



Merjenje koncentracij  
črnega ogljika v okolici  
osnovnih šol – uvod v  
projektno učenje



- GoChile – prvi slovenski teleskop v Čilu
- Dobre strani pouka na daljavo
- Interaktivne križanke za fiziko



## KAZALO

Danica Mati Djuraki

### Uvodnik

1

## IZ TEORIJE ZA PRAKSO

Rok Vogrinčič in Samo Ilc

### Hertzsprung-Russillov diagram zvezdnih kopic

2

Martin Rigler, Matija Martinec in Tanja Vičič

### Merjenje koncentracij črnega ogljika in določanje njegovih virov v okolici treh osnovnih šol – uvod v projektno učenje

12

## IZ PRAKSE

Jože Pernar

### Interaktivne križanke za fiziko

28

Jože Pernar

### Dobre strani pouka na daljavo

37

Miran Tratnik

### Tekmovanje v odpiranju fizikalnih sefov med epidemijo

42

Bojan Dintinjana

### Opazovanja s teleskopom na daljavo

45

Andreja Gomboc

### GoChile – prvi slovenski teleskop v Čilu

49

Ksenija Božak

### Sobota za vedoželjne učence 8. razreda

52

## UPODOBITVE V FIZIKI

Mojca Čepič

### Kako predstavljamo sile

57

## UČITELJEV POGLED

Katja Oder

### Poučevanje fizike v osnovni šoli na daljavo

61

## STRIP

Milenko Stiplovšek

### Težave pri pouku na daljavo

65



PACS 01.40. -d, 01.50. -i, 01.55. +b

ISSN 1318-6388

**FIZIKA V ŠOLI**

letnik XXVI, številka 2, 2021

Izdajatelj in založnik:

**Zavod RS za šolstvo**

Predstavniki:

**dr. Vinko Logaj**

Odgovorna urednica:

**Danica Mati Djuraki**

Uredniški odbor:

**Goran Bezjak, mag. Miroslav Cvahte, dr. Mojca Čepič,  
dr. Vladimir Grubelnik, Tatjana Gulič, dr. Tomaž Kranjc,  
dr. Marko Marhl, mag. Jože Pernar, Milenko Stiplovšek,  
dr. Barbara Šetina Batič, dr. Saša Zihel**

Jezikovni pregled:

**Andrej Polončič Ruparčič**

Prevod povzetkov:

**Enitra prevajanje, Brigita Vogrinec Škraba, s. p.**

Urednica založbe:

**Andreja Nagode**

Oblikovanje:

**Simon Kajtna, akad. slik.**

Fotografije:

**avtorji člankov in drugi, ki so zapisani pod fotografijo**

Računalniški prelom:

**Design Demšar, d. o. o.**

Tisk:

**Tisk Žnidarič, d. o. o.**

Naklada: 390 izvodov

Prispevke pošljite na naslov: Zavod RS za šolstvo,

Uredništvo revije Fizika v šoli, Poljanska c. 28,

1000 Ljubljana, e-naslov: revija.fizika@zrss.si.

Naročila: Zavod RS za šolstvo – Založba,

Poljanska c. 28, 1000 Ljubljana, faks: 01/30 05 199,

e-naslov: založba@zrss.si

Letna naročnina (2 številki): 22,00 € za šole in ustanove,

16,50 € za fizične osebe, 8,50 € za študente, dijake

in upokojece. Cena posamezne številke v prosti prodaji

je 13,00 €.

Revija je vpisana v razvid medijev, ki ga vodi

Ministrstvo za kulturo pod zaporedno številko 570.



Priznanje avtorstva-Nekomercialno-Brez predelav

Poštšina plačana pri pošti 1102 Ljubljana.

## Spoštovane bralke in bralci,

pred vami je druga številka šestindvajsetega letnika revije Fizika v šoli. Medtem ko končujemo redakcijo revije, v Glasgowu poteka globalna podnebna konferenca COP26, po vsem svetu pa se odvijajo protesti podnebnih aktivistov, ki zahtevajo podnebno pravičnost. Novi koronavirus še vedno močno vpliva na življenje in delo, tudi v šoli. Na Zemlji je za izstrelitev v vesolje pripravljen novi vesoljski teleskop James Webb (če ne bo zapletov, ga bodo v vesolje poslali 18. decembra).

