijske podpore učiteljem ter na posodobitev metod poučevanja in učnih gradiv in okolij, ki so v uporabi na pedagoških študijskih programih.

V okviru projekta smo organizirali štiri posvete z mednarodno udeležbo in izvedli deset delavnic za visokošolske učitelje in sodelavce. Izbrani visokošolski učitelji in sodelavci, ki poučujejo na sodelujočih devetih članicah UL, so ob podpori strokovnjakov za didaktično uporabo IKT razvili gradiva ter pripravili in izvedli več kot šestdeset pilotnih izvedb posodobljenih študijskih predmetov na omenjenih šestih vsebinskih področjih. Načrtovali in izvedli so tudi evalvacijo pilotnih izvedb posodobitev.

Projekt je pomemben tudi z vidika prepoznavanja možnosti, ki jih nudi uporaba IKT za doseganje digitalne pismenosti ter za vseživljenjsko učenje in konkurenčnost na trgu dela. Projekt pomembno prispeva k razvoju splošnih in poklicnih kompetenc diplomantov pedagoških študijskih programov na vseh omenjenih področjih. Pridobljena znanja bodo bodočim učiteljem omogočala tudi nadaljnje razvijanje komunikacijskih veščin in kritičnega mišljenja s sposobnostjo reševanja problemov.

Didaktične kompetence učiteljev

Čeprav v splošnem tehnologija sama po sebi še ne pomeni večje kakovosti pouka in učenja, lahko premišljeno načrtovanje in izvajanje ustreznih didaktičnih pristopov in strategij, ki vključujejo IKT, pomembno vpliva na kakovost poučevanja in učenja.

Premislek o ustrezni didaktični uporabi IKT je za učitelja in pouk ključen, saj učitelju pomaga pri odločanju, kdaj, kako in zakaj naj ga vključi v pouk. IKT omogoča vključevanje interaktivnosti, vizualizacije in drugih možnosti za podporo kognitivnim procesom, posredovanje povratnih informacij in ocenjevanja znanja, sodelovalno delo in izmenjavo zamisli, lažje iskanje, izbiro, izdelavo in shranjevanje učnih gradiv ter bolj učinkovito organiziranje učnih aktivnosti in administrativnih opravil, ki so povezana s pedagoškim procesom.

Vključevanje IKT od učitelja zahteva poznavanje pristopov za ustrezno uporabo IKT v izobraževalnem procesu ter znanja za pripravo didaktično ustreznih učnih gradiv in za ustrezen način njihovega vključevanja v pouk. Poznati mora tudi programska orodja in storitve za podporo sodobnim metodam poučevanja. Učitelj mora samoiniciativno iskati, razvijati in preizkušati možnosti za učinkovito uporabo IKT in ga kritično vrednotiti, uvajati na učenca usmerjene učne dejavnosti, prožne oblike dela, ustvarjalne naloge in inovativne projekte ter v največji meri upoštevati potrebe in zahteve posameznikov.

IKT vzpostavlja možnosti za računalniško podprto sodelovalno učenje, spreminja časovne in prostorske vidike izvajanja procesa izobraževanja ter organizacijo učenja. Sodelovalno učenje, podprto z IKT, zahteva tudi spremembo vloge učitelja. Ta predvsem pripravlja učne vsebine in strukturo pouka ter predvidi dejavnosti in vključevanje učencev v učni proces. V času izvajanja učnih dejavnosti spremlja delo učencev, jim daje povratne informacije in jim svetuje.

Uporaba tehnologije omogoča pri učenju z raziskovanjem hitrejšo pridobivanje, zbiranje, analizo in vrednotenje podatkov, zato ostane več časa za kritičen razmislek o pristopu raziskovanja in sprotne refleksije o opravljenem delu. Podobno učni pristopi pri problemsko zasnovanem delu zahtevajo usmerjenost nalog in dejavnosti k učencem, pri eksperimentalnem delu učinkovitejše izvajanje meritev in takojšnje predstavitev zbranih rezultatov, pri projektnem učnem delu pa omogočijo zbiranje in vrednotenje digitalnega gradiva.

Digitalne kompetence učiteljev

Prav zaradi navedenih razlogov, pa tudi zaradi eksponentne rabe računalniško podprtega IKT na vseh področjih življenja in dela, vse pomembnejše postajajo t. i. »digitalne kompetence« učiteljev. Digitalne kompetence je mogoče določiti splošno za vse državljane ([DigComp, 2013](#))¹, za izobraževalne ustanove ([DigCompOrg, 2016](#))² ali za učitelje ([DigCompEdu, 2017](#))³. Cilj vseh teh okvirov je poenotenje kategorij, ki omogočajo mednarodno primerljiv in skladen jezik za opisovanje ključnih kompetenc, določajo lestvice, s katerimi je mogoče opredeliti raven doseženih kompetenc, spremljati napredovanja na ravni posameznika ter prepoznati potrebe po nadaljnjem usposabljanju.

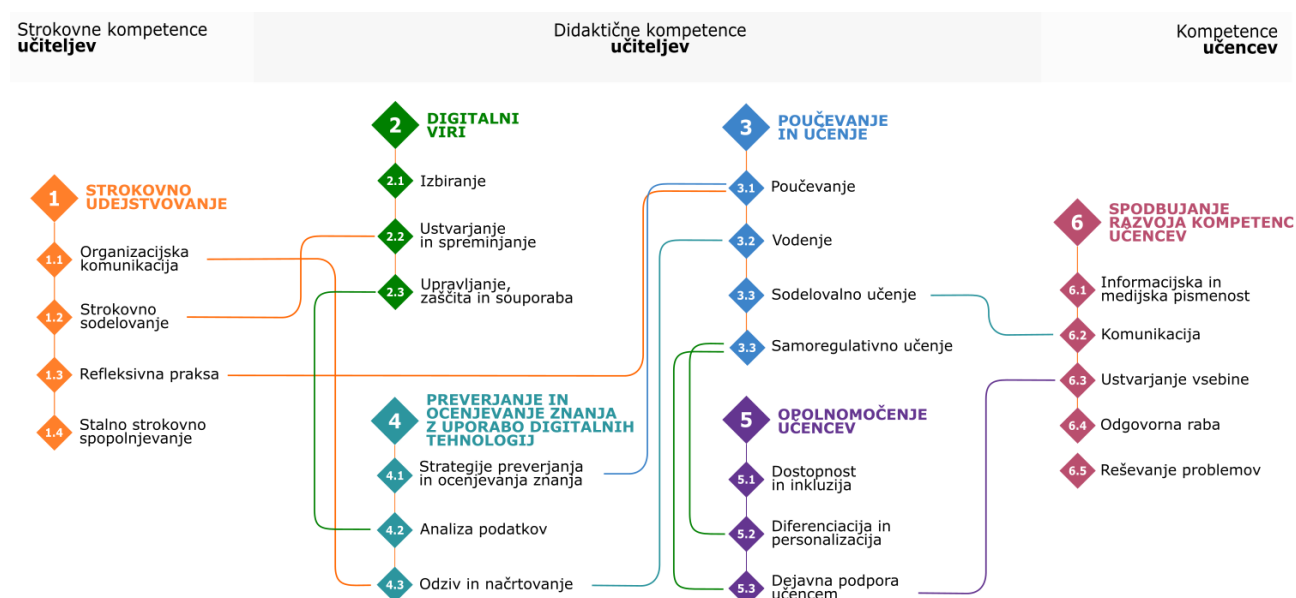
Digitalne kompetence ([DigComp, 2013](#)) so ena izmed osmih skupin ključnih kompetenc, ki jih je definirala skupina strokovnjakov pod okriljem Evropske komisije iz njihovega skupnega raziskovalnega središča v Seville ([Joint Research Centre – JRC](#))⁴. Nanašajo se na ustrezno in varno rabo celotnega nabora digitalnih tehnologij, ki povezujejo ljudi s podatki, omogočajo komunikacijo in pomagajo pri reševanju problemov na različnih področjih delovanja. Digitalne kompetence je treba obravnavati kot pomembne prečne kompetence, ki v digitalni dobi vplivajo na obvladovanje tudi mnogih drugih skupin kompetenc, od splošnega sporočanja do jezikovnih spretnosti, matematičnega in naravoslovnega znanja ter kulturne zavesti in izražanja.

Prisotnost različnih vrst digitalnih tehnologij in delo na področju izobraževanja zahtevata od učiteljev neprestano spremljanje razvoja in razvijanje lastnih digitalnih kompetenc. Poleg tega okvira je bilo na nacionalni in mednarodni ravni oblikovanih več referenčnih okvirov in orodij za samoocenjevanje doseganja kompetenc.

Strokovni okvir kompetenc za učitelje (DigCompEdu, 2017) je namenjen učiteljem na vseh ravneh izobraževanja, vključno s splošnim ter poklicnim in strokovnim, pa tudi izobraževanjem učencev s posebnimi potrebami in neformalnim izobraževanjem.

Okvir DigCompEdu opredeljuje **šest** področij kompetenc s skupno **dvaindvajsetimi** temeljnimi kompetencami. Te morajo učitelji obvladati, da lahko kakovostno opravljajo svoje pedagoško delo z uporabo informacijsko-komunikacijske tehnologije in tudi vse s tem delom povezane dejavnosti. Ključne za strokovne podlage so osrednje **didaktične kompetence**, ki zajemajo znanje in spretnosti s področja učenja in poučevanja. Za visokošolske učitelje so pomembne tudi kompetence s področja njihovega **strokovnega udejstvovanja**, ki vključuje organizacijo, sporočanje, strokovno sodelovanje in kakovostno refleksijo oziroma samoevalvacijo opravljenega dela. V okviru pedagoškega dela visokošolski učitelji posredno skrbijo tudi za razvoj **digitalnih kompetenc študentov**, kamor sodijo informacijska pismenost, sposobnost komunikacije z digitalnimi orodji in storitvami, znanje za ustvarjanje digitalnih gradiv, odgovorna raba digitalnih virov in kritična udeležba v javni digitalni sferi ter reševanje problemov z uporabo informacijsko-komunikacijske tehnologije.

Didaktične kompetence sodijo med znanja in spretnosti, povezana z informacijsko-komunikacijskimi tehnologijami, ki jih morajo študenti pridobiti med študijem.



Shema: Okvir digitalnih kompetenc, kot ga opredeljuje DigCompEdu 2.1.

Didaktične kompetence vključujejo štiri področja, povezana z načrtovanjem in izvajanjem pouka ter ocenjevanjem znanja.

1. Prvo področje didaktičnih kompetenc predstavljajo kompetence za delo z **digitalnimi viri**, torej kompetence, ki so nujne za učinkovito in odgovorno rabo razpoložljivih virov, ustvarjanje novih in izmenjavo sedanjih virov in gradiv za učenje, ob upoštevanju pravil avtorske in programske zaščite gradiv za objavo.
2. Drugo področje tvorijo kompetence za uporabo **digitalnih tehnologij** za izvedbo učnega procesa, vključno s podporo učencem za kakovostno učenje, kjer sta poudarjena samostojno in sodelovalno učenje.
3. Tretje področje kompetenc je povezano s procesi **preverjanja in ocenjevanja znanja** z uporabo IKT. V tem pogledu so pomembne strategije, ki omogočajo tako kakovostno formativno preverjanje znanja in spremljanje učencev skozi ves učni proces kot tudi kakovostno sumativno ocenjevanje znanja. Te dejavnosti, zlasti sprotne, formativno preverjanje znanja in spremljanje učencev, so lahko podkrepljene z analizo velike količine podatkov, ki jih je mogoče zbrati z IKT.

4. Četrto področje kompetenc je osredotočeno na **opolnomočenje** študentov za učinkovito učenje z zagotavljanjem dostopnosti, z inkluzijo, z upoštevanjem didaktičnega načela individualizacije, ki vključuje tako učno diferenciacijo kot tudi personalizacijo učenja, in z drugimi oblikami dejavne podpore učencem.

Za visokošolske učitelje je področje kompetenc za delo z **digitalnimi viri** pomembno zaradi poznavanja pestrosti možne uporabe, obsežnega nabora digitalnih (izobraževalnih) virov in programskih orodij, ki so na razpolago prek različnih oblik dostopa. Kompetence, ki jih potrebuje učitelj, vključujejo učinkovito iskanje, kritično ocenjevanje ustreznosti, upoštevanje omejitev uporabe in izbiranje ustreznih digitalnih virov, ki bodo uporabljeni pri pouku, z upoštevanjem dovoljenj za uporabo spletnih možnosti dostopa, razpoložljivost za delo brez povezave in zahtev po prijavljanju v storitev, možnosti ustvarjanja in predelave digitalnih virov s strogim upoštevanjem dovoljenj uporabe in izmenjave, zahtev ciljnih skupin, upoštevanje posameznih učnih ciljev, vsebine in didaktičnega pristopa ter upravljanje, uveljavljanje zaščite, izmenjava in souporaba digitalnih virov, s katero se omogoči varen in prost dostop do različnih objavljenih virov in gradiv.

Digitalne tehnologije lahko izboljšajo učno izkušnjo in na različne načine spreminjajo strategije **poučevanja in učenja** samo takrat, ko imajo učitelji ustrezne kompetence za to področje. Kompetence, ki jih mora imeti učitelj, so sposobnost za strokovno in učinkovito poučevanje, načrtovanje uvajanja digitalnih naprav in virov v pedagoški proces, uporabo tehnologije in vzpostavljanje digitalnega okolja v razredu za podporo pouku, ocenjevanje ustreznosti in učinkovitosti uporabljenih didaktičnih strategij, smiselno prilagajanje didaktičnih strategij ter razvoj in preizkušanje novih. Pri poučevanju je pomembna tudi uporaba tehnologije in storitev za povečanje interakcij med udeleženci v procesu izobraževanja in ponujanje sprotne in ciljno usmerjenega vodenja. Pomembni sta tudi uporaba digitalnih tehnologij za spodbujanje sodelovanja učencev v digitalnih okoljih in uporaba digitalnih tehnologij za spodbujanje samoregulativnega učenja.

Kompetence za **preverjanje in ocenjevanje znanja z uporabo digitalnih tehnologij** so zelo pomembne za celovito uvajanje inovacij na področju izobraževanja. Pri vključevanju digitalnih tehnologij v učenje in poučevanje je treba načrtovati uporabo IKT za formativno spremljanje in sumativno ocenjevanje znanja, razvijati strategije smiselne uporabe odzivnih sistemov, iger in vprašalnikov ter strategije sumativnega ocenjevanja s preizkusi znanja z uporabo različnih orodij IKT. Ob tem je nujno tudi kritično razmišljanje o ustreznosti digitalnega ocenjevanja, pristopov in prilagajanja strategij. Za to je ključna usposobljenost učitelja za zbiranje, kritično vrednotenje in tolmačenje digitalnih podatkov o dosežkih in napredovanju učencev za podporo izvajanju poučevanja in učenja, za posredovanje povratnih informacij ter za prilagajanje strategij za ciljno podporo učencem.

Med pomembnejšimi prednostmi uporabe digitalne tehnologije v izobraževanju je nedvomno tudi možnost spodbujanja večje dejavnosti vsakega posameznega učenca in njegove vključenosti v učni proces. Kompetence za podporo **opolnomočenju učencev** potrebujejo učitelji za spodbujanje dejavnega udejstvovanja učencev pri poglobljanju učnih vsebin, pri izvajanju poskusov in drugih učnih aktivnosti ter pri iskanju in spoznavanju povezav med obravnavanimi vsebinami pri refleksiji opravljenega dela. V učnih skupinah morajo biti učitelji zmožni zagotoviti dostopnost in inkluzijo, to je dostop do učnih virov in dejavnosti za vse učence, pa tudi ustrezno notranjo diferenciacijo in individualizacijo, ki omogoča večjo personalizacijo učenja. To pomeni upoštevanje pestrega nabora potreb učencev v skupini z uporabo digitalne tehnologije za individualno napredovanje in doseganje osebnih ciljev. Poleg tega je pomembna tudi dejavna podpora učencem pri uporabi digitalne tehnologije za spodbujanje prečnih veščin, kritičnega mišljenja in ustvarjalnega izražanja ter za spodbujanje raziskovalnega pristopa in dejavnega udejstvovanja učencev.

Pri pripravi strokovnih podlag za didaktično uporabo IKT v izobraževalnem procesu smo izhajali iz izsledkov teoretičnih in empiričnih raziskav, objavljenih v najbolj priznanih znanstvenih publikacijah, in rezultatov empiričnih raziskav, ki smo jih opravili v okviru pilotnih izvedb prenovljenih študijskih predmetov v okviru projekta, iz analize stanja na članicah UL, ki so sodelovale v projektu, iz intervjujev z zaposlenimi – naprednimi uporabniki IKT pri pedagoškem delu na teh članicah, iz analize študijskih programov na teh članicah in iz analize učnih načrtov za slovenske osnovne in srednje šole.

Teoretična izhodišča

Tehnologija je močno vpeta v sodobno življenje, s tem pa se povečujejo tudi potrebe po opredelitvi didaktičnega znanja, ki ga potrebujejo učitelji za kakovostno načrtovanje in izvajanje pouka ter spretnosti za ustrezno uporabo tehnologije. Uporaba sodobne informacijsko-komunikacijske tehnologije (IKT) v izobraževanju vključuje tudi potrebo po različnih naložbah v ustrezno infrastrukturo in naprave, v programske rešitve in storitve ter, kar je zlasti pomembno, v izobraževanje. Na področju vzgoje in izobraževanja so pomembne organizacijske spremembe v vodenju šolskega dela in izvajanju pouka, naložbe v razvoj novih didaktičnih pristopov in strategij ter v digitalne kompetence visokošolskih učiteljev, izvajalcev usposabljanja in drugih pedagoških delavcev. Za te spremembe je treba zagotoviti ustrezno izobraževanje in stalno strokovno izpopolnjevanje učiteljev in izvajalcev usposabljanja, ki morata ustrezati namenu ter združevati strokovno znanje s posameznega predmetnega področja, pedagoško znanje in praktično usposobljenost (ET 2020, 2015)⁵.

Številni avtorji ugotavljajo, da je razširjenost uporabe IKT preoblikovala dnevne dejavnosti in življenjski slog posameznika, kar se močno odraža tudi na vseh ravneh izobraževanja, od osnovnošolskega do univerzitetnega (Ceyhan, 2008, Altbach, Reisberg in Rumbley, 2009, Martin in drugi, 2011, Tekinarslan, Gürer, 2011, Russell in drugi, 2014, Deng in Tavares, 2015, Keane, Keane in Blicblau, 2016, Webb, 2017, Ramirez in drugi, 2018)^{6,7,8,9,10,11,12,13,14}. IKT vpliva na način, kako učenci, dijaki in študenti pridobivajo znanje, na izvajanje pedagoškega procesa ter delovno in učno okolje učitelja (Ping, Schellings, Beijaard, 2018, Vega-Hernández in drugi, 2018)^{15,16} ter na razvoj in inovacije, ki pospešujejo uvajanje tehnologije na številnih področjih družbenega delovanja (Ollo-Lopez, Aramendía-Muneta, 2012, Lee in drugi, 2016, Willcox in Sarma, 2016)^{17,18,19}. Uporaba družbenih omrežij vpliva tudi na razvoj novih načinov povezovanja in sodelovanja (Carpenter in drugi, 2011, Duță in Martínez-Rivera, 2014)^{20,21}, pomembno dodano vrednost pa predstavlja IKT za proces učenja in na splošno za organizacijo in vodenje šolskega in učnega dela, strokovnega razvoja učiteljev in za hitrejšo napredovanje učencev (OECD, 2012, Fisseha, 2012, Khan, Butt in Baba, 2013, Wilson in drugi, 2015)^{22,23,24,25}. Uporaba IKT lahko omogoči kakovostnejše vzgojno-izobraževalno delo, večji učinek učenja in preprostejši dostop do izobraževanja (Rafique, 2014)²⁶, hkrati pa lahko poveča tudi udeležbo na predavanjih in sodelovanje med študenti (Drent in Meelissen, 2008)²⁷.

Pri vključevanju IKT v pouk ima učitelj pomembno vlogo, saj opredeli didaktični pristop in izbira tehnologijo za uporabo pri pouku. Sicer pa je med izvajanjem pouka učiteljeva vloga lahko zelo različna. Pri uporabi spletnih sodelovalnih okolij in izvajanju projektnega, problemskega in sodelovalnega dela so v središču dejavnosti učenca, ki jih učitelj zgolj nadzira in po potrebi usmerja, vzpostavljena interakcija med vrstniki pa lahko močno poveča tudi motiviranost za delo oziroma ustvarjanje. Čeprav sta v središču pouka vedno učenec in učna vsebina, je vloga učitelja pri vpeljavi ustreznih didaktičnih pristopov in izbiri IKT ključna (Trepule, Tereseviciene in Rutkiene, 2015)²⁸. Izbira didaktičnega pristopa in uporaba ustreznega IKT v podporo učenju in poučevanju pozitivno vplivata na izvajanje pedagoškega procesa (Misut in Pokorny, 2015, Nazir, Davis in Harris, 2015, Mertala, 2018, Panigrahi, Srivastava in Sharma, 2018)^{29,30,31,32}, vendar raziskave kažejo, da še ni splošno določenih temeljnih znanj na področju IKT za izvajanje učinkovitega pouka, ki bi jih morali učitelji pridobiti v času usposabljanja in strokovnega izpopolnjevanja (Ping, Schellings in Beijaard, 2018, Alt, 2018)³³.

Poleg didaktičnih znanj, ki jih učitelji potrebujejo za uspešno uporabo IKT v izobraževanju, je za uspešno načrtovanje in uporabo IKT pomembna tudi t. i. digitalna pismenost (tudi »digitalne spretnosti«, »IKT-pismenost«, »informacijska pismenost« itd.). Raziskave so pokazale, da je treba digitalno pismenost obravnavati večrazsežno in da obstajajo pomembne povezave med pismenostjo, uporabo IKT in odnosom do IKT (Asiyai, 2014, Hu in drugi, 2018, Tondeur, 2018)^{34,35,36}, zaznati je mogoče tudi povezave in razhajanja med mnenji študentov o njihovem znanju uporabe IKT in dejanskim znanjem oziroma dosežki (Hatlevika in drugi, 2018)³⁷. V mednarodni študiji o računalniški in informacijski pismenosti ICILS je bilo na primer ugotovljeno, da mladi, čeprav so s tehnologijo odrasli, sami ne zmorejo ustvarjati dodane vrednosti pri uporabi IKT. To kaže na ključno vlogo splošnega izobraževanja, pa tudi na vlogo študijskih programov na področju izobraževanja učiteljev za ustrezno didaktično uporabo tehnologije pri pouku (MIZS, 2016)³⁸. Prav na tem področju imajo pomembno vlogo visokošolske ustanove, ki izobražujejo bodoče učitelje.

Tradicionalno pojmovanje digitalne oz. IKT-pismenosti, ki je bilo v preteklosti omejeno zgolj na tehnično razumevanje in uporabo programske in strojne opreme (Hubalovska, Manenova in Burgerova, 2015)³⁹, se je v zadnjem obdobju preoblikovalo v celostno razumevanje digitalne pismenosti, ki vključuje tudi uvajanje inovativnih pristopov k poučevanju, vzpostavljanje pogojev za ustvarjalno učenje z namenom izvajanja zanimivejšega in učinkovitejšega dela (Bocconi, Kampylis in Punie, 2012, Blândul, 2015)^{40,41}, večjo fleksibilnost dela, možnosti individualizacije in personalizacije učenja in poučevanja, kritičnosti izbora in uporabe virov in drugih vidikov (Duță, 2015, Safar in Alkhezzi, 2013). Kompetence učiteljev se morajo nadgrajevati od osnovnega računalniškega do strokovnega pedagoškega znanja (Sølvberg, Rismark in Haaland, 2009, Stan, Sudituin in Safta, 2011)^{42,43}.

Čeprav visokošolske ustanove primarno še vedno vlagajo v ustvarjanje digitalnih virov za potrebe izobraževanja (Ansyari, 2015, John, 2015, Watty, McKay in Ngo, 2016)^{44,45}, raziskave kažejo, da neprestano poteka tudi iskanje novih poti za vključevanje tehnologije v izobraževalni proces. Stalna modernizacija in razvoj orodij na področju izobraževanja, s katerima se študentom omogoči pridobivanje pomembnih spretnosti in znanj, sta ključna pri izobraževanju bodočih učiteljev. Razvoj izobraževalnih procesov v različnih kontekstih, v različnih oblikah in okoljih, ki so časovno neomejeni, zahteva iskanje novih pedagoških pristopov za izpopolnjevanje znanj učiteljev in kompetenc študentov (Ramirez, 2018). Pomembno je razumevanje povezav med uporabo IKT, učenjem in učnimi pogoji in s tem razumevanje povezave med digitalno pismenostjo ter drugimi oblikami šolskega dela in učnimi dosežki (Canchu in Louisa, 2009, Luu in Freeman, 2011, Alemu, 2015)^{46,47,48}.

Uvajanje IKT v izobraževanje in razvoj didaktičnih pristopov vključuje sodelovanje različnih deležnikov (Brečko, Kampylis in Punie, 2014, Fu, 2013, Pérez-Sanagustín in drugi, 2017)^{49,50,51}. Izobraževalne ustanove, ki spodbujajo in omogočajo integracijo IKT v proces izobraževanja, spodbujajo in omogočajo razvoj tudi različnih učnih okolij (Skryabin in drugi, 2015)⁵². Čeprav je učiteljev odnos do IKT glavni dejavnik za uvajanje in uporabo IKT pri pouku (Teo in drugi, 2016)⁵³, imajo pomembno vlogo pri oblikovanju učnega procesa tudi učenci, dijaki in študenti (Mauder in drugi, 2012)⁵⁴. Raziskave se osredotočajo predvsem na odnos, izkušnje in zahteve za uporabo IKT (Barczyk in Duncan, 2013, Viberg in Grönlund, 2013, Westerman, Daniel in Bowman, 2016)^{55,56,57}, v manjši meri pa je v ospredju raziskovanje mnenj študentov o tem, zakaj visokošolski učitelj določena orodja IKT sploh uporablja (Lee, 2010)⁵⁸. Dejavnik, ki opredeljuje uporabo IKT za poučevanje in učenje, je tudi mesto uporabe, torej ali bo učenje potekalo doma ali v izobraževalni ustanovi. Pomembna je tudi vrsta dejavnosti, ki jo morajo študenti v okviru zahtevanih obveznosti opraviti (Skryabin in drugi, 2015)⁵⁹.

Dejavniki, ki vplivajo na uvajanje in razvoj uporabe IKT v pedagoškem procesu, torej zahtevajo interdisciplinarno sodelovanje visokošolskih ustanov na različnih področjih raziskovanja, spodbujanje uporabe spletnih orodij ter spodbujanje institucionalnih in organizacijskih sprememb v visokem šolstvu (Willcox in Sarma, 2016). S pospešenim razvojem digitalne družbe je treba izkoristi razvojne priložnosti IKT za uvajanje inovativnih pristopov pri uporabi digitalnih tehnologij (Digitalna Slovenija 2020, 2016, ATS2020)^{60,61}.

Strokovnjaki, ki izvajajo izobraževanje na visokošolskih ustanovah, morajo sodelovati pri razvoju pedagoških praks, upoštevajoč različnost študentov, predmetno specifičnost in izvedbene možnosti na nižjih ravneh izobraževanja.

Teoretična izhodišča za podpodročje biologije

V zadnjem obdobju je močno poudarjen vidik dostopnosti do različnih informacij na spletu, kar vpliva na bistvene spremembe v procesu izobraževanja. Spremembe se še posebej odražajo na izobraževalnih sistemih, ki temeljijo na raziskovanju in kritičnem vrednotenju. Informacije same niso več tako zelo pomembne, bolj je poudarjen dostop do njih. Ključen je torej IKT, ki podpira dostop, kritično vrednotenje in evalvacijo informacij (Yapici in Hevedanli, 2012)⁶².

Pri biologiji so poudarjene kompleksne povezave med nepoznanimi in abstraktnimi pojmi, zato jo je precej zahtevno učiti in poučevati. To dejstvo povzroča težave pri razvoju pravilnega razumevanja in otežuje učenje s pomnjenjem podatkov brez razumevanja (Kiliç in Necdett, 2014)⁶³. Za reševanje tega problema je vedno bolj pomembna uporaba ustrezne vizualizacije vsebin. Kakovostno pripravljene slike, tridimenzionalni modeli, animacije, interaktivna okolja in drugo olajšajo razvoj razumevanja vsebine (Yapici in Hevedanli, 2012).

V eni izmed študij o uporabi izobraževalnih in informacijskih tehnologij (Akpınar, 2003)⁶⁴ je bilo poudarjenih več problemov, s katerimi se srečujejo učitelji pri uporabi tehnologije. Za izvajanje pouka na ustrezen način nimajo ustreznega znanja o tehnologiji, ne poznajo programske opreme, imajo negativen odnos do nje in niso ustrezno seznanjeni z načini za izdelavo, pripravo in uporabo gradiv. Ne zavedajo se pomena IKT, ki pomembno prispeva k njihovem strokovnemu razvoju, učitelji se ne zavedajo nujnosti udeleževanja interaktivnih tečajev uporabe tehnologije, učitelji in predšolski učitelji pa ne uporabljajo ustreznih orodij za poučevanje. Kot enega najpomembnejših korakov pri vključevanju informacijskih in komunikacijskih tehnologij bi lahko navedli možnost za učitelje, ki so pred zaposlitvijo, da se jih v okviru določenega konteksta seznani s potrebnimi znanji uporabe IKT pri pouku. Raziskave, ki bodo razkrile znanje, spretnosti in odnos učiteljev pred uporabo teh tehnologij za učne namene, bodo tudi podlaga za izvedbo in načrtovanje takšnih učnih kontekstov (Bozdoğan in Özen, 2014)⁶⁵.

V preglednem članku o vlogi IKT v šolah Wellington (2005)⁶⁶ nakaže, da je dodana vrednost IKT za izobraževanje v dostopu do delov kurikula, ki ga druge učne metode ne dosežejo. Kot primer navaja uporabo animacij pri učenju in poučevanju molekularne genetike (molecular genetics), ki omogočajo primerjavo med 2D- in 3D-predstavitvijo nukleinske kisline in beljakovine. Njegovo delo kaže tudi, da je nujna previdnost pri trditvah, da lahko IKT izboljša kakovost pedagoškega procesa. Organizacijske meje srednjih šol, pokritost in ocenjevanje kurikulumov lahko zavirajo in upočasnjujejo širšo uporabo IKT v učni praksi. Na trajnost, razvoj in razširjanje prakse vplivajo trije dejavniki: šolske značilnosti, motivacija ter didaktika in pedagogika (Deaney in Hennessy 2007)⁶⁷. Tudi uporaba različnih drugih orodij IKT pripomore k izboljšanju znanja učencev ali dijakov ter vpliva na njihova stališča do tehnologije. Tak primer je na primer uporaba spletnikov (Lazarević in drugi, 2018)⁶⁸, orodij Web 2.0 (programov) (Incantalupo, Treagust in Koul, 2014)⁶⁹ in drugih interaktivnih orodij (Gopal in drugi, 2010)⁷⁰.

Webb (2005)⁷¹ identificira nabor različnih prednosti, možnosti in interakcij, ki jih uporabnikom omogočajo na tehnologiji zasnovana učna okolja. Opiše štiri glavne učinke tovrstnega pouka naravoslovja: spodbujanje kognitivnega razvoja študentov; omogočanje širšega obsega izkušenj, tako da lahko študenti povezujejo znanost z lastnimi in drugimi izkušnjami v stvarnem svetu; povečanje samo-učinkovitosti študentov in s tem omogočanje, da sledijo svojemu napredku, tako da se učitelji lahko osredotočijo na podporo in omogočanje učenja učencev; ter olajšanje zbiranja podatkov in predstavitev podatkov. Takšen način poučevanja pomaga študentom razumeti učne vsebine, študentom pa je na voljo več časa za razvoj konceptualnega razumevanja vsebin.

Grafi, razpredelnice, diagrami poteka, animacije in simulacije so del repertoarja prakse z znanstvenim pomenom, odvisno od sposobnosti bralca, da se posamezno in v povezavi z besedilom osmisli različni semiotični modaliteti (Jaipal, 2009)⁷². Naraščajoče znanje in razumevanje v bioloških znanostih je mogoče predstaviti v več oblikah. Za učitelje naravoslovja, zadolžene za uvajanje novih učnih načrtov, to pomeni ponovno preučitev trenutne prakse in pripravo vsebin, katerih predstavitev je v digitalni obliki (Kress in drugi, 2001)⁷³. Za molekularno genetiko se to kaže kot prehod od odvisnosti od verbalne komunikacije

(gesta, jezik in pisno besedilo) kot načina komunikacije k večmodalnem komunikacijskem načinu (kompleksna grafika 2D in 3D, animacije, simulacije), odvisnem od zmogljivosti IKT.

Teoretična izhodišča za podpodročje fizike

Pouk je prvenstveno namenjen temu, da udeleženci od njega odnesejo čim več novega znanja in v čim večji meri razvijajo spretnosti. V zadnjih desetletjih je bilo izvedenih veliko raziskav, ki podpirajo ugotovitev, da je aktivno poučevanje bolj učinkovito od tradicionalnega, pasivnega. Mogoče najbolj nazorna je študija Hakea na 6000 študentih (Hake 1998)⁷⁴, v kateri je primerjal uspešnost študentov na standardiziranem testu o konceptualnem razumevanju sile (t. i. Force concept inventory FCI) v odvisnosti od načina poučevanja. Hake je kot aktivno klasificiral vsako poučevanje, ki vključuje mentalno (ang. minds-on) aktivnost udeleženca. Temu je lahko bila, ali pa tudi ne, pridružena tudi eksperimentalna (ang. hands-on) aktivnost, medtem ko je kot tradicionalno klasificiral vsako poučevanje, kjer študenti le pasivno poslušajo. Študija je pokazala, da so se študenti, ki so sodelovali v domala vseh aktivno izvedenih dejavnostih, uvrstili pomembno višje na lestvici dosežkov na testu FCI kot tisti, ki so bili vključeni v pasivno poučevanje in učenje.

Vključevanje študentov v poučevanje je lahko različno, vendar je prav ta študija pokazala, da so vsi zajeti aktivni pristopi učinkovitejši od pasivnih.

Eden od načinov vključevanja študentov v poučevanje je vrstniško poučevanje (ang. peer instruction PI), ki ga je podrobno opisal Mazur v knjigi *Peer instruction: a user's manual* (Mazur, 1997)⁷⁵. Po tem pristopu na koncu kratkih predstavitev učnih vsebin učitelj postavi vprašanje izbirnega tipa, o katerem študenti najprej razmislijo sami in nanj odgovorijo, pri tem pa uporabijo osebne odzivne sisteme (klikerje). Potem sledi razprava s sosedi, kjer je naloga vsakega, da druge prepriča, da je njegov odgovor pravilen. Po razpravi ponovno odgovarjajo na vprašanje. V sklepu učitelj pojasni pravilen odgovor. O desetih letih izkušenj s tem pristopom sta Crouch in Mazur poročala v članku (Crouch in Mazur 2001)⁷⁶, v katerem sta opisala vsakoletni prirastek v znanju pri različnih učiteljih in različnih univerzitetnih predmetih. Pri vseh aktivno poučevanih predmetih je bil prirastek v znanju statistično pomembno večji kot pri pasivno poučevanih. PI se običajno izvaja na visokošolskih ustanovah, redkeje v srednjih in še redkeje v osnovnih šolah. Pri PI so aktivno vključeni vsi udeleženci, to pa je najpomembnejša razlika v primerjavi s tradicionalnimi metodami. Ena od raziskav, ki obravnava uporabo PI, je bila izvedena v osnovni šoli pri pouku fizike na temo sile in gibanje. Ugotovili so, da učenci bolj napredujejo pri PI kot pri tradicionalnem pouku, pri čemer so bili učenci sprva zadržani, težko so izbrali en odgovor in niso želeli glasovati. Med izvajanja pa so vedno lažje izražali svoja mnenja (Suppattayaporn in drugi 2010)⁷⁷.

Sodoben IKT je povzročil, da je veliko osebnih odzivnih sistemov zdaj brezplačno dostopnih na spletu, dostop pa je mogoče z osebnim pametnim telefonom. Croucheva in Mazurjeva raziskava jasno prikaže prednosti uporabe vprašanj za formativno preverjanje. Pri tem so osebni odzivni sistemi le tehnologija, ki to zelo učinkovito omogoča. Mazurjev pristop je imenovan *Peer Instruction* in čeprav je uporaba odzivnih sistemov pomemben del, že ime pove, da ni ključni del. Tudi Beatty in Gerace (2009)⁷⁸ opozarjata, da je interakcija med udeleženci, ki jo uporaba osebnih odzivnih sistemov spodbuja, ključna za izboljšanje učinkovitosti poučevanja. Njun pristop, imenovan *Technology Enhanced Formative Assessment*, gradi na predhodnem pristopu, imenovanem *Assessing-to-Learn* (Dufresne in Gerace 2004)⁷⁹. Iz imena je razvidno, da je tehnologija le neke vrste spodbujevalec za učinkovito uporabo formativnega preverjanja. Zato je pri uporabi pomembno, da so vprašanja zastavljena primerno (Beatty in Dufresne 2006)⁸⁰. V članku Dufresne in Gerace (2004) povežeta uporabo osebnih odzivnih sistemov s formativnim preverjanjem in poudarjata učinke preverjanja in iz njega izhajajoče razprave na izid poučevanja. V tej raziskavi poročata o odzivih študentov, ki so bili zelo pozitivni. Študenti so ocenili, da uporaba osebnih odzivnih sistemov izboljša njihovo znanje, kar so pripisali razpravi z vrstniki, ki jo je uporaba načrtno sprožila, a so se tudi zavedali, da bi bilo take razprave težje načeti brez uporabe odzivnih sistemov.

IKT prav tako pripomore pri vključevanju poskusov, in sicer na dva načina: z realno-časovnim zajemanjem podatkov in z uporabo simulacij, ko realni poskusi niso mogoči. Pomen poskusov za poučevanje fizike je podrobno raziskala Etkina (Etkina in drugi, 2006)⁸¹. V pristopu, imenovanem ISLE (Interactive Science Learning Environment), igrajo poskusi ključno vlogo, saj je celotno učenje zgrajeno okoli njih. Pristop naj bi posnemal delo znanstvenika strokovnjaka, torej uporabo t. i. znanstvene metode pri usvajanju nove učne

vsebine. Pristop začne z opazovanjem, prepoznavanjem vzorcev, tvorbo hipoteze/razlage, preizkušanjem hipoteze s poskusi in po potrebi popravljanjem ali dodatnim testiranjem hipoteze. Ta postopek v kontekstu ISLE imenujemo cikel ISLE. Čančula ([Čančula in drugi, 2015](#))⁸² je pokazala, da lahko pri spremljanju dela strokovnjakov res prepoznamo korake cikla ISLE. IKT je tu predvsem omogočil izvajanje nekaterih poskusov, ki brez uporabe realno-časovnega merjenja ne bi mogli biti uporabljeni v kontekstu ISLE. Podobno kot pri osebnih odzivnih sistemih tehnologija sama ne zagotavlja uspeha, pač pa omogoča oz. olajša uporabo nekega aktivnega pristopa k poučevanju.

Simulacije je mogoče uporabiti namesto poskusov v situacijah, ko poskusi niso enostavno izvedljivi ali pa so premalo nazorni. Skupina Finkelsteina ([Finkelstein in drugi, 2005](#))⁸³ je pokazala, da je lahko v nekaterih okoliščinah uporaba simulacije celo boljša možnost za tvorbo razumevanja kot uporaba pravega poskusa. Simulacija namreč vsebuje tudi nekatere vizualizacije, ki jih mora pri pravem poskusu udeleženec tvoriti sam. V primeru električnih vezij je bila na primer skupina, ki je delala samo s simulacijami, bolj učinkovita pri sestavljanju pravega vezja kot skupina, ki je delala samo s pravimi vezji ([Finkelstein in drugi, 2005](#)). Ta raziskava je bila narejena v okviru projekta »PhET«, pri katerem je bilo izdelanih veliko kakovostnih simulacij z različnih področij fizike.

Izvajanje krajših in preprostih poskusov pri pouku fizike, ki ustrezajo kognitivnem razvoju učencev, spodbuja naravoslovno razmišljanje. Pri eksperimentalnem delu se učenci srečujejo tudi z omejitvami, saj se mnogi eksperimenti izvajajo zelo hitro in je zato opazovanje precej oteženo. V okviru projekta »Nauk« – izdelava e-gradiv iz fizike za osnovne šole so bile pripravljene dopolnilne dejavnosti k eksperimentalnem delu, podprte z računalnikom. Računalniki in video posnetki seveda ne morejo nadomestiti dejanskega eksperimentiranja, lahko pa nudijo dodatno razlago in dopolnilne informacije, ki so učencem v veliko pomoč. V skladu z učnim načrtom so bile izbrane učne vsebine, ki omogočajo razvoj vsebine po vertikali (od mlajših učencev k starejšim) ter naraščajo v kognitivni zahtevnosti skladno s kognitivnim razvojem odraščajočega učenca. Prek e-učenja imajo učenci na voljo dodatne aktivnosti, pojasnila, animacije oz. simulacije. Pridobljene izkušnje z eksperimentiranjem lahko uporabijo pri napovedovanju rezultatov posnetkov zahtevnejših eksperimentov, pri oblikovanju razlag in podobnega. E-gradiva so koristna tudi za preverjanje znanja in povratno informacijo učiteljem ([Fizika za OŠ](#))⁸⁴. V okviru projekta »Nauk« – izdelava e-gradiv so bila izdelana tudi gradiva za fiziko v srednjih šolah.

Znotraj projekta »Vpeljava sodobne interdisciplinarne vsebine v izobraževanje – tekoči kristali« so bili razviti in evalvirani eksperimenti, ki omogočajo razlago delovanja tekočerkristalnega zaslona. Raziskovalni projekt je bil namenjen preučitvi možnosti vpeljave sodobnih raziskovalnih spoznanj v poučevanje in njegovi realizaciji v primeru tekočih kristalov. Pri eksperimentih je bil uporabljen USB-mikroskop, posneti so bili tudi kratki filmi poskusov ([Pavlin, Vaupotič in Čepič, 2013](#))⁸⁵.

V okviru projekta »Razvoj naravoslovnih kompetenc« so bila pripravljena učna gradiva, katerih cilj je bil indikacija učnih strategij za sistematičen razvoj digitalne kompetence pri pouku fizike. Gosak in Pavlin (2012)⁸⁶ sta se osredinila na evalvacijo priprave PowerPoint-predstavitev z izsledki eksperimentalnega dela na primeru električnih vezij v osnovni šoli in študija virov na primeru optičnih pojavov v srednji šoli ter same izvedbe predstavitve. Identificirano je bilo, da je bilo delo učencem in dijakom všeč; ovrednotili so, da je PowerPoint zanimivo orodje pri pouku fizike, pri čemer so poudarili napredek pri samostojnosti priprave in suverenosti predstavitve dela in poglobljeno znanje o navedenih učnih vsebinah. Učitelji so zaznali, da so učenci in dijaki v večini upoštevali njihove pripombe na PowerPoint-predstavitve, obenem je pri manj kot polovici zaznati pomanjkljivosti pri predstavitvi. Omenjeno nakazuje, da IKT lahko uporabimo tudi kot orodje, ki pripomore k sintezi poglobljenega znanja ob sočasnem razvoju digitalne kompetence.

Teoretična izhodišča za podpodročje kemije

Kemija je ena izmed znanstvenih ved s številnimi abstraktnimi pojmi, težko razumljivimi kompleksnimi koncepti in zahtevnimi postopki, od katerih se mnogih ne da očitno aplicirati zunaj učilnice ([Stieff in Wilensky, 2003, Özmen 2008](#))^{87,88}. Učenci morajo biti vključeni v konkretno delo s podatki, z informacijami,

s primeri in problemi, povezanimi z opažanji in izkušnjami iz resničnega sveta in s kemijo v vsakdanjem življenju (Dori, Hameiri, 2003)⁸⁹. Tehnologija lahko pri tem močno olajša rutinske naloge, kot so preverjanje prisotnosti, preverjanje opravljanja nalog in ocenjevanje domačega dela, zato je učiteljem na voljo več časa za načrtovanje in izvedbo pouka. Tehnologija omogoča učiteljem dostop do širokega nabora sodobnih učnih virov, s čimer lahko upoštevajo tudi zahteve in značilnosti učnih slogov posameznika (McKnight in drugi, 2016)⁹⁰.

Vključevanje tehnologije pri učenju in poučevanju kemije ima lahko številne pozitivne učinke. Pri obravnavi zahtevnejših kemijskih vsebin lahko učitelj uporabi različna orodja za vizualizacijo in s tem izboljša konceptualno razumevanje med učenci (Vrtačnik in drugi, 2000, Gilbert, 2005)^{91,92}. Nasploh so v ta namen v prvi meri uporabne multimedijske vsebine (avdio in video) in animacije (Pekdağ, 2010)⁹³. Povezovanje običajnega laboratorijskega dela in uvajanje izobraževalnih iger kaže na boljše učne rezultate in boljše postopkovno razumevanje (Hodges in drugi, 2018)⁹⁴. Prav tako imajo lahko pozitiven učinek na znanje virtualni modeli (diagrami, modeli) (Stull in drugi, 2013, Barrett in drugi, 2015)^{95,96}. Vizualizacija težje razumljivih pojmov z animacijami in simulacijami omogoča zmanjševanje težav pri razumevanju (Zephrynus in Phoebe, 2015, Berney in Bétrancourt, 2016)^{97,98}, kot spodbudni se kažejo tudi učinki pri uporabi orodij za obogateno resničnost (Cai in drugi, 2014)⁹⁹ in na sploh uporaba mobilnih naprav pri pouku (Kareem, 2018)¹⁰⁰.

Pri kemiji pomemben del dejavnosti predstavlja laboratorijsko delo. To je lahko izvedeno praktično ali virtualno (vLab, PhET), zahteva pa svojevrstno opremo in čas visokošolskih učiteljev (Newman in Scurry, 2015)¹⁰¹. Pri tem ima virtualno okolje nekatere prednosti, saj je na primer poskuse mogoče enostavno ponoviti, hkrati tovrstno delo zagotavlja večjo varnost, okolje je vedno enako in s tem predvidljivo, je cenovno ugodnejše, prav tako dostopnejše (Heradio in drugi, 2016)¹⁰².

Kakovostno poučevanje kemije zahteva v prvi meri učitelje z visoko ravno znanj s področja kemije in specialne didaktike. Učitelji morajo odlično poznati učne načrte in obvladati različne pristope k poučevanju, da na eni strani kakovostno izvajajo pouk, na drugi pa jim znanje omogoča sodelovanje v pilotnih raziskavah, pri razvoju novih pristopov ter preizkušanju in vrednotenju učinkov poučevanja. Poseben pomen imajo tudi longitudinalne študije, na osnovi katerih se oblikujejo sodobni pristopi k izpopolnjevanju znanj učiteljev s področja tehnologije, didaktike in vsebine (Deng in drugi, 2017)¹⁰³.