Trije članki v reviji so astronomsko obarvani. V strokovnem članku avtorja Rok Vogrinčič in Samo Ilc predstavljata, kako iz javno dostopnih baz podatkov o vesoljskih telesih sestaviti Hertzsprung-Russellov diagram zvezdnih kopic. Kako pri pouku astronomskih predmetov na daljavo s teleskopom opazujejo študentje Fakultete za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani, opisuje Bojan Dintinjana, dr. Andreja Gomboc pa predstavlja GoChile – prvi slovenski teleskop v Čilu, s katerim opazujejo slovenski ljubiteljski astronomi in študentje Fakultete za naravoslovje v Novi Gorici, z njim pa bodo lahko opazovali tudi dijaki in učitelji. Mag. Jože Pernar in Katja Oder opisujeta učenje na daljavo v srednji in osnovni šoli. Tudi tekmovanja so letos večinoma potekala na daljavo. Miran Tratnik predstavlja, kako je bilo izvedeno tekmovanje v odpiranju fizikalnih sefov. Kaj je črni ogljik in kako ga merimo? Lahko o njem spregovorimo z učenci? Ga lahko merijo tudi sami? Zanimiv primer dobre prakse, ki vpeljuje učence v projektno delo in spoznavanje okoljske problematike črnega ogljika z resničnimi podatki iz njihove okolice, ki so jih izmerili sami, v članku opisuje dr. Martin Rigler, Matija Martinec in Tanja Vičič. Podajajo tudi teoretične osnove merjenja črnega ogljika. V prejšnji številki je Ksenja Božak opisala, kako na njihovi šoli za naravoslovje navdušujejo mlajše učence, v tokratni številki pa predstavlja dejavnosti za osmošolce. Spet se vrača redna rubrika »Upodobitve v fiziki«: dr. Mojca Čepič nas vabi, da skupaj z njo nadaljujemo razmišljanje o poučevanju vsebin o silah.

Oktober je potekala šesta konferenca učiteljev/-ic naravoslovnih predmetov NAK 2021 na temo »Izzivi avtentičnosti v naravoslovnem izobraževanju«. Vabljeni, da na zavodovih spletnih straneh (<https://nak2021.zrss.si/>) dostopate do gradiv s konference. Prav tako vas vabimo k spremljanju ali soustvarjanju fizikalnih e-uric, mesečnega sodelovanja učiteljev fizike na daljavo. Posnetki preteklih e-uric so na voljo v spletnih učilnicah študijskih skupin za fiziko. Uvodnik končujem z iskrenim povabilom k pisanju prispevkov za objavo.

Vse dobro in lep pozdrav.

*Danica Mati Djuraki,  
odgovorna urednica*

# Hertzsprung-Russellov diagram zvezdnih kopic

Rok Vogrinčič,<sup>1</sup> Samo Ilc<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fakulteta za matematiko in fiziko, Univerza v Ljubljani

## Izvelek

V članku rišemo Hertzsprung-Russellov (HR) diagram odprte zvezdne kopice M45 (Plejade). Pri tem uporabljamo podatke, ki jih je zbral vesoljski teleskop Gaia (izdaja EDR3). Podatki so prosto dostopni v podatkovni bazi Gaia Archive. V članku skušamo z uporabo vedno strožjih in vedno bolj specifičnih filtrov iz baze podatkov izbrati zvezde, ki resnično pripadajo izbrani kopici. Za poizvedbo v bazi podatkov uporabljamo programski jezik ADQL, za obdelavo in risanje pa programski jezik Python. HR-diagram izluščenih podatkov nam pove, da je M45 mlada zvezdna kopica, ki vsebuje zvezde z absolutnimi magnitudami v razponu med 0 in 15 mag ter barve med 0 in 3,5 mag. Na HR-diagramu najdemo te zvezde večinoma na glavni veji.

**Gljučne besede:** HR-diagram, zvezdne kopice, magnitude, Gaia, ADQL

## Hertzsprung-Russell Diagram of Star Clusters

### Abstract

The article contains a drawing of the Hertzsprung-Russell (HR) diagram of the open star cluster M45 (Pleiad). It is based on the data collected by the Gaia space telescope (EDR3 edition). The data are freely accessible in the Gaia Archive database. The aim of the article is to pick the stars from the database that truly belong to the selected cluster by using increasingly stricter and increasingly specific filters. The ADQL programming language was used for the database search, while the Python programming language was used for processing and drawing. The HR diagram of extracted data tells us that M45 is a young star cluster which contains stars with absolute magnitudes ranging from 0 to 15 mag., and colours from 0 to 3.5 mag. In the HR diagram these stars are mostly located on the main sequence.