Prehod v učenje in poučevanje s podporo tehnologije predstavlja za učitelje izzive in poudarja probleme, ki se jih mora učitelj zavedati (Barak, 2007)¹⁰⁴, hkrati pa ponuja številne možnosti za nadgradnjo uveljavljenih pristopov. Sodobni vidik kakovostnega pouka kemije in drugih naravoslovnih predmetov na primer vključuje tudi uporabo sodelovalnega (učnega) okolja. Znanost zahteva sodelovanje, to pa vključuje tudi spodbujanje učiteljev kemije k uvajanju sodelovalnega, projektnega in raziskovalnega dela v pouk (van Driel in Jong, 2015)¹⁰⁵. Ti pristopi omogočajo razvoj znanja z razumevanjem, učenci pridobivajo praktična kemijska znanja z laboratorijskim delom, skupinsko delo pa prispeva tudi k razumevanju pomena sodelovanja (Barak in Dori, 2005)¹⁰⁶.

Tehnologija, didaktika in vsebina predstavljajo trikotnik nujnih znanj učiteljev naravoslovnih vsebin. Ti trije vidiki so izhodišče v modelu TPACK, ki opredeljuje znanja, nujna za izvajanje pouka s podporo tehnologije. TPACK, ki je na področju poučevanja naravoslovnih predmetov že utečen model, temelji na povezovanju vsebinskega znanja, didaktičnih znanj in tehnologije (Herring in drugi, 2016)¹⁰⁷, ti trije se pri obravnavi različnih vsebin različno intenzivno izražajo, povezave med njimi pa so lahko kompleksne (Pamuk in drugi, 2015)¹⁰⁸.

Raziskave med študenti, ki se izobražujejo za učitelje kemije, kažejo, da imajo ti relativno pozitiven odnos do uporabe IKT, manj pa imajo ustreznih znanj za uporabo njegovo uporabo (Rusek in drugi, 2017, Krause in drugi, 2017)^{109,110}. Učitelji morajo odlično poznati spletna orodja, različne programe, ki delujejo na osebnih računalnikih in na mobilnih napravah, obvladati morajo različne pristope učenja in poučevanja s podporo IKT ter različna spletna orodja, ki omogočajo izmenjavo in sodelovalno delo (García-Martínez in Serrano-Torregrosa, 2015)¹¹¹.

Prepoznavanje priložnosti za uvajanje IKT in uspešno spopadanje z izzivi, ki jih IKT predstavlja, je odvisno od interesa učiteljev za izvajanje kakovostnega pouka z uporabo IKT, od ustreznosti znanja za poučevanje z IKT in od ustreznosti infrastrukture in opreme, ki je učiteljem na voljo (Ferk-Savec, 2016)¹¹². Orodja IKT morajo biti sodobna, z njimi pa se morajo srečati učitelji že v času študija. Poudarjena morajo biti predmetno specifična orodja IKT, učitelje je treba stimulirati in spodbujati za nadaljnje izobraževanje, o pomenu in pomembnosti strokovnega izpopolnjevanja učitelja pa morajo biti obveščeni tudi ravnatelji. Pomembno vlogo imajo nacionalne in mednarodne skupnosti, ki so namenjene sodelovanju (Ferk-Savec, 2017)¹¹³.

Ugotovitve iz analize stanja na pedagoških študijskih programih za področje naravoslovja

Pri pripravi strokovnih podlag za oblikovanje smernic za didaktično uporabo IKT so bili prednostno uporabljeni viri, zbrani v okviru projekta »IKT v pedagoških študijskih programih UL«. Pri projektu smo strokovnjaki s področja pedagoške metodologije, informacijsko-komunikacijske tehnologije in didaktik različnih študijskih področij pripravili več analiz stanja, v katerih smo ugotavljali znanje za uporabo IKT pri poučevanju in učenju, odnos deležnikov do tehnologije in njihova mnenja o uporabnosti IKT pri izvajanju pedagoškega procesa. Analizirali smo tudi intervjuje s predstavniki naprednih uporabnikov tega področja in v tem poročilu povzemamo najpomembnejše ugotovitve.

Ugotovitve iz analize o znanju, kompetencah in veščinah didaktične uporabe IKT v pedagoških študijskih programih za področje naravoslovja

Za predstavitev ugotovitev analize o znanju, kompetencah in veščinah didaktične uporabe IKT v pedagoških študijskih programih so poudarjene le tiste postavke iz poročila, ki so vezane na didaktično uporabo IKT v izobraževalnem procesu. Podrobno poročilo je na voljo kot samostojno poročilo. Ugotovljeno stanje predstavlja izhodišče za načrtovanje aktivnosti za izboljšanje učinkovitosti pedagoškega dela na UL.

Za opredelitev kompetenc in veščin za uporabo IKT je bila pri analizi stanja uporabljena petstopenjska lestvica. Z njeno pomočjo so študenti ocenjevali strinjanje s podanimi trditvami o znanju uporabe IKT in potreb, s katerimi se med študijem srečujejo.

Študenti so svoje znanje za izvajanje (3,9, SD = 0,8), načrtovanje (3,8, SD = 0,9) in organizacijo pouka (3,7, SD = 0,9) v povprečju ocenili precej visoko. Nekateri se kljub temu ne počutijo sposobne uporabljati IKT za izvajanje in načrtovanje pouka, drugim to po njihovem mnenju ne predstavlja posebnih težav ali ovir. Podobno je pri visokošolskih učiteljih. So mnenja, da znajo IKT uporabljati pri načrtovanju (3,9, SD = 0,7), organizaciji (3,9, SD = 0,8) in izvedbi študijskega procesa (3,9, SD = 0,8). Visokošolski učitelji s področja naravoslovja so tudi mnenja, da znajo izboljševati svojo usposobljenost za uporabo IKT v študijskem procesu (3,6, SD = 0,8).

Skrb zbujajoče je, da obstajajo med študenti specifičnih študijskih smeri precejšnje razlike, saj sam študij na nekaterih programih posebnih predmetov za izobraževanja izključno s področja IKT ne predvideva. Ocenili študentov in visokošolskih delavcev na vprašanje o opremljenosti fakultete s sodobnim IKT za izvajanje študijskega procesa sta 3,4 (SD = 1,0) in 3,3 (SD = 0,9).

Zahtevo, da bi moral znati IKT uporabljati vsak, ki dela v šolskem okolju, so študenti in visokošolski učitelji ocenili visoko (4,0, SD = 0,9, 4,0, SD = 0,8). Po mnenju študentov so to temeljne kompetence vsakega študenta (4,0, SD = 0,8) pedagoških študijskih programov, v enaki meri so v to prepričani visokošolski delavci, ki so trditev v povprečju ocenili z oceno 4,0 (SD = 0,8). Kdo je odgovoren za razvoj digitalnih kompetenc pri študentih in na kakšen način naj bi jih med študijem razvijali, iz odgovorov ni povsem

razvidno, so pa visokošolski učitelji mnenja, da so za vključevanje IKT v študijski proces v večji meri pomembni predvsem mlajši učitelji in asistenti (3,7, SD = 0,9).

Po mnenju študentov vključevanje v pedagoški proces učiteljem omogoča, da učno vsebino obravnavajo v krajšem času, kot če bi jo obravnavali brez uporabe IKT (3,5, SD = 0,9), podobnega mnenja so visokošolski učitelji (3,3, SD = 1,0), hkrati pa oboji menijo, da vključevanje IKT od učiteljev zahteva več časa za načrtovanje in pripravo (ocena 2,8, SD = 1,0, 2,4 SD = 1,0).

Ugotovitve iz evalvacije didaktičnih pristopov v pedagoških študijskih programih za področje naravoslovja

Pri ugotovitvah iz analize evalvacijskega vprašalnika, ki so ga izpolnjevali študenti, vključeni v pilotne izvedbe posodobljenih programov, smo se osredotočili na uporabo različnih didaktičnih pristopov in na poznavanje programske opreme, opredeljene v kategorijah predmetno specifične uporabe.

Študenti s področja naravoslovja svojo usposobljenost za delo z različnimi programi in storitvami ocenjujejo precej različno. Usposobljenost za iskanje podatkov in informacij s spletnimi iskalniki v skoraj v 86 % ocenjujejo kot dobro ali odlično, poznavanje možnosti uporabe urejevalnikov besedil in programov za pripravo predstavitev 50 % študentov ocenjuje kot dobro in 14 % oziroma 17 % kot odlično. Slabše je ocenjeno delo s pregledničnimi programi, kjer slabih 31 % študentov navaja, da tovrstnih orodij sploh ne uporabljajo oziroma je njihovo znanje o uporabi na nizki ravni. To je za študente s področja naravoslovnih vsebin nenavadno, običajno se pri urejanju in analizi podatkov najprej seznanijo prav s tovrstnimi programi. Grafičnih organizatorjev (miselni vzorci in pojmovne mreže) v 52 % sploh ne uporabljajo, prav tako slabo, ali pa v splošnem ne programirajo in ne oblikujejo spletne programske kode (76 %, 79 %).

Več kot polovica študentov se strinja, da z uporabo spleta bolje sledijo novostim v svoji študijski disciplini (56 %), malo več kot petina (21 %) pa se s trditvijo povsem strinja. Zanimiv je odziv na vprašanje, ali splet ponuja več informacij, ki jih potrebujejo pri učenju, kot katerikoli drug vir. S trditvijo se ne strinja oziroma je ne more potrditi 59 % študentov. Ob tem dobra polovica (55 %) študentov navaja, da z uporabo spleta ne morejo pridobiti vseh informacij, ki jih potrebujejo med učenjem, se pa večina strinja, da se zaradi uporabe IKT lahko učijo kjerkoli (66 %). Na iskanje virov pomembno vpliva tudi znanje jezika. Študenti v slabi petini primerov (19 %) navajajo, da zaradi jezikovnih omejitev na spletu ne morejo pridobiti vseh informacij, ki jih potrebujejo med učenjem.

Študenti potrdijo, da jim uporaba IKT pri učenju v večji meri omogoča tudi pomoč različnih skupin (npr. sošolcev/sošolk, spletne skupnosti). To potrdijo tri četrtine odzivov (73 %).

Med trditvami, ki so povezane s stališči do uporabe IKT pri poučevanju, je 71 % študentov potrdilo, da so naklonjeni uporabi IKT pri poučevanju, 89 % jih je potrdilo, da po njihovem mnenju uporaba IKT popestri pouk, 59 % pa jih je tudi menilo, da so ustrezno usposobljeni za uporabo IKT za delov v šoli. Približno polovica študentov (49 %) je mnenja, da bi z vključevanjem IKT bolje izvedli pouk kot brez, 41 % pa pravi, da po njihovem mnenju priprava učne ure, v katero je vključena uporaba IKT, ni nič bolj zahtevna kot priprava učne ure, v katero uporaba IKT ni vključena; slaba četrtina (21 %) se s tem ne strinja, tretjina 33 % pa se do te ocene ne more opredeliti.

Evalvacija učnega nastopa z uporabo IKT prinaša hitrejšo in učinkovitejšo komunikacijo s profesorjem, potrdi 65 % študentov, slaba polovica (46 %) pa, da uporaba IKT daje možnosti kakovostnejše samorefleksije o opravljenih nalogah in nadaljnjega načrtovanja dela.

Študenti pri pedagoškem delu uporabo IKT dojemajo kot najkoristnejšo za pisanje učnih priprav (85 %) in pri pripravi učnih gradiv za predmet, ki ga bodo poučevali (88 %). Manjši delež vidi uporabo IKT pri obravnavi učne vsebine (63 %) in utrjevanju znanja, pri vajah in pri ponavljanju (64 %), v polovici primerov pa se študenti strinjajo z uporabo IKT pri preverjanju (50 %) in v slabi tretjini pri ocenjevanju znanja (30 %).

Pri vprašanjih, povezanih z uporabo programske opreme, ki je neposredno povezana z učenjem, poučevanjem in sicer z delom na področju naravoslovja, študenti navajajo različna orodja in storitve. Specifično programsko opremo za izdelavo in izrisovanje grafov in diagramov 32 % študentov uporablja pogosto oziroma zelo pogosto, orodja za zajemanje in zbiranje eksperimentalnih meritev redko ali nikoli ne uporablja 63 % študentov, še višji delež študentov redko ali nikoli ne uporablja programov za izdelovanje animacij (76 %), podobno velja za programe za zapisovanje matematičnih enačb (73 %) in kemijskih formul (74 %) ter za merilnike okoljskih dejavnikov (89 %).

Študenti, ki študirajo na podpodročju **biologije**, navajajo, da za zapisovanje matematičnih enačb najpogosteje uporabljajo orodje v programu MS Word, v precej manjši meri pa tudi Excel in GeoGebro. Za zapisovanje kemijskih formul prav tako najpogosteje uporabljajo MS Word, pogosto uporabljajo tudi ChemsSketch, ki omogoča tudi izris strukture. Za izdelovanje animacij posežejo po različnih orodjih. Največkrat je omenjen MS PowerPoint, s katerim lahko naredijo enostavno animacijo, navedeni so tudi grafični program GIMP, Jmol in MovieMaker. Pri molekulskem modeliranju je najbolj pogosta uporaba programa Jmol, študenti biologije in kemije so navedli tudi ChemsSketch. Za zbiranje in urejanje eksperimentalnih podatkov najpogosteje uporabljajo Excel, v manjši meri pa tudi Labchart, LabQuest in Vernierjeve vmesnike. Pri izrisovanju grafov so v večini primerov navajali Excel, v manjši meri tudi Geogebro, LabChart in MS Word.

Na podpodročju **kemije** je uporaba precej podobna skupini biologija. Študenti za zapisovanje matematičnih enačb najpogosteje uporabljajo Word, v manjši meri tudi Chemscheck, Excel in Mathematica. Za zapisovanje enačb kemijskih reakcij so v veliki večini navedli program Chemskech, pojavila pa sta se tudi programa Word in Jmol. Za izdelovanje animacij večinoma uporabljajo PowerPoint. Med odgovori lahko zasledimo tudi ActiveInspire, Jmol in Raswin. Pri molekulskem modeliranju sta enakovredno zastopana programa Jmol in Chemscheck. Pri zbiranju eksperimentalnih podatkov je najpogosteje naveden program MS Excel, v manjšem deležu lahko zasledimo tudi Labchart, Loggerpro in vmesnik Vernier.

Na področju **fizike** se ob MS Wordu pojavlja tudi LaTeX. Pri navedbi programov za zapisovanje kemijskih formul so večinoma enotno navajali uporabo programa MS Word, za izdelovanje animacij pa večinoma MS PowerPoint. Za zajem in zbiranje podatkov eksperimentalnih meritev v večini uporabljajo MS Excel, med odgovori pa lahko v manjši meri zasledimo tudi LoggerPro. Zelo podobna orodja so navedena tudi za izrisovanje grafov, le da so omenili tudi GeoGebro, Gnuplot in Matplotlib.

Ugotovitve iz analize intervjujev s predstavniki naprednih uporabnikov za področje naravoslovja

Predstavniki skupine naravoslovja so poudarili različne dejavnike, ki morajo biti izpolnjeni, da lahko IKT uspešno in kakovostno vključujejo v pedagoški proces. V prvi fazi kot ključno navajajo razpoložljivost različnih IKT, ki jih glede na učno vsebino in učne cilje prilagajajo in na ustrezen način vpeljujejo v pouk. Predpogoj za uspešno vpeljevanje je ustrezna opremljenost na ravni fakultete, to pa pomeni, da morajo biti za izvajanje programa zagotovljena tudi določena finančna sredstva.

Naravoslovne vsebine zahtevajo uporabo različnih pristopov k predstavitvi posameznih konceptov, ki so ključni za razumevanje vsebine in za doseganje učnih ciljev. Visokošolski učitelji so mnenja, da je treba za izvajanje tovrstnih dejavnosti izbrati ustrezen IKT. Primer so lahko vsebine iz kemije in biologije, kjer se kaže uporaba animacij kot zelo koristna pomoč pri razvoju razumevanja strukture na ravni delcev in prav tako za vizualizacijo določenih zapletenih naravnih procesov (rast rastlin, fotosinteza).

Kot izredno pomembne poudarjajo tudi kompetence poučevanja z uporabo IKT. Učitelj mora imeti kakovostno vsebinsko in tehnično znanje. Zavedati se mora, da daje zgled študentom – bodočim učiteljem, in biti zato dobro usposobljen na izvajanje pedagoškega procesa z uporabo IKT. Če zadosti zahtevam in potrebam študentov in ustrezno uporablja IKT, lahko te spretnosti nanje tudi prenese.

Na kakovost izvajanja dejavnosti v okviru študijskih dejavnosti vplivata tudi predznanje študentov in njihova motiviranost za delo. S predhodno že usvojenimi spretnostmi in voljo do učenja se študenti lažje naučijo uporabljati tudi nova orodja IKT. Visokošolski učitelji iz skupine naravoslovje so prepričani, da na potek

pedagoškega procesa pomembno vplivajo tudi študenti s svojim odnosom do IKT. Če so ti pripravljeni sprejemati delo z IKT, je mogoče celoten pedagoški proces izvajati gladko in brez večjih ovir.

Med elementi, ki opredeljujejo dobre učne prakse, so predstavniki naravoslovne skupine v prvi meri navedli optimalno rabo IKT glede na opredeljene učne cilje. Dobro učno izkušnjo opredeljuje po njihovem mnenju tudi znanje študentov in raven razumevanja vsebine. Študenti se, po njihovem mnenju, v času študija naučijo uporabljati raznovrstno specifično IKT, od orodij za ustvarjanje animacij in sprotne preverjanje znanja do posebnih tipal za zbiranje podatkov, pametnih naprav in interaktivne table. Študenti razumejo pomen optimalne rabe IKT, njeno vrednost za pouk pa kritično presodijo glede na dobre in slabe strani uporabe IKT. Poleg specifičnih tehnoloških in didaktičnih znanj, študenti pridobijo tudi samozavest za uporabo IKT ter razvijejo pozitiven odnos do rabe tehnologije.

Znanja s področja IKT, ki bi jih študenti v prihodnje še morali pridobiti, so vezana na ustrezen način uporabe tehnologije v različnih situacijah in na splošno širša tehnična znanja oziroma poznavanje različnih orodij IKT.

Analiza učnih načrtov za osnovno in srednjo šolo za področje naravoslovja

Pri pregledu učnih načrtov za osnovno in srednjo šolo oziroma gimnazijo so opisani predvsem operativni cilji in didaktična priporočila, povezana z uporabo IKT. S kurikularno prenovo na osnovnošolski (2011) in srednješolski (2008) ravni so se v mnogih učnih načrtih pojavili tudi cilji za doseganje ustreznih digitalnih kompetenc pri obravnavi posameznega predmeta.

Na področju naravoslovnih predmetov se pojavljajo priporočila za ustvarjalno uporabo tehnologije pri pouku. Omenja se uporaba projektorja in interaktivnih tabel med poukom, pri učencih in dijakih pa uporaba namiznih računalnikov in pametnih naprav, načrt spodbuja uporabo spleta za iskanje informacij, pa tudi druge vrste naprav in storitev.

Učni načrt za **Naravoslovje** (UN Naravoslovje, 2011)¹¹⁴ v OŠ navaja tudi uporabo IKT za doseganje splošnih ciljev in razvoj spretnosti ter veščin. V ospredju so cilji, ki so usmerjeni v *razvijanje naravoslovnih zmožnosti v povezavi s pridobivanjem, obdelavo in vrednotenje podatkov iz različnih virov*. Uporaba IKT je predvidena tudi za zbiranje, shranjevanje, iskanje in predstavljanje informacij. Didaktična priporočila predvidevajo uporabo IKT (npr. za animacije, simulacije, prikaze, uporaba programov za izračun porabe električne energije, uporaba interaktivnih določevalnih ključev) pri medpredmetnem povezovanju in pri obravnavi posameznih vsebinskih sklopov.

Glavni cilj pouka **biologije** v osnovni šoli je razumevanje vsebinskih konceptov in povezav med njimi. Učni načrt (UN Biologija, 2011)¹¹⁵ predvideva, da učenci pri pouku poglobijo razumevanje bioloških konceptov s čim več eksperimentalnega in terenskega raziskovanja ter drugih aktivnosti (npr. delo z viri informacij, uporaba IKT, projektno delo, raziskovalne naloge, samostojno in skupinsko delo). Splošni cilji predvidevajo razvoj zmožnosti za uporabo sodobne tehnologije pri iskanju ter obdelavi podatkov. Med operativnimi cilji je zavedeno, da učenci *znajo izbrati in uporabiti ustrezna orodja in tehnologijo za izvajanje poskusov, zbiranje podatkov in prikaz podatkov: npr. računalnik, osebni računalnik, tehniko, mikroskop, daljnogled*, ter znajo poiskati in uporabljati tiskane in elektronske vire za zbiranje informacij, ki jih morajo pridobiti iz različnih virov, vključno s spletnimi in drugimi viri strokovnih in aktualnih informacij, programi za obdelavo podatkov, animacije, simulacije, igre, anketiranje ipd. Z ustrežno ciljno usmerjeno uporabo posameznih virov informacij učenci razvijajo tudi komunikacijske zmožnosti in spretnosti uporabe IKT.

Učni načrt za biologijo v gimnaziji (UN Biologija, 2008)¹¹⁶ vključuje učne cilje, ki neposredno vključujejo IKT pri doseganju vsebinskih in procesnih ciljev. Navedeno je *razumevanje pristopov k raziskovalnemu delu v biologiji (mikroskopiranje, biokemijske raziskave, fiziološke raziskave, terensko delo ter uporaba IKT pri meritvah in prikazu rezultatov raziskav)*. Dijaki z raziskovalnim delom razvijajo razumevanje ustreznih pristopov in kritično razmišljanje, kar je tudi eden izmed učnih ciljev predmeta. Težnja je, *da dijaki znajo*

izbrati in uporabiti ustrezna orodja in tehnologijo za izvedbo raziskave ter za zbiranje, analizo in prikaz podatkov. Tehnologija mora biti ustrezno uporabljena in naj ne nadomesti drugih pristopov k poučevanju. Pri uporabi tehnologije je treba izhajati iz vsebine in bioloških konceptov. Priporočljiva je uporaba IKT *za simulacije poskusov*, ki so zaradi različnih dejavnikov težko izvedljivi pri pouku, ter *uporaba računalniških animacij in simulacij*, ki ponazarjajo določene principe in s tem vplivajo na boljšo kognitivno predstavo dijakov o živi naravi.

Pouk **fizike** v osnovni šoli razvija sposobnost za proučevanje naravnih pojavov. Učence seznanja s pomembnejšimi tehničnimi pridobitvami in tehnološkimi procesi, ki ne bi bili mogoči brez fizikalnih spoznanj. V učnem načrtu (UN Fizika, 2011)¹¹⁷ za pouk fizike v osnovni šoli lahko med splošnimi cilji pouka zasledimo priporočilo *uporabe IKT (npr. simulacije pojavov, interaktivne računalniške animacije, računalniška merjenja z vmesniki in senzorji) za razvijanje digitalnih kompetenc*. Med dejavnostmi in vsebinami zasledimo tudi take, pri katerih je predvidena uporaba IKT, na primer opazovanje Lune, planetov, zvezd ... in uporaba simulacij in animacij, uporaba računalniških merilnih sistemov, orodja za risanje grafov, sodobnih naprav in drugo. Med didaktičnimi priporočili so navedeni uporaba projektorja, interaktivne table in vmesnikov z merilnimi tipali. V ospredju je uporaba računalnika kot merilne naprave za zajemanje in obdelavo podatkov, kot sredstva za predstavitev meritev in kot pripomočka za modeliranje naravnih pojavov.