**Keywords:** HR diagram, star clusters, magnitudes, Gaia, ADQL

## Uvod

Hertzsprung-Russellov (HR) diagram je dobil ime po dveh astronomih iz 20. stoletja, Ejnarju Hertzsprungu ter Henryju Norrisu Russlu, ki sta približno istočasno in neodvisno odkrila povezavo med izsevom zvezde in njeno površinsko (efektivno) temperaturo. Zvezde z različno efektivno temperaturo imajo različno barvo, glede na to pa jih delimo na sedem spektralnih razredov. Barvo zvezde v astronomiji podajamo z barvnim indeksom (B-V), ki predstavlja razliko med izmerjenima magnitudama zvezd skozi modri (B) in zeleni (V) filter [1, 2]. Magnituda je mera za svetlost objekta (zvezde). Nižja ko je magnituda, svetlejša je zvezda. To merilo prihaja iz antike, kjer so zvezde glede na svetlost razporedili v šest razredov magnitud, najsvetlejše v prvi razred. Magnitudo merimo na logaritemski skali, kjer sprememba za eno magnitudo pomeni približno 2,5-kratno spremembo svetlosti objekta. Astronomi uporabljajo dve različni definiciji magnitude, to sta navidezna in absolutna magnituda. Navidezna magnituda predstavlja svetlost objekta, ki ga vidimo na nebu. Ta svetlost je odvisna od izseva izvora, njegove oddaljenosti in ekstinkcije (slabljenja) svetlobe na poti do Zemlje. Absolutna magnituda pa nam pove, kolikšna bi bila navidezna magnituda objekta, če bi ga postavili na razdaljo 10 pc (pc oziroma parsek meri približno 3,26 svetlobnega leta). Absolutno magnitudo izračunamo po tej enačbi:

Astronomi uporabljajo dve različni definiciji magnitude, to sta navidezna in absolutna magnituda.



$$M = m - 5(\log_{10} d - 1) \quad (1)$$

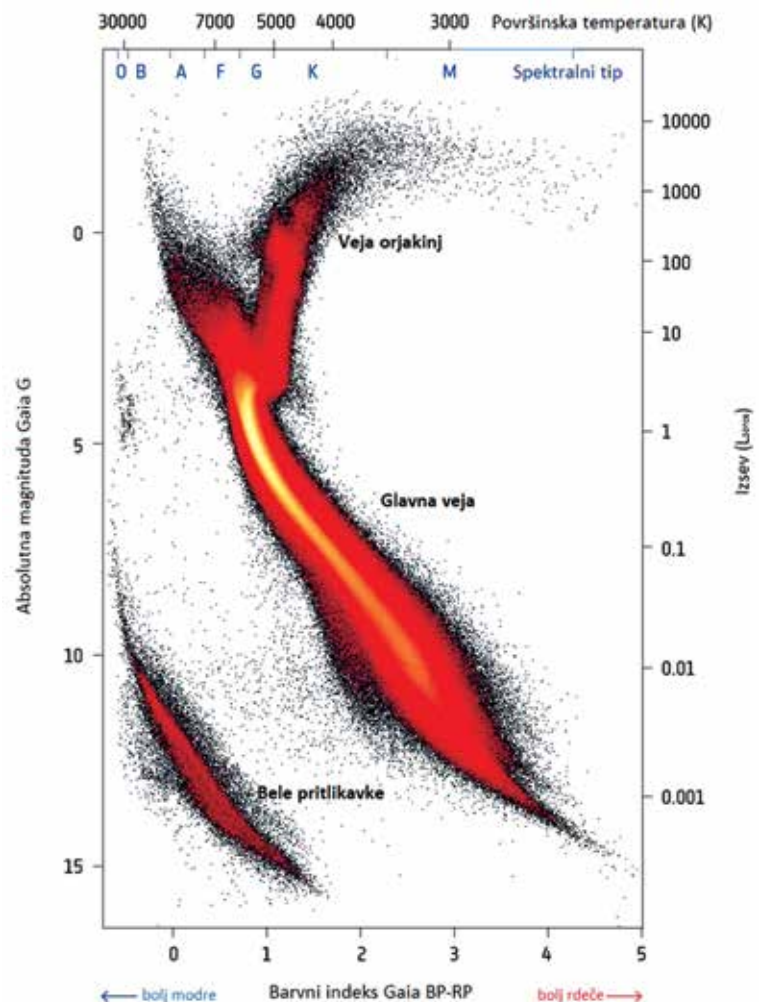
kjer je  $m$  navidezna magnituda zvezde,  $d$  pa razdalja do zvezde v enotah pc. Razdalja do zvezde  $d$  je povezana s paralakso zvezde  $p$  po tej enačbi:

$$d(\text{pc}) = \frac{1000}{p(\text{mas})}, \quad (2)$$

kjer  $p$  predstavlja kot paralakse zvezde, ki ga podajamo v enotah »mas« (mili ločne sekunde oziroma po angleško *milli arc seconds*) [1, 3]. Navidezno in absolutno magnitudo si lahko bolje predstavljamo z analogijo uličnih svetilk. Imejmo tri svetilke, prvo z močjo 50 W, drugo z močjo 100 W in tretjo z močjo 150 W. V tem vrstnem redu jih postavimo na razdalje 100 m, 200 m in 300 m. Izmerjena gostota svetlobnega toka je v tem vrstnem redu naslednja: 0,4 mW/m<sup>2</sup>, 0,2 mW/m<sup>2</sup> in 0,13 mW/m<sup>2</sup>. Prva svetilka je torej navidezno najsvetlejša, vendar to še ne pomeni, da je najmočnejša (ima največji izsev). Če pa vse tri svetilke postavimo na isto razdaljo, bo tretja svetilka najsvetlejša in to nam hkrati pove, da je tudi najmočnejša. Temu bi potem ustrezala definicija absolutne magnitude.

Meritev svetlosti zvezde nam pove, kolikšna sta absolutna magnituda (izsev) zvezde in njen barvni indeks (efektivna temperatura). Za izračun absolutne magnitude pravzaprav potrebujemo še razdaljo do zvezde, za barvni indeks pa moramo, kot že rečeno, meriti razliko med izmerjenima magnitudama zvezde skozi dva različna filtra. To lahko storimo za katerokoli opazovano zvezdo. HR-diagram ustvarimo tako, da na abscisno os nanašamo barvni indeks, na ordinatno os pa absolutno magnitudo. Ko v diagram vnesemo dovolj zvezd, opazimo, da zvezde po diagramu niso razporejene enakomerno, temveč zasedajo nekaj območij, glej sliko 1. Večina zvezd leži na diagonalnem pasu, ki se imenuje glavna veja. To vejo zasedajo zvezde, ki v svojih središčih zlivajo jedra vodika v jedra helija. Lahko rečemo, da so na glavni veji zvezde v srednjih letih svojega življenja. Tudi naše Sonce spada na to vejo. Ko zvezde porabijo zaloge vodika v jedru, se začnejo počasi seliti proti veji orjakinj (nad glavno vejo). Ko te zvezde končajo svoje življenje, nekatere od njih končajo kot bele pritlikavke. To so pravzaprav ostanki nekoč aktivnih zvezdnih jeder, ki nimajo več goriva za nadaljnje zlivanje. Te zvezde najdemo pod glavno vejo. Razporeditev zvezd na glavni veji je odvisna samo od

HR-diagram ustvarimo tako, da na abscisno os nanašamo barvni indeks, na ordinatno os pa absolutno magnitudo.



**Slika 1:** Slika prikazuje HR-diagram več kot štirih milijonov zvezd znotraj razdalje 5000 svetlobnih let od Sonca. Podatki o svetlosti, barvi in oddaljenosti zvezd so vzeti iz druge različice kataloga Gaia (Gaia DR2). Slika je povzeta iz [6] ter prevedena v slovenščino. Vodoravna os prikazuje izmerjeni barvni indeks (površinsko temperaturo), v primeru misije Gaia je to BP-RP; navpična os prikazuje absolutno magnitudo (izsev), v primeru misije Gaia je to Gaia G. Na diagramu se dobro razločijo vsaj tri velike veje, na katerih se nahajajo zvezde glede na svetlost in barvo. Največja je glavna veja, na kateri leži tudi Sonce, nad njo se nahaja veja orjakinj, kamor se zvezde premaknejo, ko porabijo zaloge vodika v jedru. Spodaj levo pa je območje belih pritlikavk, ki so pravzaprav ostanki nekoč aktivnih zvezdnih jeder. V njih ni več jedrskih reakcij [1, 4].

njihove mase, zvezde z večjo maso se nahajajo levo zgoraj, tiste z manjšo maso pa desno spodaj. Glavna veja je na obeh straneh zaključena, to pomeni, da obstajata zgornja in spodnja meja za maso zvezde na glavni veji. Spodnja meja znaša približno 0,08 mase Sonca. To je najmanjša masa zvezde, pri kateri se lahko vodik že zliva v helij. Zgornja meja pa je ocenjena na okoli 155 mas Sonca. To so mase najmasivnejših doslej odkritih zvezd [1, 4].