Na srednješolski ravni fizike (UN Fizika, 2015)¹¹⁸ je v opredelitvi predmeta navedeno spoznavanje *fizikalnih zakonitosti delovanja strojev in naprav, s katerimi se srečujejo v vsakdanjem življenju*. Dijaki naj sodobne elektronske medije uporabljajo *za pridobivanje informacij in podatkov*, razvijajo med drugimi tudi *kompetence digitalne pismenosti*, ki jo pridobijo z upravljanjem naprav, ki temeljijo na digitalni tehnologiji, ter z uporabo računalniških programov in interneta.

Pri **kemiji** je v osnovni šoli (UN Kemija, 2011)¹¹⁹ v splošnih ciljih predvideva uporabo IKT za razvoj osnovne kemijske vizualne pismenosti z vizualizacijskimi sredstvi. Predvideva pridobivanje podatkov iz različnih informacijskih virov in izvajanje eksperimentalnega dela z uporabo IKT. To je mogoče dopolniti *s posnetki poskusov, animacijami, simulacijami in drugimi vizualizacijskimi elementi*.

Za razvijanje prostorskih predstav je nujno aktivno sodelovanje učencev, ki delo s fizičnimi kemijskimi modeli dopolnjujejo tudi z uporabo računalniških modelov (programi za risanje in prikazovanje kemijskih struktur: ChemsSketch, Chime itd.). Pri uporabi vizualizacijskih elementov (modeli, submikroskopske predstavitve, animacije) in sodobnega IKT je pomembno sistematično povezovanje z eksperimentalnim delom, pri načrtovanju pouka je priporočeno uporabljati tudi razne *informacijske vire* (svetovni splet, podatkovne zbirke, dokumentarni filmi, enciklopedije in druge publikacije) *in učence usmerjati k njihovi uporabi oziroma k uporabi sodobnega IKT*. Pri delu z viri učitelj učence navaja na iskanje, razvrščanje, urejanje, analiziranje informacij in na ustrezno citiranje virov. Pomembno je razvijanje kritičnega mišljenja učencev, na podlagi katerega bodo znali informacije uporabiti, vrednotiti in ustrezno predstaviti.

Med splošnimi cilji učnega načrta za kemijo v gimnaziji (UN Kemija, 2008)¹²⁰ lahko zasledimo, da dijaki pri predmetu kemija *iščejo, obdelujejo in vrednotijo podatke iz različnih virov, pri tem pa uporabljajo IKT*. Večina sklopov vsebuje učni cilj, ki narekuje, da dijaki *»procesirajo« (uporabljajo) podatke iz različnih virov*, torej med drugimi uporabljajo elektronske vire (svetovni splet). Za doseganje posameznih ciljev, boljše razumevanje konceptov, predstavite informacij in obdelavo podatkov se uporabljata različna programska oprema in računalniško omrežje (svetovni splet), priporočljivo pa je tudi izvajati medpredmetno povezovanje kemije z informatiko. *Eksperimentalno delo se, kjer je le mogoče, razširi tudi z uporabo orodij IKT: računalniški vmesniki in senzorji (Vernier), kamere itd.*

Za uporabo IKT pri naravoslovnih predmetih so na ZRSS objavili tudi smernice (iEkosistem ZRSS)¹²¹, katerih namen je spodbujanje inovativnega in ustvarjalnega pouka z uporabo IKT. Smernice se nanašajo na vključevanje IKT v pouk, sledijo didaktični napotki z možnimi dejavnostmi z IKT za učence oziroma dijake, ki jih zaokroža seznam trenutnih e-gradiv in e-storitev za pouk posameznega predmeta.

Med smernicami za predmet Naravoslovje ([Smernice za uporabo IKT pri predmetu naravoslovje, 2016](#))¹²² so zbrane možne dejavnosti učencev z osmišljeno uporabo IKT, pri katerih so navedene različne vsebine za 6. in 7. razred. Navedenih je več spletnih strani z naravoslovnimi vsebinami, podani so tudi predlogi za uporabo IKT, ki vključuje uporabo e-učbenikov, naprav, vmesnikov, interaktivne table in drugih orodij.

Smernice za uporabo IKT pri predmetu biologija ([Smernice za uporabo IKT pri predmetu biologija, 2016](#))¹²³ navajajo uporabo tehnologije za zapisovanje opazovanj, meritev, za analizo podatkov, shranjevanje podatkov v podatkovnih zbirkah ipd. Uporaba sodobne tehnologije je pomembna, saj ilustrira uporabo tehnologije v znanosti, hkrati pa spodbuja razvijanje naravoslovne, digitalne in tehnološke pismenosti. Poudarjen je pomen vizualizacije (animacije, simulacije), uporabe orodij za preverjanje znanja, spodbujanja samoregulacije učenja in široko uporabo IKT v okviru različnih dejavnosti pri pouku. Priporoča se uporaba e-učbenika in različnih spletnih strani z biološkimi vsebinami.

Za pouk fizike ([Smernice za uporabo IKT pri predmetu fizika, 2016](#))¹²⁴ so predstavljena priporočila možnih načinov uporabe IKT, ki vključuje preverjanje in ocenjevanje znanja z odzivnimi sistemi (Socrative, Plickers ...), uporabo spletne učilnice za sledenje opravljenemu delu, zbiranje gradiv učencev, preverjanja znanja, sodelovalno delo ipd (Moodle), uporabo e-listovnika pri eksperimentalnem delu, okolja Wiki in druga spletna orodja. Navedeni so interaktivni učbeniki SIO.si, spletne strani s področja fizike in različni primeri objav s konferenc SirIKT.

Pri pouku kemije ([Smernice za uporabo IKT pri predmetu kemija, 2016](#))¹²⁵ imajo veliko vlogo ključni poudarki na sistematičnem zbiranju podatkov, ki so osnova za eksperimentalno delo pri predmetu. Poudarjen je tudi pomen vizualizacije in povezovanje makroskopskih opažanj na submikroskopski ravni s simbolnimi zapisi ob uporabi sodobnega IKT. Med priporočili je navedeno spodbujanje eksperimentalnega in problemskega pristopa z uporabo IKT, ki naj se skladno povezuje in dopolnjuje z drugimi metodami učenja in poučevanja (izkustveno učenje, sodelovalno učenje, projektno delo, razprave, terensko delo itd.). Smernice navajajo uporabo i-učbenikov za kemijo, več spletnih strani in programske opreme glede na uporabljen učni pristop.

Univerzitetni študijski programi za področje naravoslovja

Predmet **Didaktika naravoslovja 1** je obvezni strokovni predmet, namenjen študentom 3. letnika na študijskem programu prve stopnje Razredni pouk na Pedagoški fakulteti UL. Študenti si pridobijo znanja vsebinskih in didaktičnih značilnosti pouka v prvih dveh triletjih osnovne šole na področju naravoslovja, se seznani s specialno-didaktičnimi pristopi za doseganje kurikularnih ciljev na področju naravoslovja. Študenti spoznajo tudi metode določevanja razvojnih značilnosti, razlik in potreb učencev ter načine prepoznavanja učnih zmožnosti in težav na področju naravoslovja, razumejo proces razvoja naravoslovnih pojmovanj in povezovanje pojmov v pojmovne mreže. Poudarjeni so zavedanje o pomembnosti naravoslovne pismenosti, poznavanje teorij poučevanja in učenja naravoslovja, uvajanje sodobnih oblik in metod poučevanja in učenja, metod za odkrivanje predhodnih predstav in naravoslovnih postopkov (zaznavanje, predstavitev, naravoslovne risbe, eksperimentalno delo, zaključevanje, itd.). Pri predmetu študenti spoznajo tudi raziskovalne pristope pri pouku naravoslovja (samostojno načrtovanje raziskave, napovedovanje, oblikovanje domnev, predstavitev in tolmačenje podatkov), načine evalvacije, načrtovanja, izvajanja in kritičnega vrednotenja pouka naravoslovja, preverjanje naravoslovnega znanja in opisno ocenjevanje.

Pri predmetu **Fizika v naravoslovju** je v ospredju razvijanje sposobnosti naravoslovnega razmišljanja. Ključno je poznavanje in razumevanje temeljnih fizikalnih konceptov in njihova uporaba pri razlagi procesov v naravi. Poudarek je na razumevanju in reševanju osnovnih fizikalnih problemov na kvalitativni in kvantitativni ravni in sposobnost ocene velikostnega reda rezultatov. Študenti se usposobijo za varno eksperimentiranje, znajo oceniti nevarnosti dela, poznajo varnostne predpise in ravnanje pri

eksperimentiranju v skladu z njimi. Študenti se pri predmetu izurijo za zbiranje podatkov poskusov, prikazovanje in tolmačenje eksperimentalnih podatkov in povezovanje izsledkov s teorijo. Predmet je namenjen študentom Pedagoške fakultete UL na prvostopenjskem študijskem programu dvopredmetni učitelj vezav kemija, biologija, gospodinjstvo.

Predmet **Naravoslovje – biološke vsebine** se izvaja na univerzitetnem študijskem programu prve stopnje na Pedagoški fakulteti UL kot obvezni strokovni predmet, namenjen študentom, ki se usposabljaajo za poučevanje bioloških vsebin na razredni stopnji osnovne šole. Predmet obravnava vsebine žive in nežive narave od celice do ekosistemov.

Študenti se naučijo fleksibilno uporabiti znanje v praksi, pridobijo temelje za razumevanje in uporabo strokovnih znanj za doseganje kurikularnih ciljev v prvih dveh triletnih osnovne šole in za razvijanje pozitivnega odnosa do žive narave. V okviru predmeta se izvajata tudi eksperimentalno in laboratorijsko delo ter delo na terenu.

Naravoslovje – fizikalne vsebine je obvezni strokovni predmet, namenjen študentom prve stopnje študijskega programa Razredni pouk, ki se izvaja na Pedagoški fakulteti UL. Pri predmetu študenti spoznajo različne dejavnosti za izvajanje fizikalnih vsebin v okviru predmetov Spoznavanje okolja, Naravoslovje in tehnika in Naravoslovje v osnovni šoli. Pridobijo strokovna znanja za doseganje kurikularnih ciljev v prvih dveh triletnih osnovne šole, kot so razumevanje osnovnih fizikalnih zakonitosti, sposobnost razvijanja in izvajanja eksperimentalnega dela ter drugih naravoslovnih dejavnosti, razumevanje osnovnih postopkov v naravoslovju ter praktične spretnosti za snovanje lastnega eksperimentalnega dela in didaktičnih pristopov poučevanja naravoslovja.

Predmet **Didaktika biologije 1**, ki se izvaja na drugostopenjskem študiju s področja biološkega izobraževanja na Biotehniški fakulteti UL, je namenjen študentom 1. letnika biologije. Pri predmetu spoznavaajo študenti pomen in uporabo živih bitij pri pouku biologije, seznanijo se z gojenjem in vzdrževanjem živih bitij v umetnem okolju, z uporabo živih bitij v pedagoškem procesu, njihovim pomenom za ustvarjanje realnih predstav in odpravljanje predsodkov do živega ter o oblikovanju pozitivnega odnosa do narave. Konceptualni pristop k pouku biologije predstavlja postopno razvijanje celostnega razumevanja biologije pri učencih.

Soroden je predmet **Organizmi pri pouku biologije in naravoslovja**, ki je izbirni predmet za študente študijskega programa dvopredmetni učitelj biologije z vezavami, ki se izvaja na Pedagoški fakulteti UL. Pri predmetu učitelji spoznavaajo delo z organizmi, ki predstavljajo temeljno orodje za pouk biologije. Dejavnosti vključujejo laboratorijsko, raziskovalno, terensko in projektno delo.

Izbrana poglavja biologije z didaktiko je predmet, ki se izvaja na Pedagoški fakulteti UL na drugostopenjskem programu Poučevanje, smer predmetno poučevanje za področje biologije. Predmet je namenjen seznanjanju študentov z načini prilagajanja vsebin in metod za pedagoško delo ter z načini priprave, vodenja in analize dela z učenci na primeru različnih vsebin. Študenti spoznajo tehnike opazovanja v naravi, vključevanje prostoživečih, laboratorijskih in domačih (predvsem hišnih) živali v izobraževalne, raziskovalne in rekreativne namene. Bodoči učitelji se naučijo študijski problem in metode praktičnih vaj prilagoditi pouku biologije oziroma ustreznemu izbirnemu predmetu ter znajo uskladiti delo z učnim načrtom.

Predmet **Didaktika biologije 1** predstavlja uvod v predmete, ki študente usposabljaajo za poučevanje bioloških vsebin pri predmetih naravoslovje in biologija. Študentom omogoča pridobivanje znanj, veščin in vrednot za poklic učitelja. V ospredju so teoretična in praktična znanja iz predmetno specifične didaktike. V okviru dejavnosti študenti načrtujejo, pripravljajo in izvajajo učne teme v skladu s spoznanji sodobne didaktike in na podlagi znanja in razumevanja učnega procesa ter razvojne stopnje učencev. Delo je usmerjeno v razvijanje spretnosti za uporabo ustreznih učnih sredstev, za kritično vrednotenje dela in učnega procesa ter izpopolnjevanje pristopov na podlagi izsledkov vrednotenja znanja za ustvarjanje in spodbujanje motivacije učencev.

Didaktika fizike 1 in Didaktika fizike 2 sta predmeta, ki obravnavata metode poučevanja fizikalnih vsebin s področja mehanike v osnovnih in poklicnih šolah. Med ciljnim kompetencami študentov so priprava, izvedba in interpretacija demonstracijskih poskusov, obvladovanje osnovnih merskih metod in njih uporaba pri pouku in pri laboratorijskih vajah učencev, prikaz in interpretacija eksperimentalnih podatkov in njihova povezava s teorijo, ocena natančnosti izmerjenih količin in uporaba računalnika pri eksperimentalnem delu. Predmeta se izvajata kot obvezna strokovna predmeta na študijskem programu Pedagoške fakultete UL dvopredmetni učitelj fizike z vezavami.

Fizikalne vsebine z didaktiko je drugostopenjski predmet za študente s področja fizike, smeri predmetnega poučevanja na Pedagoški fakulteti UL. Pri predmetu študenti poglobijo razumevanje in integracijo osnovnih spoznanj in konceptov sodobne fizike, spoznajo zgodovinski razvoj fizikalnih konceptov, pri vsaki od tematik pa se tudi seznani z načini poučevanja teh vsebin, z uveljavljenimi oziroma nedavno razvitimi modeli razlag za poučevanje in demonstracijskimi eksperimenti, primernimi za poučevanje. Študenti morajo znati in razumeti strokovno zahtevnejše fizikalne vsebine in didaktične specifične zahtevnejših fizikalnih vsebin. Pridobijo tudi prenosljive spretnosti, kot so prepoznavanje in ustvarjalno reševanje izobraževalnih problemov za izbrano strokovno področje in izkazovanje pismenosti na področju znanstvenoraziskovalnega dela.

Predmet **Kako stvari delujejo?** je izbirni predmet v okviru prvostopenjskega študijskega programa Fizika na fakulteti za matematiko in fiziko UL. Študenti se spoznajo s temeljnimi fizikalnimi zakoni in pojmi ob preučevanju delovanja različnih naprav in spoznavanju lastnosti različnih snovi. Pedagoško delo je podprto z demonstracijskimi poskusi in avdio in video gradivom, laboratorijske vaje pa vključujejo odprte probleme in temeljijo na vodenem odkrivanju.

Študenti morajo ob koncu predmeta razumeti osnovne fizikalne pojme in zakone ter njihovo univerzalno uporabnost v tehnologiji in inženirstvu. Znati morajo uporabljati ustrezno terminologijo in način komuniciranja v naravoslovju in tehnologiji, s poudarkom na fiziki. Pomembno je, da se zavedajo značilnosti naravoslovnega pristopa pri reševanju aplikativnih problemov. Ob uporabi raznih naprav z namenom razumevanja temeljnih konceptov pa se srečajo tudi s pomenom IKT v izobraževanju.

Predmet **Analizna kemija** je obvezni strokovni predmet na Univerzitetnem študijskem programu prve stopnje Dvopredmetni učitelj na Pedagoški fakulteti UL. V okviru predmeta spoznajo študenti osnovne pojme in parametre analiznega procesa: izbire metode, priprave vzorca, občutljivost, selektivnost in meje zaznave. Spoznajo osnove analiznega računstva, statistično obravnavo in vrednotenje analiznih rezultatov. Sluša telji v okviru predmeta osvojijo temeljne principe kemijske analize in pridobijo znanja, nujna za razumevanje in izvedbo posameznih kemijskih ter nekaterih osnovnih instrumentalnih analiznih tehnik. Spoznajo pristope k izvedbi analiz ter osnovne principe reševanja analiznih nalog in problemov v praksi.

Študijski predmet **Didaktika kemije 1** je namenjen študentom študijskega programa dvopredmetnega učitelja kemije z vezavami, ki se izvaja na Pedagoški fakulteti UL. Študenti se v okviru predavanj oz. seminarjev pri predmetu v učni praksi spoznajo z vlogo in pomenom učne priprave za delo z učenci, uporabo oz. umestitvijo ustreznih delavnih listov za učitelja in učenca pri pouku ter vlogo in umestitvijo eksperimenta pri pouku kemije in naravoslovja v osnovni šoli.

Didaktika kemije 2 z učno prakso je obvezni strokovni predmet na študijskem programu prve stopnje Dvopredmetni učitelj Kemija z vezavami. Pri predmetu študenti spoznajo pouk kemije v kontekstu življenjskih situacij in družbenih potreb, se seznani z možnostmi uporabe vizualizacije, pomena pojmovnih mrež pri učenju in poučevanju kemije, dejavnostmi za izvajanje aktivnega pouka kemije in možnostmi individualizacije in diferenciacije pri pouku kemije. Študenti spoznajo delo v razredu s prisostvovanjem pouku kemije na izbranih šolah. V okviru samostojnih nastopov študenti pomagajo učitelju-mentorju pri pripravi in izvedbi učnih ur, preizkusijo se tudi s samostojnimi nastopi. V smislu spoznavanja delovanja šole se študenti seznani z delom učitelja kemije na šoli in z organizacijo delovanja šole na splošno. Predmet se izvaja na Pedagoški fakulteti UL.

Eksperimentalno in projektno delo je prav tako obvezni strokovni predmet na študijskem programu prve stopnje Dvopredmetni učitelj kemije z vezavami. Študenti se pri predmetu seznani z načrtovanjem, izvajanjem in predstavljanjem projektnega učnega dela, ki vključuje akcijsko raziskovanje, ter kritičnim ocenjevanjem dela in rezultatov projektnega dela. Študenti v sklopu hospitacij in nastopov na izbranih šolah pridobijo izkušnje o poteku pouka kemije v 8. in 9. razredu osnovne šole, se usposobijo za samostojno izvajanje učne ure in so sposobni kritične ocene prednosti in pomanjkljivosti nastopa ob sodelovanju učitelja – mentorja in visokošolskega učitelja. Študenti spoznajo temelje projektnega dela.

Obvezni strokovni predmet **Fizikalna kemija**, namenjen študentom na študijskem programu Dvopredmetni učitelj kemije z vezavami, omogoči študentom pridobivanje znanj in razumevanja posameznih naravnih zakonitosti oz. lastnosti sistemov z uporabo različnih modelov oz. termodinamskih funkcij. Študenti pridobijo občutek za fizikalno-matematični način razmišljanja, kar omogoča globlje razumevanje pomena abstraktnih fizikalno-kemijskih pojmov in količin ter njihovo uporabo v praksi. Študenti se seznani s povezovanjem teoretičnega in eksperimentalnega dela ter kritičnim vrednotenjem eksperimentalnih podatkov, spoznajo načine reševanja problemov, timsko delo, zbiranje in tolmačenje eksperimentalnih podatkov, kritične analize in sinteze podatkov in ustrezen način priprave poročil o izvedenem delu.

Predmet **Izbrana poglavja kemije z didaktiko** je obvezni strokovni predmet na magistrskem študijskem programu Poučevanje, pri katerem so v ospredju povezovanje in nadgradnja znanja z različnih kemijskih področij in njihov prenos v šolsko prakso. Študenti se seznani s temeljnimi kemijskimi pojmi, s posebnostmi pri obravnavi kemijskih vsebin, z didaktičnimi pristopi za učinkovit prenos kemijskih vsebin v šolsko prakso in načini ustvarjalnega reševanja izobraževalnih problemov na izbranem strokovnem področju. Študenti razvijejo sposobnosti za vrednotenje in didaktično primerne uporabe različnih vizualizacijskih sredstev (modelov, eksperimentov, animacij, simulacij) za učinkovitejše razumevanje kemijskih pojmov.

Organska kemija 2 je predmet, namenjen študentom univerzitetnega programa Dvopredmetni učitelj Kemija z vezavami, ki se izvaja na Pedagoški fakulteti UL. Cilji predmeta vključujejo vzpostavljanje povezave med naravnimi pojavi (zakoni) ter med fizikalnimi in kemičnimi lastnostmi snovi in spoznavanje splošnih načel pri opisu različnih problemov v naravoslovju. Dejavnosti vključujejo spoznavanje različnih metod laboratorijskega dela, samostojno izvajanje eksperimentov in kritično vrednotenje rezultatov. Študenti pridobijo znanje o različnih vrstah organskih spojin, njihovih strukturah in lastnostih.

Splošna kemija je obvezni strokovni predmet za študente dvopredmetnega študija kemije z vezavami. Pri predmetu so dejavnosti usmerjene v poglobljanje in nadgrajevanje znanj splošne kemije, s poudarkom na poznavanju in pravilnem razumevanju osnovnih kemijskih zakonitosti ter poznavanju zgradbe snovi in njenega vpliva na kemične lastnosti snovi. Študenti se seznani s principi varnega dela v laboratoriju, varnega rokovanja s kemikalijami, z varnostnimi zahtevami in ukrepi v laboratoriju, različnimi metodami dela oziroma pristopi pri praktičnem delu v laboratoriju ter znajo samostojno izvajati posamezne eksperimente in kritično ovrednotiti meritve oziroma rezultate.

Predmet **Trojna narava kemijskih pojmov**, ki se izvaja na magistrskem študijskem programu Poučevanje, je namenjen seznanjanju študentov s trojno naravo naravoslovnih pojmov in njenim pomenom za razumevanje naravoslovnih pojavov. Pri obravnavi vsebin študenti pridobijo znanja s področja metodologije analize učbenikov in drugega učnega materiala, spoznajo osnovne raziskave s področja razumevanja trojne narave naravoslovnih pojmov ter uporabo različnih modelov predstavitve submikroskopske ravni naravoslovnih pojmov in njihov pomen v kombinaciji s simbolno in makroskopsko ravno pri razvoju ustreznih mentalnih modelov razumevanja delčne narave pojmov.

Predmet **Eksperimentalno in projektno delo** se izvaja v sklopu drugostopenjskega študijskega programa Predmetno poučevanje, ki poteka na Pedagoški fakulteti UL za študente smeri kemija-biologija, kemija-gospodinjstvo in kemija-fizika.

Predmet **Vrednotenje znanja** je namenjen študentom 4. letnika prvostopenjskega študijskega programa Dvopredmetni učitelj, smer kemija z vezavami. Predmet predstavi učne vsebine kemije v osnovni in srednji šoli skozi teorijo preverjanja in ocenjevanja kemijskega znanja. Ker se pri poučevanju kemije kemijske pojme predstavlja na treh ravneh predstavitev: (1) makroskopsko, (2) submikroskopsko in (3) simbolno, je pomembno, da znajo študenti, bodoči učitelji kemije, ustrezno ovrednotiti učenčevo kemijsko znanje. Študenti morajo znati uporabljati orodja za izdelavo slikovnega gradiva s kemijsko vsebino in ustrezen način vizualizacije, ki je lahko vključena v naloge za vrednotenje znanja.

Pri predmetu študenti spoznajo različne šolske in mednarodne oblike in inštrumente preverjanja in ocenjevanja znanja. Študenti se seznajajo s principi gradnje in uporabe testnih bank, znajo sestavljati posamezne vrste nalog in preizkuse znanja, jih znajo vrednotiti in so usposobljeni za tolmačenje dosežkov učencev. Iz odgovorov učencev se naučijo ugotoviti, kdaj so razumevanja nepopolna in napačna, in pripraviti ustrezen odziv ter predvideti vpliv rezultatov vrednotenja znanja na usmerjanje pouka.

V poglavju so predstavljeni posamezni predmeti, v okviru katerih so potekale pilotne izvedbe posodobitev, krajši opisi posodobitev in najpogosteje uporabljeni inovativni pristopi, ki so jih izvajalci predmetov pri izvedbi uporabili. S vsebinskega področja naravoslovja je bilo pripravljenih dvaindvajset pilotnih izvedb posodobitev študijskih predmetov, štiri s področja biologije, deset s področja kemije in štiri s področja fizike. Štiri pilotne izvedbe posodobitev pa vključujejo splošno področje naravoslovje.

Pilotne izvedbe posodobitev s področja naravoslovja

Posodobitev v okviru pilotne izvedbe posodobitev pri predmetih **Fizika v naravoslovju, Naravoslovje – fizikalne vsebine** in **Didaktika naravoslovja 1** je vezana na uporabo odzivnih sistemov za formativno spremljanje dejavnosti, uporabo vmesnikov za zajem podatkov in pametnih naprav za predočenje rezultatov merjenja, snemanje poskusov ter usposabljanje za delo z interaktivno tablo. Namen posodobitve je bil tudi pokazati na pestrost možnosti didaktične uporabe IKT pri pouku fizike. Vključene so bile tudi dejavnosti, povezane z uporabo pametnih telefonov in z USB-mikroskopom.

V okviru pilotne izvedbe posodobitev z uporabo IKT pri predmetu **Naravoslovje – biološke vsebine** so se študenti seznanili s pomenom preprostih določevalnih ključev, spoznali so način priprave, izdelave in možnosti uporabe digitalne različice, spoznali pa so tudi možnosti uporabe ključa za določanje lesnih rastlin na tabličnih računalnikih. Za izdelovanje šolskih ključev so študenti uporabljali spletno okolje GoogleForms. Poleg splošne evalvacije, ki bo opravljena z instrumentom usklajenim na ravni skupine za naravoslovje, je bil oblikovan in uporabljen tudi anketni vprašalnik o stališčih do didaktične uporabe spoznanih aplikacij v učnem procesu. Študenti so razvijali predvsem kompetence za ustvarjanje različnih gradiv z orodji IKT in kompetence s področja učenja in poučevanja.

Pilotne izvedbe posodobitev s področja biologije

Pilotni izvedbi posodobitve študijskih predmetov **Didaktika biologije 1** in **Organizmi pri pouku biologije in naravoslovja** sta vključevali izvedbo istih dejavnosti s študenti na dveh različnih študijskih smereh; prve na Biotehniški fakulteti UL in druge na Pedagoški fakulteti UL.

Pilotna izvedba posodobitve je bila zasnovana na dveh sklopih, prvem, ki je vključeval dejavnosti mikroskopiranja z uporabo IKT, in drugem z dejavnostmi, vezanimi na izdelavo pojmovnih zemljevidov s programom CmapTools¹²⁶. Za izvajanje dejavnosti je bilo pripravljenih več gradiv, ki so vključevala opise, možnosti in pravila dela s svetlobnim mikroskopom, didaktična navodila in navodila za mikroskopiranje z uporabo dodatnih pripomočkov (kamera, fotoaparati) in brez njih. Sklepni del dejavnosti je bilo načrtovanje praktične vaje mikroskopiranja z uporabo IKT.

Drugi sklop se je dotikal formativnega preverjanja znanja, ki učitelju omogoča vpogled v znanje in razumevanje učencev. V ta namen so bile zasnovane dejavnosti za izdelavo pojmovnega zemljevida, s katerim je mogoče analizirati razumevanje vsebine in za preverjanje predstav učencev. Cilj drugega sklopa je bil podrobno seznanjanje študentov z možnostmi uporabe in samostojno izdelavo pojmovnih zemljevidov in miselnih vzorcev.

V okviru predavanj pri predmetu **Izbrana poglavja biologije z didaktiko** so študenti uporabljali pametne naprave, na katerih je bila naložena programska oprema CmapTools, namenjena izdelavi pojmovnih zemljevidov. Z izdelovanjem gradiv so obnovili in preverjali svoje znanje ter spoznali načine analize pojmovnih mrež, ki so primerni za formativno ocenjevanje.

Študenti so pri izvajanju dejavnosti razvijali kompetence ustvarjanja digitalnih gradiv, ki so pogosto uporabljene v šoli, pridobili so kompetence za evalvacijo pojmovnih mrež in njihovo uporabo za ocenjevanje.

Posodobitve, uvedene s pilotno izvedbo posodobitev pri predmetu **Didaktika biologije 1**, ki se izvaja na Pedagoški fakulteti UL, vključujejo spoznavanje programske opreme in didaktično-metodičnih pristopov pri obravnavi vsebine. Študenti so spoznali možnosti uporabe programov Skitch, ki omogoča fotografiranje in dodajanje pojasnil na slikovno gradivo, in iMovie, ki omogoča izdelavo posnetkov in dodajanje zvočnih pojasnil pri oblikovanju raziskovalnega poročila. Eksperimentalno delo je potekalo z uporabo vmesnikov, ki omogočajo zbiranje različnih meritev v bioloških sistemih (koncentracije plinov, temperaturo, pH, vlago) in razvijanje naravoslovnih spretnosti (merjenje). Pomemben del dejavnosti v okviru posodobitev predstavlja tudi izdelovanje dihotomnih ključev za določanje živalskih in rastlinskih vrst.

Pilotne izvedbe posodobitev s področja fizike

Pilotna posodobitev izvedbe dejavnosti pri predmetu **Kako stvari delujejo?** je vezana na formativno preverjanje znanja z uvedbo uporabe odzivnega sistema, pri obravnavi snovi so bili uporabljeni računalniško podprti merilni sistemi (Vernier in programska oprema za pametne naprave), s katerimi so študenti izvajali poskuse z računalniško podprto analizo meritev. Z izvedenimi posodobitvami je bil tako nadomeščen del dejavnosti iz učnega načrta, kjer so bili sicer predvideni demonstracijski poskusi oziroma posnetki. V okviru posodobitev je bila vključena tudi evalvacija o prednostih izvedbe pouka z uporabo IKT.

Pilotna izvedba posodobitev pri predmetu **Didaktika fizike 1** in **Didaktika fizike 2** se nanaša na uporabo glasovalnih sistemov za spremljanje poteka izvajanja pouka, na razvijanje kompetenc za uporabo pametne table, na razvijanje veščine uporabe pametnih naprav in različnih vmesnikov za zajem meritev ter na razvijanje znanj računalniške obdelave podatkov z mobilnimi napravami. Poudarjena je bila uporaba storitev in naprav za doseganja ciljev v učnem načrtu fizike za osnovno šolo. Dejavnosti so vključevale tudi samoevalvacijo poznavanja in stopnjo usposobljenosti za uporabo opreme IKT v didaktične namene, uporabo sistemov za sprotno (formativno) spremljanje njihovih veščin uporabe IKT in za končno (sumativno) preverjanje znanja.

Predmet **Fizikalne vsebine z didaktiko**, ki se izvaja na drugostopenjskem programu, je posvečen sodobnim znanstvenim spoznanjem na različnih področjih fizike in prenosu teh spoznanj v poučevanje. Pri predmetu se študenti seznajajo s teoretičnimi vsebinami in hkrati z didaktičnimi pristopi k poučevanju teh vsebin. Posodobitev v okviru pilotne izvedbe vključuje uvajanje IKT pri obravnavi izbranih vsebin, včasih kot pripomoček za eksperimentiranje (npr. USB-mikroskop), včasih za spoznavanje didaktičnih pristopov, včasih kot pomoč pri vodenju eksperimentalne dokumentacije in včasih kot raziskovanje možnosti uporabe sodobnega IKT.

Pilotne izvedbe posodobitev s področja kemije

Pri posodobitvi dela predmeta **Izbrana poglavja kemije z didaktiko** je bilo v ospredju razvijanje in nadgrajevanje možnosti inovativne didaktične uporabe IKT v podporo učnemu procesu, ki je neposredno prenosljiva v učno prakso pri poučevanju kemije. Posodobitev je vključevala uporabo pametnih naprav za zajem eksperimentalnih podatkov, njihovo analizo in predstavitev rezultatov, uporabo QR-kod pri šolskem kemijskem eksperimentalnem delu, uporabo QR-kod pri učenju kemije v kontekstu življenjskih situacij in uporabo IKT pri formativnem spremljanju učenja kemije. Glede na izbor vsebine so študenti pripravili vprašanja za učence, ki so temeljila na izbranih operativnih učnih ciljih učnega načrta za kemijo, in jih uporabili z digitalnimi odzivnimi sistemi.

Posodobitev pri predmetu **Trojna narava kemijskih pojmov** je vezana na možnosti prikaza submikroskopske ravni pojmov z uporabo različnih spletnih orodij. Pri seminarskem delu so pripravljali enostavne animacije submikroskopske ravni za namene poučevanja vsebine in za namene formativnega vrednotenja znanja z identifikacijo napačnih razumevanj specifičnih pojmov. Študenti so uporabili enega izmed orodij, ki so prosto na voljo (ChemSense, ChemSketch, Molucad, JSmol ...).

Razvoj digitalnih kompetenc je pri predmetu v prvi meri vezan na izdelavo gradiv z različnimi orodji, specifičnimi za področje kemije, pomembne pa so tudi kompetence evalvacije ustreznosti pripravljenih gradiv in didaktična vrednost pripravljenih gradiv za poučevanje specifične vsebine, pri vrednotenju znanja oziroma določanju napačnih razumevanj. Pri projektu so študenti uporabljali tudi spletno učno okolje Moodle.

Pilotna izvedba posodobitve pri predmetu **Analizna kemija** v prvem koraku vključuje seznanitev študentov z modernimi pristopi uporabe IKT na področju analize kemije, uporabo orodij in računalniških programov pri zajemanju podatkov, vrednotenju in tolmačenju rezultatov analiz, kar je ključno za razumevanje pomena meritev v analizi kemiji. V drugem koraku vključuje uporabo simulacij v analizi kemiji – simulacije titracijskih krivulj (vpliv koncentracije in vrste reagenta, analita, izbira indikatorja itd.) in uporabo sodobnih orodij IKT za izvajanje simulacije kompleksnih instrumentalnih (na primer kromatografskih, spektroskopskih ali elektrokemijskih) analiznih procesov. Sklepno posodobitev vključuje predstavitev virtualnega eksperimenta. Delo je potekalo v spletni učilnici Moodle.

Pri predmetu **Didaktika kemije 1** je bila ključna pilotna izvedba posodobitve, vezana na uporabo spletnega sodelovalnega okolja Edmodo¹²⁷. Študenti so pri zasnovi priprav, poteka in evalvacije učnega procesa pri pouku kemije v okviru skupinskih hospitacij sodelovalno oblikovali dejavnosti in kritično komentirali pristope k delu. Dostop do okolja omogoča delo s pametnimi napravami in enostavno udeleževanje v pedagoški proces.

Posodobitev predmeta za pilotno pri predmetu **Didaktika kemije 2 z učno prakso** je vključevala primerjalno analizo učbenikov za kemijo, razvoja gradiv in dejavnosti za formativno evalvacijo dela prek spletnih odzivnih sistemov (dostopno prek QR-koda), razvoja gradiv in dejavnosti za uporabo različnih vmesnikov za zajem eksperimentalnih podatkov in meritev pri eksperimentalnem delu, za izdelavo 3D-modelov molekul, uporabo pojmovnih mrež pri učenju in poučevanju kemije, uvajanje individualizacije in diferenciacije v pouk kemije ter iskanje in analizo člankov povezanih z izbranimi temami učnega načrta. Dejavnosti so potekale znotraj spletnega sodelovalnega okolja Moodle.

Posodobitev gradiv in dejavnosti za pilotno izvedbo posodobitve pri predmetu **Eksperimentalno in projektno delo** je potekalo prek različnih nalog, ki so vključevale načrtovanje in izvedbo skupinskega projektnega učnega dela (PUD), zbiranje, primerjalno analizo in kritično opredelitev relevantnosti literature z uporabo tiskanih, spletnih in drugih virov, različnih podatkovnih zbirk ter pripravo poročil, predstavitev in evalvacij projektnega dela. Delo je potekalo v spletni učilnici Moodle, uporabljena pa so bila tudi druga spletna orodja, kot so Piazza za zbiranje idej, Lucidchart za pripravljane diagramov, GoogleForms za zbiranje podatkov uporabnikov in druga.

Študenti so pri dejavnostih v okviru posodobitve spoznavali možnosti za sodelovalno delo pri projektnem učnem delu v spletnem okolju, ustrezne pristope k iskanju in analizi znanstvenih in strokovnih virov, uporabljali so spletne odzivne sisteme za spremljanje poteka dela v razredu, formativnega vrednotenja, ponavljanja in podajanja mnenj in predlogov.

Pilotna izvedba posodobitve v okviru predmeta **Fizikalna kemija** vključuje seznanitev študentov pedagoške usmeritve z različnimi orodji IKT. Študenti so spoznali in uporabljali orodja pri reševanju problemov, analizi zbranih podatkov in rezultatov, pri vključevanju videa, pri izdelavi virtualnih fizikalno-kemijskih poskusov in gradiv, ki pokrivajo tematiko eksperimentalnih vaj iz fizikalne kemije. Študenti so spoznali tudi možnosti vključevanja virtualnega laboratorija v pouk (Physical Chemistry Virtual Lab), spoznali so simulacije fizikalnih in kemijskih poskusov (Virtual PhET) ter naprednejše delo s pregledničnim programom Microsoft Excel. Dejavnosti evalvacije so bile zasnovane z uporabo spletnega okolja za samopreverjanje znanja.

V sklopu pilotne izvedbe posodobitev pri predmetu **Organska kemija 2** so se študenti seznanili z različnimi možnostmi IKT za učenje in poučevanje na področju organske kemije. Vključevanje IKT je potekalo v dveh sklopih. Prvi sklop so dejavnosti, vezane na delo z orodji za vizualizacijo strukture organskih spojin. Študenti so z uporabo različnih orodij za 3D-molekulske modeliranje (ChemDraw, MolView, Marvin ...) spoznali zapisovanja zgradbe molekul in možnosti pretvorbe v prostorsko strukturo. Drugi sklop je vključeval načine

vizualizacije kompleksnejših struktur (npr. razlika v prostorski strukturi cis in trans maščobnih kislin) ter osnovnih kemijskih reakcij s pomočjo spletnega orodja ChemTube3D.

Pri pilotni izvedbi posodobitve pri predmetu **Splošna kemija** je bila posodobitev vezana na dva sklopa učnih vsebin. Prvi sklop je združeval dejavnosti, pri katerih so študenti spoznavali možnosti uporabe računalniških programov za vizualizacijo struktur enostavnih molekul (Chemtube3D), v drugem sklopu pa orodja za vizualizacijo prostorskega razporeda gradnikov v kristalnih strukturah (Mercury¹²⁸, CrystalMaker¹²⁹ in Chemtube3d).

Pri predmetu **Vrednotenje znanja** je bila pri pripravi pilotne izvedbe posodobitve obravnavana možnost preverjanja in ocenjevanja znanja pri pouku kemije v šoli. Študenti pridobijo kompetence s področja preverjanja in ocenjevanja znanja. Posodobitev, vključena v pilotnem projektu, je temeljila na primerjavi prosto dostopnih orodij za formativno in sumativno preverjanje znanja, kot so sistem Turnitin, spletna orodja Slido¹³⁰, GoogleForms¹³¹, Mentimeter¹³², PowerVote¹³³ in druga. Primerjalna analiza je bila namenjena spoznavanju prednosti in slabosti uporabe izbranih orodij IKT.

Pomemben del dejavnosti, vezanih na posodobitev, je namenjen oblikovanju vprašanj določenega vsebinskega sklopa iz učnega načrta kemije za osnovno šolo, simulaciji preverjanja znanja ter analizi odgovorov. Dejavnosti omogočajo praktično preizkušanje orodij in utrjevanje spretnosti uporabe posameznega orodja pri pouku. Študenti so dejavnosti izvajali tudi v spletni učilnici Moodle.

Smernice za uvajanje IKT na področju izobraževanja učiteljev temeljijo na (1) teoretičnih izhodiščih, (2) analizi učnih načrtov in nacionalnih smernic za osnovnošolsko in srednješolsko raven, (3) na analizi stanja rabe IKT na pedagoških študijskih programih UL, (4) izsledkih evalvacijskega vprašalnika za študente, (5) mnenjih naprednih uporabnikov in (6) pilotnih raziskavah.

Kompetence učiteljev s področja naravoslovja

Pri učiteljih z naravoslovnega vsebinskega področja so močno poudarjene kompetence, vezane na eksperimentalno, raziskovalno, projektno in sodelovalno delo ter kompetence za iskanje in ustvarjanje gradiv, ki upoštevajo zahteve vizualizacije abstraktnih pojmov in procesov. Te vključujejo orodja, pristope in strategije za iskanje različnih znanstvenih in strokovnih besedil, zbirk podatkov, zvočnih in video posnetkov, slikovnega gradiva in specifičnih gradiv za izvajanje šolskega dela. Pomembno je prepoznavanje ustreznosti, kakovosti in relevantnosti virov, informacij in podatkov ter kritične presoje njihove pomembnosti. Priprava gradiv zahteva inovativno zasnovo in pogosto uporabo različnih orodij za vizualizacijo sicer težko predstavljenih vsebin, zahtevnejših ali težko dostopnih postopkov, naprav ali poskusov oziroma simulacijo postopkov, ki so v okviru šolskega polja težko izvedljivi. Naprednejša raven kompetenc zahteva tudi visoko razvita tehnična znanja, znanje programiranja in analize, zato se razvoj tovrstnih gradiv pogosto izvaja interdisciplinarno. Pomembno je prilagajanje digitalnih virov za vsebinski kontekst učenja. Pri sodelovalnem delu sta pomembni souporaba in izmenjava gradiv v spletnih okoljih, pri čemer se upošteva varovanje občutljivih podatkov, dovoljenj uporabe in avtorskih pravic, dodeljenih gradivom.

Iz pilotnih izvedb posodobitev se kažejo zahteve za vključevanje študentov v vse korake pedagoškega procesa. Študenti so spoznavali vsebino, različne pristope, tehnične vidike IKT, didaktično uporabo IKT in pristope k vrednotenju rezultatov, gradiv in znanja. Delo je bilo zasnovano tako, da so študenti sočasno razvijali različne pedagoške in digitalne kompetence, in sicer pogosto iste skupine študentov pri različnih predmetih.

Pregled dejavnosti, ki so bile izvedene za razvoj kompetenc posamezne skupine v okviru pilotnih izvedb posodobitev, je zbran v Razpredelnici N1.

Razpredelnica N1: Pregled dejavnosti, izvedenih v okviru pilotnih izvedb posodobitev.

03 Poučevanje	02 Digitalni viri	04 Digitalno ocenjevanje	05 Opolnomočenje učencev
Sodelovalno učenje Eksperimentalno delo Problemski pouk Raziskovalno delo (Skupinsko) Projektno delo	Izbira digitalnih virov - iskanje in vrednotenje digitalnih virov - iskanje informacij Ustvarjanje, predelovanje in nadgrajevanje digitalnih virov - ustvarjanje vektorskih slik na računalnikih in tablicah - ustvarjanje različnih gradiv za izvajanje pouka naravoslovja - izdelava gradiv za i-učbenik Organiziranje, zaščita in izmenjava digitalnih virov - sodelovalna okolja za izmenjavo digitalnih virov	Različne oblike in načini preverjanja znanja - ocenjevanje in vrednotenje digitalnih izdelkov - evalvacija gradiv in dela mentorjev in učiteljev - uporaba odzivnih sistemov Povratna informacija in načrtovanje - odziv na opravljeno delo - vrstniško ocenjevanje	Vključevanje učencev - vključevanje naloge s sprotnimi refleksijami in poročanjem o napredku dela

Smernice za področje naravoslovja

Pri naravoslovju je močno poudarjena aktivna vloga učencev, praktično (ang. hands-on) in miselno (ang. minds-on) eksperimentalno delo in na sploh vse oblike skupinskega sodelovanja. Za doseganje teh ciljev je treba **spodbujati izvajanje različnih oblik sodelovalnega dela**, podprtega z uporabo IKT.

Stroka **priporoča tudi vključevanje dejavnosti za raziskovanje in razvoj različnih didaktičnih pristopov** in inovativnih metod poučevanja. S tem učitelji prispevajo k oblikovanju izvirnih dobrih praks poučevanja. Raziskave potrjujejo, da omogoča uporaba inovativnih didaktičnih pristopov z IKT oblikovanje bolj pestrih in motivirajočih dejavnosti.

Učitelji naravoslovnih predmetov si sodobno delo pri pouku brez vključevanja IKT težko predstavljajo. Uporaba naprav za zajemanje eksperimentalnih meritev močno pohitri zbiranje in analizo podatkov ter poveča nazornost prikaza. Sprotnost prikaza podatkov v grafični obliki močno poveča razvoj razumevanja pojavov, ki jih je mogoče opazovati med eksperimentiranjem. Za spodbujanje pogoste in inovativne **uporabe IKT pri eksperimentalnem delu** je treba v okviru izobraževanja učiteljev spodbujati **spoznavanje širokega nabora različnega IKT pri eksperimentiranju in uvajanje dejavnosti, ki vključujejo delo z IKT**.

Ob eksperimentalnem delu je ena izmed specifičnih nalog učitelja, ki se kaže iz analize pilotnih izvedb posodobitev, uporaba vizualizacijskih elementov, s katerimi je mogoče usmerjati pozornost učencev, jih vključevati v razmišljanje, v opisovanje dogajanja in razlaganje opažanj ter v oblikovanje zaključkov. Pri kemiji vključuje vizualizacija na primer povezovanje makroskopske, simbolne in submikroskopske ravni zaznave ter prikaz zgradbe snovi na delčni ravni, pri fiziki pomeni na primer nazorna predstavitev eksperimentalnih podatkov, na osnovi katerih je mogoče oblikovati zaključke, pri biologiji pa dogajanje na mikroskopski ravni. Za razvoj kakovostnega vsebinskega razumevanja je treba načrtno **spodbujati uporabo različnih orodij za predčenje abstraktnih vsebinskih in pojmovnih konceptov, orodij za izdelavo animacij in uporabo simulacij v virtualnih okoljih**.

Čeprav so izsledki evalvacijskega vprašalnika o uporabi didaktičnih pristopov in strategij pokazali, da študenti redko uporabljajo orodja za postavitve pojmovnih mrež, s katerimi je mogoče strukturirati težko razumljive pojme in povezave med njimi, je pomembno **usposabljanje učiteljev za delo s tovrstnimi orodji** pri razlagi učne vsebine in pri preverjanju znanja. Pojemovno znanje omogoča opisovanje in razlago pojavov, povezave med njimi pa kakovostno znanje z razumevanjem.

Pouk pri naravoslovnih predmetih zahteva jasno zastavljene cilje, ustrezno zasnovo dejavnosti dejavno vključevanje učencev in upoštevanje razlik med njimi. Za zagotavljanje vključenosti vseh učencev **so ključne kompetence s področja diferenciacije in individualizacije pouka**, ki upošteva tudi ustrezno povratno informacijo različnim udeležencem. Za prilagajanje dejavnosti posamezniku je ključna uporaba IKT, ki omogoča preglednost izvajanja dejavnosti, napredovanje in ocenjevanje kakovosti dela.

Tudi ugotovitve raziskav kažejo, da IKT lahko pripomore k prilagajanju učnega procesa posameznikovemu prednostnemu pristopu, zato je **pomembno razvijanje kompetenc učiteljev s področja opolnomočenja učencev**. Omogočanje dostopnosti, diferenciacije in personalizacije učenja pripomorejo k hitrejšemu napredovanju in kakovostnejšem znanju posameznega učenca in skupini kot celoti. Učitelj lahko IKT uporablja za spodbujanje dinamičnega, interaktivnega in na splošno bolj stimulativnega učnega okolja, na primer z uporabo izobraževalnih iger, s prilagajanjem raziskovalnega ali projektnega dela glede na želje učenca, z uvajanjem avtentičnih primerov in drugimi pristopi.

Izsledki evalvacijskega vprašalnika o uporabi didaktičnih pristopov in strategij so pokazali, da so študenti naklonjeni uporabi IKT pri poučevanju in se v večji meri ustrezno usposobljeni za uporabo IKT pri poučevanju. Če želimo povečati **uporabo IKT pri študiju in delu**, je smiselno v okviru izobraževanja učiteljev prikazati in spodbujati **uvajanje širokega nabora različnih z IKT podprtih dejavnosti**.

Rezultati analize vprašalnikov o uporabi didaktičnih pristopov in strategij kažejo tudi, da študenti nimajo težav z iskanjem gradiv in virov, vendar hkrati v več kot polovici primerov navajajo, da na spletu ne najdejo

vseh informacij, ki jih potrebujejo pri učenju. Pri uporabi digitalnih virov je pomembno **vključevanje različnih strategij iskanja in vrednotenja virov**, vključno z viri, podatkovnimi zbirkami in repozitoriji, ki so specifični za področje, hkrati pa **uvajanje sodelovalnih pristopov**, pri katerih iskanje poteka skupinsko, nadzor nad delom in ustrezno vodenje pa lahko nudi tudi učitelj.

Pouk naravoslovja temelji na različnih pristopih dela, zato je **za podporo sodelovalnemu, raziskovalnemu, problemskemu učenju in drugim pristopom dela pomembno spodbujati uporabo sodelovalnih učnih okolij**, v katerih je mogoče ustvarjati, zbirati in urejati gradiva, ki so uporabniku z ustreznim dostopom, vedno na voljo. V okviru pilotnih izvedb posodobitev so bile v ta namen uporabljene spletne učilnice (Edumondo, Moodle) in druga spletna orodja (Wiki, spletniki, FaceBook). Pri pilotnih izvedbah posodobitev študijskih predmetov so učitelji poleg spletne učilnice uporabljali tudi različne pametne naprave, kot so tablični računalniki, pametni telefoni, interaktivne table in drugo.

Ustrezno didaktično pripravljena, oblikovana in izbrana gradiva pomembno vplivajo na kakovost pedagoškega procesa, prav tako so pomembna izbrana orodja IKT. Učitelj mora **kritično izbirati in vrednotiti orodja** in na ustrezen način **načrtovati njihovo uporabo**. Pomembno je, kdaj in na kakšne načine učinkovito uporabljati različna učna okolja in učna orodja, na osnovi katerih zahtev izbrati ustrezno programsko opremo in kako slediti razvoju programov, ki so primerni za izobraževanje. Iz poročil pilotnih izvedb posodobitev je mogoče ugotoviti tudi, da so številne študijske dejavnosti vezane na uporabo pisarniških orodij za ustvarjanje in predelovanje ter nadgrajevanje digitalnih virov. V okviru izbranega didaktičnega pristopa je za spoznavanje različnih možnosti rabe nujno **spodbujanje uporabe različne programske opreme in spletnih orodij**, od pisarniških in grafičnih programov do posebne programske opreme, ki je značilna za študijsko področje.

Iz analize evalvacijskega vprašalnika je razvidno, da študenti redkeje poudarjajo didaktične možnosti uporabe IKT. Kako **pomembno je razvijanje razumevanja didaktičnih zahtev uporabe**, kažejo tudi ugotovitve, da vidijo študenti koristi v uporabi IKT za pisanje učnih priprav in pri pripravi učnih gradiv.

Nujno je **spodbujanje razvijanja različnih kompetenc s področja ocenjevanja z uporabo digitalnih tehnologij**. Uvajanje odzivnih sistemov in orodij, ki omogočajo pripravo nalog za preverjanje oziroma ocenjevanje znanja, je smiselno tudi zato, ker se manj kot polovica študentov strinja z uporabo IKT pri preverjanju, v še manjšem deležu pa pri ocenjevanju znanja. V okviru pilotnih izvedb posodobitev predmetov so uporabljali različne odzivne sisteme, izvedeno je bilo vrstniško ocenjevanje, uporabljene so bile interne ankete, študenti pa so tudi ocenjevali naloge in preizkuse, ki so jih pripravljali. Izvajalci so te sisteme uporabili za **zagotavljanje hitre in kakovostne povratne informacije v učnem procesu**, spodbujali pa so tudi razvoj razumevanja pomena sprotnega preverjanja in ocenjevanja znanja.

Za izvajanje posameznih dejavnosti pri pilotni izvedbi posodobitev s področja naravoslovja so izvajalci uporabili različne vire, gradiva, naprave, spletna orodja in spletna okolja. Uvajanje je zahtevalo posebna znanja za ustrezen izbor in uporabo specialnih virov, študenti so ob tem razvijali tudi specifične tehnične kompetence. Namen dejavnosti in uporabljena orodja IKT so zbrana v razpredelnici N2. Študenti so ob **uporabi novih in posodobljenih gradiv ter ustreznih didaktičnih pristopov hkrati razvijali več področij digitalnih kompetenc**. Ob specifičnih orodjih so se seznanili tudi z didaktično rabo IKT pri pouku.

Razpredelnica N2: Namen in izbrana orodja IKT, uporabljena pri izvajanju pilotnih izvedb posodobitev.

Namen	Orodja IKT
Predstavitev vsebine	Spletniki, Youtube, pisarniški programi
Iskanje in vrednotenje informacij	podatkovne zbirke s področja izobraževanja (ERIC, Web of Science, eBook Academic Collection (EBSCOhost), scienceDirect), Digitalna knjižnica DIKUL, virtualni laboratorij (Physical Chemistry Virtual Lab, Virtual PhET), kemijske podatkovne zbirke,
Zbiranje podatkov	Spletne strani s posnetki

Sprotno preverjanje znanja	GoogleForms, Moodle (H5P), Kahoot, Mentimeter, GoSoapBox, Plickers, Quizziz, Quizlet live, GoFormative, Socrative
Organizacija učnega procesa	Spletno izobraževalno okolje – Moodle, okolje Wiki, Edumondo
Skupinsko delo, sodelovanje, projektno delo	Spletna izobraževalna okolja
Izdelava gradiv, izgradnja pojmovnih zemljevidov	Prostodostopni program za vektorsko grafiko – Inkscape, GIMP, CMapTools, Skitch, iMovie, Coach, programi za zajem eksperimentalnih podatkov Physics Toolbox Suite, VidAnalysis Free in Motion Shot, Color Grab (android) ali ColorAssist Free Edition (iOS), QR generator, QR reader, montaža videa, ChemSketch, ChemSense, ChemDraw, Chemtube3d, Mercury, CrystalMaker Moodle H5P
Objavljanje gradiv	Spletna učilnica, YouTube, Facebook, Arnesov Spletnik
Specifične naprave	mikroskop, interaktivna tabla, pametne naprave, fotoaparati, kamera, Vernier in tipala, ultrazvočni sledilec gibanja, €sense
Sporočanje	Spletna učilnica, elektronska pošta

Za spodbujanje uporabe IKT imajo pomembno vlogo tudi **učni načrti za osnovno in srednjo šolo** oziroma za gimnazije. Med priporočili za ustvarjalno uporabo tehnologije pri pouku je omenjena uporaba različnih naprav, spodbuja se uporaba spleta za iskanje informacij in uporabo različnih spletnih storitev, poudarjen je tudi didaktični vidik uporabe IKT, ki temelji na inovativnih didaktičnih pristopih k delu v razredu. Na podobni osnovi je pomembno **tudi spodbujanje uvajanja posodobitev didaktičnih pristopov in smiselna uporaba IKT tudi v učne načrte visokošolskih predmetov**, oziroma uvajanje specifičnih predmetov, namenjenih prav razvoju digitalnih kompetenc bodočih učiteljev za posamezno študijsko področje. Temu pritrjujejo tudi visokošolski učitelji in študenti, ki se strinjajo, da bi moral znati IKT uporabljati vsak, ki dela v šolskem okolju, ter da so digitalne kompetence temeljne kompetence vsakega študenta pedagoških študijskih programov.

Kakovosten pouk naravoslovnih predmetov zahteva jasno zastavljene cilje in ustrezno obravnavo pričakovanih rezultatov, pridobljenih med eksperimentalnim delom, dejavno vključevanje učencev in upoštevanje razlik v interesu, znanju, sposobnostih in spretnostih.

Za uspešno izvajanje z IKT podprtih inovativnih oblik poučevanja in učenja je nujno učiteljevo poznavanje različnih didaktičnih pristopov in možnosti za učinkovito uporabo IKT v pedagoškem procesu. Nujna je digitalna pismenost učitelja (in učencev), učitelj mora znati ustvariti didaktično ustrezna gradiva, poznati mora tudi programsko opremo in storitve za sodobne metode poučevanja.

Ustrezna didaktična obravnava uporabe IKT pomaga učitelju pri odločanju, kdaj uporabiti IKT in kako ter zakaj ga vključiti v pouk, s tem pa je mogoče doseči boljše učne rezultate, učni proces je lahko bolj dinamičen in zato za učence bolj zanimiv.

V okviru projekta »IKT v pedagoških študijskih programih UL« so strokovnjaki s področja didaktike predstavili in uporabili velik nabor inovativnih pristopov ter digitalnih virov in orodij, kar kaže na različne možnosti za posodobitve in inovacije.

Najpogosteje se je med dejavnostmi pojavilo ustvarjanje novih digitalnih virov. Pri tem so strokovnjaki v splošnem uporabili širok nabor različne programske opreme in storitev, programska orodja so uporabljali na različne načine, glede na specifične naloge in cilje. Uporabljenih je bilo več različnih pristopov k poučevanju, od sodelovalnega in raziskovalnega učenja do učenja z igrami in digitalnega pripovedništva, uporabljena so bila tudi različna učna okolja.

Ugotovitve analiz, izvedenih v okviru projekta, so pokazale precejšnje razlike med kompetencami študentov in njihovo pripravljenostjo za spoznavanje in uporabo inovativnih didaktičnih pristopov in smiselno uporabo IKT pri tem, saj se nekateri še ne počutijo sposobne uporabljati IKT za načrtovanje in izvajanje pouka, drugim to ne predstavlja težav.

Velik problem pri tem predstavljajo učni načrti za osnovnošolsko in srednješolsko izobraževanje, kjer zelo redko najdemo konkretna priporočila za uporabo inovativnih didaktičnih pristopov z uporabo IKT pri pouku. Zato študenti, ki te učne načrte poznajo, morda niso dovolj motivirani za usposabljanje na tem področju. Na podoben način bi lahko bolj intenzivno spodbujali uvajanje sodobnih didaktičnih metod in uporabo IKT ter tudi razvoja digitalnih kompetenc na visokošolskih študijskih programih, še posebej na področju izobraževanja učiteljev. Temu pritrjujejo tudi visokošolski učitelji in študenti, ki se strinjajo, da bi moral sodobne didaktične pristope z ustrezno IKT podporo poznati vsak, ki dela v šoli, ter da so digitalne kompetence temeljne kompetence vsakega študenta pedagoških študijskih programov.

Analiza intervjujev z naprednimi uporabniki je omogočila še eno dodatno opredelitev možnosti za uporabo inovativnih didaktičnih pristopov z uporabo IKT v pedagoškem procesu in s tem možnosti za izboljšanje kakovosti učnih procesov na področju naravoslovnih predmetov. Po njihovem mnenju je eden od pomembnejših dejavnikov, ki ovirajo spremembe na tem področju, neustrezna in neusklajena opremljenost šol. Oprema na osnovnih in srednjih šolah je pogosto povsem drugačna od opreme, ki jo študenti uporabljajo v okviru študijskih dejavnosti na fakultetah, neprimerljiva je tudi opremljenost med šolami. Poudarjen je tudi problem opremljenosti visokošolskih ustanov, ki izobražujejo bodoče učitelje. Študenti bi morali imeti možnost spoznati širok nabor sodobnega IKT in ustrezno didaktično uporabo. Visokošolski učitelji opozarjajo tudi na precejšnje razlike v predznanju, motiviranosti in odnosu študentov do IKT, se pa zavedajo, da je podobno pestra tudi slika med njimi samimi. Opozarjajo na pomen dobrega znanja na predmetnem, tehnološkem in pedagoškem področju, saj največji problem pri posodabljanju učnih procesov in uvajanju IKT predstavlja izbira ustreznega didaktičnega pristopa.

Prednosti uporabe IKT se lahko izkažejo tudi kot slabosti. Te so na primer povezane s hitrim razvojem programske opreme in s tem s spreminjanjem možnosti uporabe IKT. Sledenje tem spremembam zahteva precejšen časovni vložek. Pri sprotnem obveščanju in usposabljanju za delo z različnimi orodji bi bila dolgoročno lahko v veliko pomoč skupina za didaktično podporo za uporabo IKT, ki bi delovala v sklopu UL.

Podobno velja za naprave, vmesnike in druga orodja. Delo z njimi je treba omogočiti vsem študentom, kar pomeni, da je treba zagotoviti na eni strani dovolj naprav, na drugi pa ustrezno veliko skupino, ki naprave uporablja.

Pomanjkljivost uporabe IKT, ki se je pojavila pri izvedbi pilotov je okrnjena dostopnost opreme za izvedbo dejavnosti. Z razvojem digitalnih učnih pripomočkov za poučevanje naravoslovnih vsebin, se na trgu pojavljajo vedno nova orodja. Če bi želeli slediti napredku na področju, bi morali imeti izobraževalci učiteljev – predvsem didaktiki – na voljo več sredstev za nakup vsaj vzorčnih primerov takih orodij. Pri objavi razpisov za posodabljanje opreme IKT na osnovnih in srednjih šolah morajo biti vključeni tudi oddelki specialne didaktike, ki izvajajo programe za izobraževanje učiteljev. Izkušnje s terena kažejo, da zaradi neustreznega znanja uporabe IKT oprema v šolah ostane neuporabljena ali pa se uporablja pretežno za podporo frontalnega poučevanja učitelja.

Pilotne izvedbe posodobitev predmetov, ki so potekale v okviru projekta, predstavljajo pomemben prispevek k razvoju ustrezne didaktične uporabe IKT. Temelj za to mora biti postavljen že v učnem načrtu, kjer so definirane vsebine predmeta in izbrane didaktične metode, IKT pa je uporabljen za doseganje večje učinkovitosti učnega procesa. Pomembno je, da študenti ob kompetencah s področja poučevanja in učenja pridobijo tudi ključne digitalne kompetence za učitelje, ki jih definira dokument EU »Digital Competence Framework for Educators« ([DigCompEdu, 2017](#)).

Viri

- Akpınar, Y. (2003). The effect of higher education on teachers' technology use: The case of Istanbul's schools. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 2(2), 79–96.
- Alemu, Birhanu Moges (2015). Integrating ICT into teaching-learning practices: Promise, challenges and future directions of higher educational institutes. *Universal Journal of Educational Research*, (3) 3, 170–189.
- Alt, Dorit (2018). Science teachers' conceptions of teaching and learning, ICT efficacy, ICT professional development and ICT practices enacted in their classrooms, *Teaching and Teacher Education*, (73) 141–150.
- Altbach, Philip G., Liz Reisberg in Laura E. Rumbley (2009). *Trends in global higher education: Tracking an academic revolution*. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- Asiyai, Romina I. (2014). Assessment of information and communication technology integration in teaching and learning in institutions of higher learning. *International Education Studies*, (7) 2, 25–36.
- Bačnik, Andreja in drugi (2008). Učni načrt. Kemija, splošna gimnazija – obvezni predmet, izbirni predmet, matura, Ministrstvo za šolstvo in šport, spletni vir: http://eportal.mss.edus.si/msswww/programi2018/programi/media/pdf/un_gimnazija/un_kemija_gimn.pdf.
- Bačnik, Andreja in drugi (2008). Učni načrt. Program osnovna šola. Kemija (2011). Ministrstvo za šolstvo in šport, spletni vir: http://www.mss.gov.si/fileadmin/mss.gov.si/pageuploads/podrocje/os/devetletka/predmeti_obvezni/Kemija_obvezni.pdf.
- Bačnik, Andreja, Poberžnik, Anita (2016). Smernice za uporabo IKT pri predmetu kemija (delovna različica), Zavod RS za šolstvo, spletni vir: <https://www.zrss.si/digitalnaknjiznica/smernice-ikt-kem>.
- Banko, Jaka, Božič, Samo (2016). Smernice za uporabo IKT pri predmetu fizika (delovna različica), Zavod RS za šolstvo, spletni vir: <https://www.zrss.si/digitalnaknjiznica/smernice-ikt-fiz>.
- Barak, Miri (2007). Transition from traditional to ICT-enhanced learning environments in undergraduate chemistry courses. *Computers & Education*, 48(1), 30–43.
- Barak, Miri in Dori, Yehudit J. (2005). Enhancing undergraduate students' chemistry understanding through project-based learning in an IT environment. *Science Education*, 89(1), 117–139.
- Barczyk, Casimir C. in Duncan, Doris G. (2013). Facebook in higher education courses: An analysis of students' attitudes, community of practice, and classroom community. *International Business and Management*, (6) 1, 1–11.
- Barrett, Trevor. J., Stull, Andrew T., Hsu, Ted M. in Hegarty, Mary (2015). Constrained interactivity for relating multiple representations in science: When virtual is better than real. *Computers & Education*, 81, 69–81.
- Beatty, Ian D. in Gerace, William. J. (2009). Technology-enhanced formative assessment: A research-based pedagogy for teaching science with classroom response technology. *Journal of Science Education and Technology*, 18(2), 146–162.
- Beatty, Ian D., Gerace, William J., Leonard, William. J. in Dufresne, Robert J. (2006). Designing effective questions for classroom response system teaching. *American Journal of Physics*, 74(1), 31–39.
- Berney, Sandra in Bétrancourt, Mireille (2016). Does animation enhance learning? A meta-analysis. *Computers & Education*, 101, 150–167.
- Blândul, Valentin C. (2015). Innovation in Education – Fundamental Request of Knowledge Society, *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, (180) 5, 484–488.
- Bocconi, Stefania, Kampylis, Panagiotis G., Punie Yves (2012). *Inovating learning: Key Elements for developing Creative Classrooms in Europe*, European Commission, Joint Research Centre, 7–8, spletni vir: <http://ftp.jrc.es/EURdoc/JRC72278.pdf>.
- Bozdoğan, Derya, Özen, Raşit (2014). Use of ICT technologies and factors affecting pre-service ELT teachers' perceived ICT self-efficacy, *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, (13) 2, 186–196.
- Brečko, Barbara. N., Kampylis, Panagiotis in Punie, Yves (2014). *Mainstreaming ICT-enabled innovation in education and training in Europe*. EC JRC.
- Cai, Su, Wang, Xu, & Chiang, Feng K. (2014). A case study of Augmented Reality simulation system application in a chemistry course. *Computers in Human Behavior*, 37, 31–40.

- Canchu, Lin, Ha, Luisa (2009). Subcultures and use of communication information technology in higher education institutions. *The Journal of Higher Education*, (80) 5, 564–590.
- Carpenter, Jordan M., Melanie C. Green in Jeff LaFlam (2011). People or Profiles: Individual Differences in Online Social Networking Use. *Personality and Individual Differences*, (50) 5, 538–541.
- Ceyhan, A. Aykut (2008). Predictors of Problematic Internet Use on Turkish University Students. *Cyberpsychology Behavior and Social Networking*, (11) 3, 363–366.
- Crouch, Catherine H. in Mazur, Eric (2001). Peer instruction: Ten years of experience and results. *American journal of physics*, 69(9), 970–977.
- Čančula, Maja P., Planinšič, Gorazd, in Etkina, Eugenia (2015). Analyzing patterns in experts' approaches to solving experimental problems. *American Journal of Physics*, 83(4), 366–374.
- Deaney, Rosemary in Hennessy, Sara (2007). Sustainability, evolution and dissemination of information and communication technology-supported classroom practice. *Research Papers in Education*, 22(1): 65–94.
- Suppapittayaporn, Decha, Emarat Narumon in Arayathanitkul, Kwan (2010). The effectiveness of peer instruction and structured inquiry on conceptual understanding of force and motion: a case study from Thailand, *Research in Science & Technological Education*, 28:1, 63–79.
- Deng, Feng, Chai, Chin S., So, Hyo J., Qian, Yangyi in Chen, Lingling (2017). Examining the validity of the technological pedagogical content knowledge (TPACK) framework for preservice chemistry teachers. *Australasian Journal of Educational Technology*, 33(3).
- Deng, Liping in Tavares, Nicole J. (2015). Exploring university students' use of technologies beyond the formal learning context: A tale of two online platforms. *Australasian Journal of Educational Technology*, (31) 3, 313–327.
- Didem, Kılıç Didem in Sağlam, Necdet (2014). Students' understanding of genetics concepts: the effect of reasoning ability and learning approaches. *Journal of Biological Education*, 48(2), 63–70.
- Digitalna Slovenija 2020 – Strategija razvoja informacijske družbe do leta 2020, spletni vir: http://www.mju.gov.si/fileadmin/mju.gov.si/pageuploads/DID/Informacijska_druzba/DSI_2020.pdf.
- Dori, Yehudit J. in Hameiri, Mira (2003). Multidimensional analysis system for quantitative chemistry problems: Symbol, macro, micro, and process aspects. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 40(3), 278–302.
- Drent, Marjolein in Martina Meelissen (2008). Which factors obstruct or stimulate teacher educators to use ICT innovatively? *Computers & Education*, (51) 1, 187–199.
- Dufresne, Robert J. in Gerace, William J. (2004). Assessing-to-learn: Formative assessment in physics instruction. *The Physics Teacher*, 42(7), 428–433.
- Duță, Nicoleta in Martínez-Rivera, Oscar (2015). Between theory and practice: the importance of ICT in Higher Education as a tool for collaborative learning, *Procedia – Social and Behavioral Sciences* 180, 1466–1473.
- Etkina, Eugenia, Murthy, Sahana, in Zou, Xueli (2006). Using introductory labs to engage students in experimental design. *American Journal of Physics*, 74(11), 979–986.
- Ferk-Savec, Vesna (2015). Priložnosti in izzivi za učitelje kemije v informacijski dobi [na spletu]. 2015. Eduvision, spletni vir: <http://pefprints.pef.uni-lj.si/3301/>.
- Ferk-Savec, Vesna (2017). The opportunities and challenges for ICT in science education. *LUMAT: International Journal on Math, Science and Technology Education*, 5(1), 12–22.
- Ferrari, Anusca (2013). DIGCOMP: A framework for developing and understanding digital competence in Europe. IPTS Reports. Luxembourg: European Commission.
- Finkelstein, Noah D., Adams, Wendy K., Keller, CJ., Kohl, Patric B., Perkins, Katherine K., Podolefsky, Noah S., Reid, Sam in LeMaster, Robert (2005). When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*, 1(1), 010103.
- Fizika za osnovno šolo, Projekt izdelave e-gradiv iz fizike za osnovne šole (2009/10), spletni vir: <http://www.nauk.si/info/projekti/fizika-za-os-e-gradiva>
- Fu, Jo Shan (2013). ICT in education: A critical literature review and its implications, *International Journal of Education and Development using Information and Communication Technology*, (9) 1 (2013), 112–126.

- García-Martínez, Javier in Serrano-Torregrosa, Elena (urednika) (2015). *Chemistry Education: Best Practices, Opportunities and Trends*, prva izdaja, John Wiley & Sons.
- Gilbert, John K. (2005). Visualization: A metacognitive skill in science and science education. In *Visualization in science education*, Springer, Dordrecht, 9–27.
- Gopal, Tamilselvi, Herron, Sherry S., Mohnc, Richard S., Hartsell, Taralynn, Jawor, Jodie M. in Blickenstaff, Jacob C. (2010). Effect of an interactive web-based instruction in the performance of undergraduate anatomy and physiology lab students. *Computers & Education*, 55(2), 500–512.
- Gosak, Marko in Pavlin, Jerneja (2012). New communication technologies of Powerpoint presentation in learning physics. *Informatologia*, (45) 1, 68–73.
- Hake, Richard R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American journal of Physics*, 66(1), 64–74.
- Hatlevika, Ove Edvard, Throndsen, Inger, Loi, Massimo in Gudmundsdottir, Greta B. (2018). Students' ICT self-efficacy and computer and information literacy: Determinants and relationships, *Computers & Education* (118) 2, 107–119.
- Heradio, Ruben, de la Torre, Luis, Galan, Daniel, Cabrerizo, Francisco. J., Herrera-Viedma, Enrique in Dormido, Sebastian (2016). Virtual and remote labs in education: A bibliometric analysis. *Computers & Education*, 98, 14–38.
- Herring, Marry C., Koehler, Matthew J. in Mishra, Punya (uredniki) (2016). *Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPACK) for educators*. Routledge.
- Hodges, Georgia W., Wang, Lu, Lee, Juyeon, Cohen, Allan in Jang, Yoonsun (2018). An exploratory study of blending the virtual world and the laboratory experience in secondary chemistry classrooms. *Computers & Education*, 122, 179–193.
- Hu, Xiang, Gong, Yang, Ali, Chun, Leung in Frederick Keun S. (2018). The relationship between ICT and student literacy in mathematics, reading, and science across 44 countries: A multilevel analysis, *Computers & Education*, 125, 1–13.
- Hubalovska, Marie, Manenova, Martina in Burgerova, Jana (2015). Selected Problems of Relation of the Teachers to Modern Technology at the Primary Education *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, (191) 2, 2062–2067.
- Incantalupo, Lisa, Treagust, David F. in Koul, Rekha (2014). Measuring Student Attitude and Knowledge in Technology-Rich Biology Classrooms. *Journal Of Science Education And Technology*, 23 (1), 98–107.
- Jaipal, Kamini (2009). Meaning making through multiple modalities in a biology classroom: A multimodal semiotics discourse analysis. *Science Education*, 1: 48–72.
- John, Surej P. (2015). The integration of information technology in higher education: A study of faculty's attitude towards IT adoption in the teaching process. *Contaduría y Administración*, 60, 230–252.
- JRC in brief, EU Science HUB, The European Commission's science and knowledge service, spletni vir: <https://ec.europa.eu/jrc/en/about/jrc-in-brief>.
- Kampylis, Panagiotis, Punie, Yves in Devine, Jim (2016). *Promoting Effective Digital-Age Learning, A European Framework for Digitally-Competent Educational Organisations*, JRC Science for policy report, EU.
- Kareem, A. A. (2018). Comparative study of the effects of computer assisted instruction on students' academic achievement in science subjects in high schools in osun state, Nigeria. *International Journal for Innovative Technology Integration in Education*, 1(1), 15–22.
- Keane, Therese, Keane, William F. in Blicblau Aaron S. (2016). Beyond traditional literacy: Learning and transformative practices using ICT, *Education and Information Technologies* (21) 4, 769–781.
- Khan, Sajad M., Muheet, Ahmed B. in Baba, Majid Z. (2013). ICT: Impacting teaching and learning, *International Journal of Computer Applications*, (61) 8, 7–10.
- King, Luu in Freeman, John G. (2011). An analysis of the relationship between information and communication technology (ICT) and scientific literacy in Canada and Australia. *Computers & Education*, (56) 4, 1072–1082.
- Krause, Moritz, Pietzner, Verena, Dori, Yehudit J. in Eilks, Ingo (2017). Differences and Developments in Attitudes and Self-Efficacy of Prospective Chemistry Teachers Concerning the Use of ICT in Education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(8), 4405–4417.
- Kress, Gunther (urednik) (2001). *Multimodal teaching and learning: The rhetorics of the science classroom*, A&C Black, London: Continuum.

- Kumer-Savič, Simona, Kregar, Saša (2016). Smernice za uporabo IKT pri predmetu biologija (delovna različica), Zavod RS za šolstvo, spletni vir: <https://www.zrss.si/digitalnaknjiznica/smernice-ikt-bio>
- Lazarevič, Tihomir, Miljanović, Tomka, Županec, Vera in Zarič, Goran (2018). The Effects Of Using Blog As A Web Tool In Biology Teaching In High Schools. *Journal of Baltic Science Education*, 17(2), 331–342.
- Lee, Ming-Chi (2010). Explaining and predicting users' continuance intention toward e-learning: An extension of the expectation–confirmation model. *Computers & Education*, (54) 2, 506–516.
- Lee, Sangwon, Nam, Yoonjae, Lee, Seonmi, Son, Hyunjung (2016). Determinants of ICT innovations: A cross-country empirical study, *Technological Forecasting and Social Change*, (110), 71–77.
- Martin, Sergio, Diaz, Gabriel, Sancristobal, Elio, Gil, Rosario, Castro, Manuel, Peire, Juan (2011). New Technology Trends in Education: Seven Years of Forecasts and Convergence. *Computers & Education*, (57) 3, 1893–1906.
- Maunder, Rachel E, Cunliffe, Matthew, Galvin, Jessica, Mjali, Sibulele in Rogers, Jenine (2012). Listening to student voices: Student researchers exploring undergraduate experiences of university transition. *Higher Education*, (66) 2, 139–152.
- Mazur, Eric (1997). *Peer instruction*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 9–18.
- McKnight, Katherine, O'Malley, Kimberly, Ruzic, Roxanne, Horsley, Maria K., Franey, John J. in Bassett, Katherine (2016). Teaching in a digital age: How educators use technology to improve student learning. *Journal of research on technology in education*, 48(3), 194–211.
- Mertala, Pekka (2018). Wag the dog – The nature and foundations of preschool educators' positive ICT pedagogical beliefs, *Computers in Human Behavior*, (69) 197–206.
- Mikre, Fisseha (2012). The Roles of Information Communication Technologies in Education: Review Article with Emphasis to the Computer and Internet, *Ethiopian Journal of Education and Sciences*, (6) 2.
- Misut, Martin in Pokorny, Milan (2015). Does ICT Improve the Efficiency of Learning? *Procedia – Social and Behavioral Sciences* (177), 306–311.
- Moravec, Bernarda (2016). Smernice za uporabo IKT pri predmetu naravoslovje (delovna različica), Zavod RS za šolstvo, spletni vir: <https://www.zrss.si/digitalnaknjiznica/smernice-ikt-nar>
- Nazir, Usman, Davis, Hugh in Harris, Lisa (2015). First day stands out as most popular among MOOC leavers. At 2015 International Conference on Learning and Teaching (ICLT 2015) 2015 International Conference on Learning and Teaching (ICLT 2015), Singapore 2015.
- Newman, Frank in Scurry, Jamie E. (2015). Higher education and the digital Rapids. *International Higher Education*, (26) 1.
- OECD (2012). Literacy, numeracy and problem solving in technology-rich environments: Framework for the OECD survey of adult skills. OECD Publishing.
- Ollo-López, Andrea, Aramendía-Muneta, Elena M. (2012). ICT impact on competitiveness, innovation and environment, *Telematics and Informatics*, (29) 2, 204–210.
- Ozmen, Haluk (2008). Determination of students' alternative conceptions about chemical equilibrium: a review of research and the case of Turkey. *Chemistry Education Research and Practice*, 9(3), 225–233.
- Pamuk, Sonmez, Ergun, Mustafa, Cakir, Recep, Yilmaz, Bayram H. in Ayas, Cemalettin (2015). Exploring relationships among TPACK components and development of the TPACK instrument. *Education and Information Technologies*, 20(2), 241–263.
- Panigrahi, Ritanjali, Srivastava, Praveen R. in Sharma, Dheeraj (2018). Online learning: Adoption, continuance, and learning outcome—A review of literature. *International Journal of Information Management*, (43) 12, 1–14.
- Pavlin, Jerneja, Vaupotič, Nataša, Čepič, Mojca (2013). Liquid crystals: a new topic in physics for undergraduates. *European journal of physics*, (34) 3, 745–761, spletni vir: <http://iopscience.iop.org/0143-0807/34/3/745>
- Pekdağ, Bülent (2010). Alternative methods in learning chemistry: Learning with animation, simulation, video and multimedia. *Journal of Turkish Science Education*, 7(2), 111–118.
- Pérez-Sanagustín, Mar, Nussbaum, Miguel, Hilliger, Isabel, Alario-Hoyos, Carlos, Heller, Rachelle S., Twining, Peter in Tsai, Chin-Chung (2017). Research on ICT in K-12 schools-A review of experimental and survey-based studies in computers & education 2011 to 2015. *Computers & Education*, 104(C), A1–A15.

- Ping, Cui, Schellings, Gonny in Beijgaard, Douwe (2018). Teacher educators' professional learning: A literature review, *Teaching and Teacher Education*, (75) 19, 93–104.
- Portal iEkosistem, ZRSŠ: spletni vir: <https://www.zrss.si/iekosistem/>.
- Projekt ATS2020, Assessment of Transversal skills, spletni vir: <http://www.ats2020.eu/>
- Rafique, Ghulam M. (2014). Information literacy skills among faculty of the University of Lahore. *Library Philosophy & Practice*, paper 1072.
- Ramirez, Gabriel M., Collazos, Cesar A. in Moreira, Fernando (2018). All-Learning: The state of the art of the models and the methodologies educational with ICT, *Telematics and Informatics*, (35) 4, 2018, 944–953.
- Redecker, Christine (2017). European framework for the digital competence of educators: DigCompEdu (No. JRC107466). Joint Research Centre (Seville site).
- Rusek, Martin, Stárková, Dagmar, Chytrý, Vlastimil in Bilek, Martin (2017). Adoption Of Ict Innovations By Secondary School Teachers And Pre-Service Teachers Within Chemistry Education, *Journal of Baltic Science Education*, 16(4).
- Russell, Carol, Malfroy, Janne, Gosper, Maree, McKenzie, Jo (2014). Using research to inform learning technology practice and policy: A qualitative analysis of student perspectives. *Australasian Journal of Educational Technology*, (30) 1, 1–15.
- Skryabin, M., Zhang, J., Liu, L., Zhang, D. (2015). How the ICT development level and usage influence student achievement in reading, mathematics, and science? *Computers & Education*, 85, 49–58.
- Skryabin, Maxim, Zhang, JingJing, Liu, Luman in Zhang, Danhui (2015). How the ICT development level and usage influence student achievement in reading, mathematics, and science? *Computers & Education*, 85, 49–58.
- Skupno poročilo Sveta in Komisije za leto 2015 o izvajanju strateškega okvira za evropsko sodelovanje v izobraževanju in usposabljanju (ET 2020), Nove prednostne naloge za evropsko sodelovanje v izobraževanju in usposabljanju, *Uradni list Evropske unije*, 15.12.2015, 6, 12.
- Sølvberg, Astrid M., Rismark, Marit, Haaland, Erna (2009). Teachers and technology in the making: developing didactic competence, *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, (1) 1, 2791–2794.
- Stan, Emil, Suditu, Mihaela, Safta, Cristina (2011). The teachers and their need for further education in didactics – An example from the Technology curricular area, *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, (11), 112–116.
- Stieff, Mike in Wilensky, Uri (2003). Connected chemistry – incorporating interactive simulations into the chemistry classroom. *Journal of Science Education and Technology*, 12(3), 285–302.
- Strateške usmeritve nadaljnega uvajanja IKT v slovenske VIZ do leta 2020, Ljubljana, januar 2016, Priloga 1, 9–11, spletni vir: http://www.mizs.gov.si/fileadmin/mizs.gov.si/pageuploads/StrateskeUsmeritveNadaljnegaUvajanjaIKT1_2016.pdf.
- Stull, Andrew T., Barrett, Trevor in Hegarty, Mary (2013). Usability of concrete and virtual models in chemistry instruction. *Computers in Human Behavior*, 29(6), 2546–2556.
- Škvarč, Mariza in drugi (2011). Učni načrt. Program osnovna šola. Naravoslovje, Ministrstvo za šolstvo in šport, spletni vir: http://www.mss.gov.si/fileadmin/mss.gov.si/pageuploads/podrocje/os/devetletka/predmeti_obvezni/Naravoslovje_obvezni.pdf.
- Tekinarslan, Erkan, Gürer, M. Derya (2011). Problematic Internet use among Turkish university students: A multidimensional investigation based on demographics and Internet activities, *Journal of Human sciences*, (8) 1.
- Teo, Timothy, Verica Milutinović in Zhou, Mingming (2016). Modelling Serbian pre-service teachers' attitudes towards computer use: A SEM and MIMIC approach. *Computers & Education*, 94, 77–88.
- Tondeur, Jo, Aesaert, Koen, Prestridge, Sarah in Consuegra, Els (2018). A multilevel analysis of what matters in the training of pre-service teacher's ICT competencies, *Computers & Education*, (122), 32–42.
- Trepule, Elena, Tereseviciene, Margarita in Rutkiene, Ausra (2015). Didactic Approach of Introducing Technology Enhanced Learning (TEL) Curriculum in Higher Education, *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, (191) 2, 848–852.
- Van Driel, Jan H. in Jong, O. D. (2015). Empowering chemistry teachers' learning: Practices and new challenges. *Chemistry education. Best practices, opportunities and trends*, 2–22.

- Vega-Hernández, María-Concepción, Patino-Alonso, María-Carmen, Galindo-Villardón, María-Purificación (2018). Multivariate characterization of university students using the ICT for learning, *Computers & Education*, (121) 1, 124–130.
- Verovnik, Ivo in drugi (2011). UČNI načrt. Program osnovna šola. Fizika. Ministrstvo za šolstvo in šport, spletni vir: http://www.mss.gov.si/fileadmin/mss.gov.si/pageuploads/podrocje/os/devetletka/predmeti_obvezni/Fizika_obvezni.pdf.
- Verovnik, Ivo in drugi (2015). Učni načrt. Fizika, splošna gimnazija – obvezni predmet, izbirni predmet, matura, 2. popravljena izdaja, Ministrstvo za šolstvo in šport, spletni vir: http://eportal.mss.edus.si/msswww/programi2018/programi/media/pdf/un_gimnazija/2015/UN-FIZIKA-gimn-12.pdf
- Viberg, Olga in Grönlund, Åke (2013). Cross-cultural analysis of users' attitudes toward the use of mobile devices in second and foreign language learning in higher education: A case from Sweden and China. *Computers & Education*, 69, 169–180.
- Vičar, Minka in drugi (2008). Učni načrt. Biologija, splošna gimnazija – obvezni predmet, izbirni predmet, matura, Ministrstvo za šolstvo in šport, spletni vir: http://eportal.mss.edus.si/msswww/programi2018/programi/media/pdf/ucni_nacrti/UN_BIOLOGIJA_gimn.pdf
- Vilhar, Barbara in drugi (2011). Učni načrt Program osnovna šola. Biologija, Ministrstvo za šolstvo in šport, spletni vir: http://www.mss.gov.si/fileadmin/mss.gov.si/pageuploads/podrocje/os/devetletka/predmeti_obvezni/Biologija_obvezni.pdf.
- Vrtačnik, Margareta, Ferk, Vesna, Dolničar, Danica, Zupančič-Brouwer, Nataša in Sajovec, Mateja (2000). Impact of visualization on the quality of chemistry knowledge. *Informatica (Ljubljana)*, (24) 4, 497–503.
- Watty, Kim, Jade McKay in Leanne Ngo (2016). Innovators or inhibitors? Accounting faculty resistance to new educational technologies in higher education. *Journal of Accounting Education*, 36, 1–15.
- Webb, Lucy, Clough, Jonathan, O'Reilly, Declan, Wilmott, Danita in Witham, Gary (2017). The utility and impact of information communication technology (ICT) for pre-registration nurse education: A narrative synthesis systematic review, *Nurse Education Today*, (48) 1, 160–171.
- Webb, Mary E. (2005). Affordances of ICT in science learning: Implications for an integrated pedagogy. *International Journal of Science Education*, 27: 705–735.
- Wellington, Jerry (2005). Has ICT come of age? Recurring debates on the role of ICT in education, 1982–2004. *Research in Science and Technology Education*, 23: 25–39.
- Westerman, David, Emory S. Daniel in Bowman, Nicholas D. (2016). Learned risks and experienced rewards: Exploring the potential sources of students' attitudes toward social media and face-to-face communication. *The Internet and Higher Education*, 31, 52–57.
- Willcox, Karen, Sanjay Sarma in Lippel, Phillip (2016). Online education: a catalyst for higher education reforms, spletni vir: <https://oei.mit.edu/files/2016/09/MIT-Online-Education-Policy-Initiative-April-2016.pdf>.
- Wilson, Mark, Kathleen Scalise in Perman Gochyyev (2015). Rethinking ICT literacy: From computer skills to social network settings. *Thinking Skills and Creativity*, 18, 65–80.
- Yapici, İ. Ümit in Hevedanlı, Murat (2012). Pre-Service Biology Teachers' Attitudes towards ICT using in Biology Teaching. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 64, 633–638.
- Njoku, Zephrynus in Eze-odurukwe, Phoebe (2015). Resolving Nigerian secondary school students' learning difficulties in nuclear chemistry using computer animation solutions. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 176, 1034–1040.

-
- ¹ Ferrari, Anusca (2013). DIGCOMP: A framework for developing and understanding digital competence in Europe. IPTS Reports. Luxembourg: European Commission.
- ² Kampylis, Panagiotis, Punie, Yves in Devine, Jim (2016). Promoting Effective Digital-Age Learning, A European Framework for Digitally-Competent Educational Organisations, JRC Science for policy report, EU.
- ³ Redecker, Christine (2017). European framework for the digital competence of educators: DigCompEdu (No. JRC107466). Joint Research Centre (Seville site).
- ⁴ JRC in brief, EU Science HUB, The European Commission's science and knowledge service, spletni vir: <https://ec.europa.eu/jrc/en/about/jrc-in-brief>.
- ⁵ Skupno poročilo Sveta in Komisije za leto 2015 o izvajanju strateškega okvira za evropsko sodelovanje v izobraževanju in usposabljanju (ET 2020), Nove prednostne naloge za evropsko sodelovanje v izobraževanju in usposabljanju, Uradni list Evropske unije, 15.12.2015, 6, 12.
- ⁶ Ceyhan, A. Aykut (2008). Predictors of Problematic Internet Use on Turkish University Students. *Cyberpsychology Behavior and Social Networking*, (11) 3, 363–366.
- ⁷ Altbach, Philip G., Liz Reisberg in Laura E. Rumbley (2009). Trends in global higher education: Tracking an academic revolution. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- ⁸ Martin, Sergio, Diaz, Gabriel, Sancristobal, Elio, Gil, Rosario, Castro, Manuel, Peire, Juan (2011). New Technology Trends in Education: Seven Years of Forecasts and Convergence. *Computers & Education*, (57) 3, 1893–1906.
- ⁹ Tekinarslan, Erkan, Güner, M. Derya (2011). Problematic Internet use among Turkish university students: A multidimensional investigation based on demographics and Internet activities, *Journal of Human Sciences*, (8) 1.
- ¹⁰ Russell, Carol, Malfroy, Janne, Gosper, Maree, McKenzie, Jo (2014). Using research to inform learning technology practice and policy: A qualitative analysis of student perspectives. *Australasian Journal of Educational Technology*, (30) 1, 1–15.
- ¹¹ Deng, Liping in Tavares, Nicole J. (2015). Exploring university students' use of technologies beyond the formal learning context: A tale of two online platforms. *Australasian Journal of Educational Technology*, (31) 3, 313–327.
- ¹² Keane, Therese, Keane, William F. in Blicblau Aaron S. (2016). Beyond traditional literacy: Learning and transformative practices using ICT, *Education and Information Technologies* (21) 4, 769–781.
- ¹³ Webb, Lucy, Clough, Jonathan, O'Reilly, Declan, Wilmott, Danita in Witham, Gary (2017). The utility and impact of information communication technology (ICT) for pre-registration nurse education: A narrative synthesis systematic review, *Nurse Education Today*, (48) 1, 160–171.
- ¹⁴ Ramirez, Gabriel M., Collazos, Cesar A. in Moreira, Fernando (2018). All-Learning: The state of the art of the models and the methodologies educational with ICT, *Telematics and Informatics*, (35) 4, 2018, 944–953.
- ¹⁵ Ping, Cui, Schellings, Gonny in Beijgaard, Douwe (2018). Teacher educators' professional learning: A literature review, *Teaching and Teacher Education*, (75) 19, 93–104.
- ¹⁶ Vega-Hernández, María-Concepción, Patino-Alonso, María-Carmen, Galindo-Villardón, María-Purificación (2018). Multivariate characterization of university students using the ICT for learning, *Computers & Education*, (121) 1, 124–130.
- ¹⁷ Ollo-López, Andrea, Aramendía-Muneta, Elena M. (2012). ICT impact on competitiveness, innovation and environment, *Telematics and Informatics*, (29) 2, 204–210.
- ¹⁸ Lee, Sangwon, Nam, Yoonjae, Lee, Seonmi, Son, Hyunjung (2016). Determinants of ICT innovations: A cross-country empirical study, *Technological Forecasting and Social Change*, (110), 71–77.
- ¹⁹ Willcox, Karen, Sanjay Sarma in Lippel, Phillip (2016). Online education: a catalyst for higher education reforms, spletni vir: <https://oepi.mit.edu/files/2016/09/MIT-Online-Education-Policy-Initiative-April-2016.pdf>.
- ²⁰ Carpenter, Jordan M., Melanie C. Green in Jeff LaFlam (2011). People or Profiles: Individual Differences in Online Social Networking Use. *Personality and Individual Differences*, (50) 5, 538–541.
- ²¹ Duță, Nicoleta in Martínez-Rivera, Oscar (2015). Between theory and practice: the importance of ICT in Higher Education as a tool for collaborative learning, *Procedia – Social and Behavioral Sciences* 180, 1466–1473.
- ²² OECD (2012). Literacy, numeracy and problem solving in technology-rich environments: Framework for the OECD survey of adult skills. OECD Publishing.
- ²³ Mikre, Fisseha (2012). The Roles of Information Communication Technologies in Education: Review Article with Emphasis to the Computer and Internet, *Ethiopian Journal of Education and Sciences*, (6) 2.
- ²⁴ Khan, Sajad M., Muheet, Ahmed B. in Baba, Majid Z. (2013). ICT: Impacting teaching and learning, *International Journal of Computer Applications*, (61) 8, 7–10.
- ²⁵ Wilson, Mark, Kathleen Scalise in Perman Gochyyev (2015). Rethinking ICT literacy: From computer skills to social network settings. *Thinking Skills and Creativity*, 18, 65–80.

- ²⁶ Rafique, Ghulam M. (2014). Information literacy skills among faculty of the University of Lahore. *Library Philosophy & Practice*, paper 1072.
- ²⁷ Drent, Marjolein in Martina Meelissen (2008). Which factors obstruct or stimulate teacher educators to use ICT innovatively? *Computers & Education*, (51) 1, 187–199.
- ²⁸ Trepule, Elena, Tereseviciene, Margarita in Rutkiene, Ausra (2015). Didactic Approach of Introducing Technology Enhanced Learning (TEL) Curriculum in Higher Education, *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, (191) 2, 848–852.
- ²⁹ Misut, Martin in Pokorný, Milan (2015). Does ICT Improve the Efficiency of Learning? *Procedia – Social and Behavioral Sciences* (177), 306–311.
- ³⁰ Nazir, Usman, Davis, Hugh in Harris, Lisa (2015). First day stands out as most popular among MOOC leavers. At 2015 International Conference on Learning and Teaching (ICLT 2015) 2015 International Conference on Learning and Teaching (ICLT 2015), Singapore 2015.
- ³¹ Mertala, Pekka (2018). Wag the dog – The nature and foundations of preschool educators' positive ICT pedagogical beliefs, *Computers in Human Behavior*, (69) 197–206.
- ³² Panigrahi, Ritanjali, Srivastava, Praveen R. in Sharma, Dheeraj (2018). Online learning: Adoption, continuance, and learning outcome—A review of literature. *International Journal of Information Management*, (43) 12, 1–14.
- ³³ Alt, Dorit (2018). Science teachers' conceptions of teaching and learning, ICT efficacy, ICT professional development and ICT practices enacted in their classrooms, *Teaching and Teacher Education*, (73) 141–150.
- ³⁴ Hu, Xiang, Gong, Yang, Ali, Chun, Leung in Frederick Keun S. (2018). The relationship between ICT and student literacy in mathematics, reading, and science across 44 countries: A multilevel analysis, *Computers & Education*, 125, 1–13.
- ³⁵ Asiyai, Romina I. (2014). Assessment of information and communication technology integration in teaching and learning in institutions of higher learning. *International Education Studies*, (7) 2, 25–36.
- ³⁶ Tondeur, Jo, Aesaert, Koen, Prestidge, Sarah in Consuegra, Els (2018). A multilevel analysis of what matters in the training of pre-service teacher's ICT competencies, *Computers & Education*, (122), 32–42.
- ³⁷ Hatlevika, Ove Edvard, Throndsen, Inger, Loi, Massimo in Gudmundsdottir, Greta B. (2018). Students' ICT self-efficacy and computer and information literacy: Determinants and relationships, *Computers & Education* (118) 2, 107–119.
- ³⁸ Strateške usmeritve nadaljnega uvajanja IKT v slovenske VIZ do leta 2020, Ljubljana, januar 2016, Priloga 1, 9–11, spletni vir: http://www.mizs.gov.si/fileadmin/mizs.gov.si/pageuploads/StrateskeUsmeritveNadaljnegaUvajanjaIKT1_2016.pdf.
- ³⁹ Hubalovska, Marie, Manenova, Martina in Burgerova, Jana (2015). Selected Problems of Relation of the Teachers to Modern Technology at the Primary Education *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, (191) 2, 2062–2067.
- ⁴⁰ Bocconi, Stefania, Kampylis, Panagiotis G., Punie Yves (2012). *Inovating learning: Key Elements for developing Creative Classrooms in Europe*, European Commission, Joint Research Centre, 7–8, spletni vir: <http://ftp.jrc.es/EURdoc/JRC72278.pdf>.
- ⁴¹ Blândul, Valentin C. (2015). Innovation in Education – Fundamental Request of Knowledge Society, *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, (180) 5, 484–488.
- ⁴² Sølvsberg, Astrid M., Rismark, Marit, Haaland, Erna (2009). Teachers and technology in the making: developing didactic competence, *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, (1) 1, 2791–2794.
- ⁴³ Stan, Emil, Suditu, Mihaela, Safta, Cristina (2011). The teachers and their need for further education in didactics – An example from the Technology curricular area, *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, (11), 112–116.
- ⁴⁴ John, Surej P. (2015). The integration of information technology in higher education: A study of faculty's attitude towards IT adoption in the teaching process. *Contaduría y Administración*, 60, 230–252.
- ⁴⁵ Watty, Kim, Jade McKay in Leanne Ngo (2016). Innovators or inhibitors? Accounting faculty resistance to new educational technologies in higher education. *Journal of Accounting Education*, 36, 1–15.
- ⁴⁶ Canchu, Lin, Ha, Luisa (2009). Subcultures and use of communication information technology in higher education institutions. *The Journal of Higher Education*, (80) 5, 564–590.
- ⁴⁷ King, Luu in Freeman, John G. (2011). An analysis of the relationship between information and communication technology (ICT) and scientific literacy in Canada and Australia. *Computers & Education*, (56) 4, 1072–1082.
- ⁴⁸ Alemu, Birhanu Moges (2015). Integrating ICT into teaching-learning practices: Promise, challenges and future directions of higher educational institutes. *Universal Journal of Educational Research*, (3) 3, 170–189.
- ⁴⁹ Brečko, Barbara. N., Kampylis, Panagiotis in Punie, Yves (2014). *Mainstreaming ICT-enabled innovation in education and training in Europe*. EC JRC.
- ⁵⁰ Fu, Jo Shan (2013). ICT in education: A critical literature review and its implications, *International Journal of Education and Development using Information and Communication Technology*, (9) 1 (2013), 112–126.

- ⁵¹ Pérez-Sanagustín, Mar, Nussbaum, Miguel, Hilliger, Isabel, Alario-Hoyos, Carlos, Heller, Rachelle S., Twining, Peter in Tsai, Chin-Chung (2017). Research on ICT in K-12 schools-A review of experimental and survey-based studies in computers & education 2011 to 2015. *Computers & Education*, 104(C), A1–A15.
- ⁵² Skryabin, Maxim, Zhang, Jingling, Liu, Luman in Zhang, Danhui (2015). How the ICT development level and usage influence student achievement in reading, mathematics, and science? *Computers & Education*, 85, 49–58.
- ⁵³ Teo, Timothy, Verica Milutinović in Zhou, Mingming (2016). Modelling Serbian pre-service teachers' attitudes towards computer use: A SEM and MIMIC approach. *Computers & Education*, 94, 77–88.
- ⁵⁴ Maunder, Rachel E, Cunliffe, Matthew, Galvin, Jessica, Mjali, Sibulele in Rogers, Jenine (2012). Listening to student voices: Student researchers exploring undergraduate experiences of university transition. *Higher Education*, (66) 2, 139–152.
- ⁵⁵ Barczyk, Casimir C. in Duncan, Doris G. (2013). Facebook in higher education courses: An analysis of students' attitudes, community of practice, and classroom community. *International Business and Management*, (6) 1, 1–11.
- ⁵⁶ Viberg, Olga in Grönlund, Åke (2013). Cross-cultural analysis of users' attitudes toward the use of mobile devices in second and foreign language learning in higher education: A case from Sweden and China. *Computers & Education*, 69, 169–180.
- ⁵⁷ Westerman, David, Emory S. Daniel in Bowman, Nicholas D. (2016). Learned risks and experienced rewards: Exploring the potential sources of students' attitudes toward social media and face-to-face communication. *The Internet and Higher Education*, 31, 52–57.
- ⁵⁸ Lee, Ming-Chi (2010). Explaining and predicting users' continuance intention toward e-learning: An extension of the expectation–confirmation model. *Computers & Education*, (54) 2, 506–516.
- ⁵⁹ Skryabin, M., Zhang, J., Liu, L., Zhang, D. (2015). How the ICT development level and usage influence student achievement in reading, mathematics, and science? *Computers & Education*, 85, 49–58.
- ⁶⁰ Digitalna Slovenija 2020 – Strategija razvoja informacijske družbe do leta 2020, spletni vir: http://www.mju.gov.si/fileadmin/mju.gov.si/pageuploads/DID/Informacijska_druzba/DSI_2020.pdf.
- ⁶¹ Projekt ATS2020, Assessment of Transversal skills, spletni vir: <http://www.ats2020.eu/>
- ⁶² Yapici, İ. Ümit in Hevedanlı, Murat (2012). Pre-Service Biology Teachers' Attitudes towards ICT using in Biology Teaching. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 64, 633–638.
- ⁶³ Kılıç, Didem in Sağlam, Necdet (2014). Students' understanding of genetics concepts: the effect of reasoning ability and learning approaches. *Journal of Biological Education*, 48(2), 63–70.
- ⁶⁴ Akpınar, Y. (2003). The effect of higher education on teachers' technology use: The case of Istanbul's schools. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 2(2), 79–96.
- ⁶⁵ Bozdoğan, Derya, Özen, Raşit (2014). Use of ICT technologies and factors affecting pre-service ELT teachers' perceived ICT self-efficacy, *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, (13) 2, 186–196.
- ⁶⁶ Wellington, Jerry 2005. Has ICT come of age? Recurring debates on the role of ICT in education, 1982–2004. *Research in Science and Technology Education*, 23: 25–39.
- ⁶⁷ Deaney, Rosemary in Hennessy, Sara (2007). Sustainability, evolution and dissemination of information and communication technology-supported classroom practice. *Research Papers in Education*, 22(1): 65–94.
- ⁶⁸ Lazarević, Tihomir, Miljanović, Tomka, Županec, Vera in Zarić, Goran (2018). The Effects Of Using Blog As A Web Tool In Biology Teaching In High Schools. *Journal of Baltic Science Education*, 17(2), 331–342.
- ⁶⁹ Incantalupo, Lisa, Treagust, David F. in Koul, Rekha (2014). Measuring Student Attitude and Knowledge in Technology-Rich Biology Classrooms. *Journal Of Science Education And Technology*, 23 (1), 98–107.
- ⁷⁰ Gopal, Tamilselvi, Herron, Sherry S., Mohnc, Richard S., Hartsell, Taralynn, Jawor, Jodie M. in Blickenstaff, Jacob C. (2010). Effect of an interactive web-based instruction in the performance of undergraduate anatomy and physiology lab students. *Computers & Education*, 55(2), 500–512.
- ⁷¹ Webb, Mary E. (2005). Affordances of ICT in science learning: Implications for an integrated pedagogy. *International Journal of Science Education*, 27: 705–735.
- ⁷² Jaipal, Kamini (2009). Meaning making through multiple modalities in a biology classroom: A multimodal semiotics discourse analysis. *Science Education*, 1: 48–72.
- ⁷³ Kress, Gunther (urednik) (2001). *Multimodal teaching and learning: The rhetorics of the science classroom*, A&C Black, London: Continuum.
- ⁷⁴ Hake, Richard R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American journal of Physics*, 66(1), 64–74.
- ⁷⁵ Mazur, Eric (1997). *Peer instruction*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 9–18.

- ⁷⁶ Crouch, Catherine H. in Mazur, Eric (2001). Peer instruction: Ten years of experience and results. *American journal of physics*, 69(9), 970–977.
- ⁷⁷ Suppapittayaporn, Decha, Emarat Narumon in Arayathanitkul, Kwan (2010). The effectiveness of peer instruction and structured inquiry on conceptual understanding of force and motion: a case study from Thailand, *Research in Science & Technological Education*, 28:1, 63–79.
- ⁷⁸ Beatty, Ian D. in Gerace, William J. (2009). Technology-enhanced formative assessment: A research-based pedagogy for teaching science with classroom response technology. *Journal of Science Education and Technology*, 18(2), 146–162.
- ⁷⁹ Dufresne, Robert J. in Gerace, William J. (2004). Assessing-to-learn: Formative assessment in physics instruction. *The Physics Teacher*, 42(7), 428–433.
- ⁸⁰ Beatty, Ian D., Gerace, William J., Leonard, William J. in Dufresne, Robert J. (2006). Designing effective questions for classroom response system teaching. *American Journal of Physics*, 74(1), 31–39.
- ⁸¹ Etkina, Eugenia, Murthy, Sahana, in Zou, Xueli (2006). Using introductory labs to engage students in experimental design. *American Journal of Physics*, 74(11), 979–986.
- ⁸² Čančula, Maja P., Planinšič, Gorazd, in Etkina, Eugenia (2015). Analyzing patterns in experts' approaches to solving experimental problems. *American Journal of Physics*, 83(4), 366–374.
- ⁸³ Finkelstein, Noah D., Adams, Wendy K., Keller, C.J., Kohl, Patric B., Perkins, Katherine K., Podolefsky, Noah S., Reid, Sam in LeMaster, Robert (2005). When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*, 1(1), 010103.
- ⁸⁴ Fizika za osnovno šolo, Projekt izdelave e-gradiv iz fizike za osnovne šole (2009/10), spletni vir: <http://www.nauk.si/info/projekti/fizika-za-os-e-gradiva>
- ⁸⁵ Pavlin, Jerneja, Vaupotič, Nataša, Čepič, Mojca (2013). Liquid crystals: a new topic in physics for undergraduates. *European journal of physics*, (34) 3, 745–761, spletni vir: <http://iopscience.iop.org/0143-0807/34/3/745>.
- ⁸⁶ Gosak, Marko in Pavlin, Jerneja (2012). New communication technologies of Powerpoint presentation in learning physics. *Informatologia*, (45) 1, 68–73.
- ⁸⁷ Stieff, Mike in Wilensky, Uri (2003). Connected chemistry – incorporating interactive simulations into the chemistry classroom. *Journal of Science Education and Technology*, 12(3), 285–302.
- ⁸⁸ Ozmen, Haluk (2008). Determination of students' alternative conceptions about chemical equilibrium: a review of research and the case of Turkey. *Chemistry Education Research and Practice*, 9(3), 225–233.
- ⁸⁹ Dori, Yehudit J. in Hameiri, Mira (2003). Multidimensional analysis system for quantitative chemistry problems: Symbol, macro, micro, and process aspects. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 40(3), 278–302.
- ⁹⁰ McKnight, Katherine, O'Malley, Kimberly, Ruzic, Roxanne, Horsley, Maria K., Franey, John J. in Bassett, Katherine (2016). Teaching in a digital age: How educators use technology to improve student learning. *Journal of research on technology in education*, 48(3), 194–211.
- ⁹¹ Vrtačnik, Margareta, Ferk, Vesna, Dolničar, Danica, Zupančič-Brouwer, Nataša in Sajovec, Mateja (2000). Impact of visualization on the quality of chemistry knowledge. *Informatica (Ljubljana)*, (24) 4, 497–503.
- ⁹² Gilbert, John K. (2005). Visualization: A metacognitive skill in science and science education. In *Visualization in science education*, Springer, Dordrecht, 9–27.
- ⁹³ Pekdağ, Bülent (2010). Alternative methods in learning chemistry: Learning with animation, simulation, video and multimedia. *Journal of Turkish Science Education*, 7(2), 111–118.
- ⁹⁴ Hodges, Georgia W., Wang, Lu, Lee, Juyeon, Cohen, Allan in Jang, Yoonsun (2018). An exploratory study of blending the virtual world and the laboratory experience in secondary chemistry classrooms. *Computers & Education*, 122, 179–193.
- ⁹⁵ Stull, Andrew T., Barrett, Trevor in Hegarty, Mary (2013). Usability of concrete and virtual models in chemistry instruction. *Computers in Human Behavior*, 29(6), 2546–2556.
- ⁹⁶ Barrett, Trevor J., Stull, Andrew T., Hsu, Ted M. in Hegarty, Mary (2015). Constrained interactivity for relating multiple representations in science: When virtual is better than real. *Computers & Education*, 81, 69–81.

- ⁹⁷ Njoku, Zephirus in Eze-odurukwe, Phoebe (2015). Resolving Nigerian secondary school students' learning difficulties in nuclear chemistry using computer animation solutions. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 176, 1034–1040.
- ⁹⁸ Berney, Sandra in Bétrancourt, Mireille (2016). Does animation enhance learning? A meta-analysis. *Computers & Education*, 101, 150–167.
- ⁹⁹ Cai, Su, Wang, Xu, & Chiang, Feng K. (2014). A case study of Augmented Reality simulation system application in a chemistry course. *Computers in Human Behavior*, 37, 31–40.
- ¹⁰⁰ Kareem, A. A. (2018). Comparative study of the effects of computer assisted instruction on students' academic achievement in science subjects in high schools in osun state, Nigeria. *International Journal for Innovative Technology Integration in Education*, 1(1), 15–22.
- ¹⁰¹ Newman, Frank in Scurry, Jamie E. (2015). Higher education and the digital Rapids. *International Higher Education*, (26) 1.
- ¹⁰² Heradio, Ruben, de la Torre, Luis, Galan, Daniel, Cabrerizo, Francisco. J., Herrera-Viedma, Enrique in Dormido, Sebastian (2016). Virtual and remote labs in education: A bibliometric analysis. *Computers & Education*, 98, 14–38.
- ¹⁰³ Deng, Feng, Chai, Chin S., So, Hyo J., Qian, Yangyi in Chen, Lingling (2017). Examining the validity of the technological pedagogical content knowledge (TPACK) framework for preservice chemistry teachers. *Australasian Journal of Educational Technology*, 33(3).
- ¹⁰⁴ Barak, Miri (2007). Transition from traditional to ICT-enhanced learning environments in undergraduate chemistry courses. *Computers & Education*, 48(1), 30–43.
- ¹⁰⁵ Van Driel, Jan H. in Jong, O. D. (2015). Empowering chemistry teachers' learning: Practices and new challenges. *Chemistry education. Best practices, opportunities and trends*, 2–22.
- ¹⁰⁶ Barak, Miri in Dori, Yehudit J. (2005). Enhancing undergraduate students' chemistry understanding through project-based learning in an IT environment. *Science Education*, 89(1), 117–139.
- ¹⁰⁷ Herring, Marry C., Koehler, Matthew J. in Mishra, Punya (uredniki.) (2016). *Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPACK) for educators*. Routledge.
- ¹⁰⁸ Pamuk, Sonmez, Ergun, Mustafa, Cakir, Recep, Yilmaz, Bayram H. in Ayas, Cemalettin (2015). Exploring relationships among TPACK components and development of the TPACK instrument. *Education and Information Technologies*, 20(2), 241–263.
- ¹⁰⁹ Rusek, Martin, Stárková, Dagmar, Chytrý, Vlastimil in Bilek, Martin (2017). Adoption Of Ict Innovations By Secondary School Teachers And Pre-Service Teachers Within Chemistry Education, *Journal of Baltic Science Education*, 16(4).
- ¹¹⁰ Krause, Moritz, Pietzner, Verena, Dori, Yehudit J. in Eilks, Ingo (2017). Differences and Developments in Attitudes and Self-Efficacy of Prospective Chemistry Teachers Concerning the Use of ICT in Education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(8), 4405–4417.
- ¹¹¹ García-Martínez, Javier in Serrano-Torregrosa, Elena (urednika) (2015). *Chemistry Education: Best Practices, Opportunities and Trends*, prva izdaja, John Wiley & Sons.
- ¹¹² Ferk-Savec, Vesna (2015). Priložnosti in izzivi za učitelje kemije v informacijski dobi [na spletu]. 2015. Eduvision, spletni vir: <http://pefprints.pef.uni-lj.si/3301/>
- ¹¹³ Ferk-Savec, Vesna (2017). The opportunities and challenges for ICT in science education. *LUMAT: International Journal on Math, Science and Technology Education*, 5(1), 12–22.
- ¹¹⁴ Škvarč, Mariza in drugi (2011). Učni načrt. Program osnovna šola. Naravoslovje, Ministrstvo za šolstvo in šport, spletni vir: http://www.mss.gov.si/fileadmin/mss.gov.si/pageuploads/podrocje/os/devetletka/predmeti_obvezni/Naravoslovje_obvezni.pdf.
- ¹¹⁵ Vilhar, Barbara in drugi (2011). Učni načrt Program osnovna šola. Biologija, Ministrstvo za šolstvo in šport, spletni vir: http://www.mss.gov.si/fileadmin/mss.gov.si/pageuploads/podrocje/os/devetletka/predmeti_obvezni/Biologija_obvezni.pdf.
- ¹¹⁶ Vičar, Minka in drugi (2008). Učni načrt. Biologija, splošna gimnazija – obvezni predmet, izbirni predmet, matura, Ministrstvo za šolstvo in šport, spletni vir: http://eportal.mss.edus.si/msswww/programi2018/programi/media/pdf/ucni_nacrti/UN_BIOLOGIJA_gimn.pdf

¹¹⁷ Verovnik, Ivo in drugi (2011). UČNI načrt. Program osnovna šola. Fizika. Ministrstvo za šolstvo in šport, spletni vir: http://www.mss.gov.si/fileadmin/mss.gov.si/pageuploads/podrocje/os/devetletka/predmeti_obvezni/Fizika_obvezni.pdf.

¹¹⁸ Verovnik, Ivo in drugi (2015). Učni načrt. Fizika, splošna gimnazija – obvezni predmet, izbirni predmet, matura, 2. popravljena izdaja, Ministrstvo za šolstvo in šport, spletni vir: http://eportal.mss.edus.si/msswww/programi2018/programi/media/pdf/un_gimnazija/2015/UN-FIZIKA-gimn-12.pdf

¹¹⁹ Bačnik, Andreja in drugi (2008). Učni načrt. Program osnovna šola. Kemija (2011). Ministrstvo za šolstvo in šport, spletni vir: http://www.mss.gov.si/fileadmin/mss.gov.si/pageuploads/podrocje/os/devetletka/predmeti_obvezni/Kemija_obvezni.pdf.

¹²⁰ Bačnik, Andreja in drugi (2008). Učni načrt. Kemija, splošna gimnazija – obvezni predmet, izbirni predmet, matura, Ministrstvo za šolstvo in šport, spletni vir: http://eportal.mss.edus.si/msswww/programi2018/programi/media/pdf/un_gimnazija/un_kemija_gimn.pdf

¹²¹ Portal iEkosistem, ZRSŠ: spletni vir: <https://www.zrss.si/iekosistem/>.

¹²² Moravec, Bernarda (2016). Smernice za uporabo IKT pri predmetu naravoslovje (delovna različica), Zavod RS za šolstvo, spletni vir: <https://www.zrss.si/digitalnaknjiznica/smernice-ikt-nar>

¹²³ Kumer-Savič, Simona, Kregar, Saša (2016). Smernice za uporabo IKT pri predmetu biologija (delovna različica), Zavod RS za šolstvo, spletni vir: <https://www.zrss.si/digitalnaknjiznica/smernice-ikt-bio>

¹²⁴ Banko, Jaka, Božič, Samo (2016). Smernice za uporabo IKT pri predmetu fizika (delovna različica), Zavod RS za šolstvo, spletni vir: <https://www.zrss.si/digitalnaknjiznica/smernice-ikt-fiz>

¹²⁵ Bačnik, Andreja, Poberžnik, Anita (2016). Smernice za uporabo IKT pri predmetu kemija (delovna različica), Zavod RS za šolstvo, spletni vir: <https://www.zrss.si/digitalnaknjiznica/smernice-ikt-kem>

¹²⁶ Spletna stran programa CmapTools, spletni vir: <https://cmap.ihmc.us/cmaptools/>

¹²⁷ Spletno sodelovalno okolje Edmodo, spletni vir: <https://www.edmodo.com/>

¹²⁸ Spletna stran programa Mercury, spletni vir: <https://www.ccdc.cam.ac.uk/solutions/csd-system/components/mercury/>

¹²⁹ Spletna stran programa CrystalMaker, spletni vir: <http://www.crystallmaker.com/>.

¹³⁰ Spletni odzivni sistem Slido, spletni vir: <https://www.sli.do/>.

¹³¹ Spletno okolje Google Forms, spletni vir: <https://www.google.com/forms>.

¹³² Spletno okolje MentiMeter, spletni vir: <https://www.mentimeter.com/>.

¹³³ Spletni sistem PowerVote, spletni vir: <https://www.powervote.co.uk/>.