V tem članku se bomo osredotočili na razsute zvezdne kopice. To so skupine, ki štejejo po nekaj deset do nekaj sto mladih zvezd. V naši Galaksiji jih najdemo več tisoč, tipične velikosti (premer) pa se gibajo med 3 in 4 pc. Eden dobrih pokazateljev, ali zvezda pripada neki zvezdni kopici, je sicer razdalja (oz. paralaksa), a ker v resnici ne poznamo razdalje do središča kopice ali njene prave velikosti, preproste omejitve glede na oddaljenost ne moremo podati. Zvezde v teh kopicah so nastale skoraj sočasno, po navadi iz istega oblaka plina, zato je njihovo lastno gibanje (angl. *proper motion*) precej podobno. Če torej zvezdam uspemo izmeriti njihovo lastno gibanje ter paralakso, lahko ugotovimo, ali neka zvezda pripada zvezdni kopici ali ne [1, 5].

## Gaia in ADQL

V tem članku pokažemo, kako s pomočjo podatkov misije Gaia ustvarimo HR-diagram poljubne zvezdne kopice. Gaia, vesoljska misija Evropske vesoljske agencije (ESA), je od leta 2013 pa do danes opazovala več kot 1,8 milijarde izvorov v naši Galaksiji, vsakega vsaj enkrat. Njen katalog predstavlja največjo zbirko opazovanih objektov. Ob koncu leta 2020 je bila izdana že tretja izdaja podatkov (Gaia EDR3) s še boljšimi ocenami položajev objektov na nebu, njihovega lastnega gibanja in oddaljenosti od nas [7]. Vsi ti podatki so javno dostopni, za njihovo poizvedbo (angl. *query*) pa uporabljamo variacije jezika SQL, ki je specializiran za to bazo podatkov, to je ADQL (angl. *Astronomical Data Query Language*).

Vsak vir ima svojo edinstveno oznako in vsaj nekaj dobro določenih parametrov, tako da je podatkov v katalogu izredno veliko. Pri poizvedbi moramo zato določiti kriterije, ki jim morajo izmerjeni parametri vira ustrezati. S tem se znebimo nepotrebnih podatkov pri izpisu in tako zmanjšamo velikost izhodne datoteke ter čas procesiranja.

Do podatkovne baze Gaia lahko dostopamo na več načinov. Najpreprostejši je dostop prek spletne strani <https://gea.esac.esa.int/archive> (arhiv Gaia). Za osnovno iskanje kliknemo zavihek **Search**. To nas prestavi na spletno stran, kjer lahko delamo poizvedbe. Čeprav je mogoče operirati tudi z osnovnimi poizvedbami, prek grafičnega vmesnika, se bomo obrnili na napredno iskanje **Advanced (ADQL)**.

Vsaka poizvedba se začne z ukazom **SELECT**, za njim pa dodamo imena zelenih parametrov zvezd (npr. `parallax`, `parallax_over_error` itd.). To je torej ukaz, ki pove, katere parametre hočemo izluščiti, če so ti na voljo. Če hočemo imeti čisto vse parametre, lahko uporabimo znak `*`. Parametre, ki so na voljo, lahko najdete v literaturi [8]. Po določitvi zelenih parametrov se z obveznim ukazom **FROM** določi, katero bazo podatkov želimo upravljati (npr. `gaiadr1.gaia_source`, `gaiadr2.gaia_source`, `gaiaedr3.gaia_source`). Osnovna poizvedba je videti tako:

```
SELECT *  
FROM gaiaedr3.gaia_source
```

S to poizvedbo pridobimo celotno bazo podatkov, kar vzame preveč prostora, spomina in računskega časa. Ravno zato se lahko z dodatnimi ukazi rešimo podatkov, ki jih ne potrebujemo pri svojem delu. Za ukaz **SELECT** in pred zelenimi parametri lahko uporabnik vnese ukaz **TOP**, ki naj mu sledi željeno število rezultatov. S tem uporabnik določi maksimalno število vrnjenih rezultatov – ko poizvedba pride do tega števila, se konča.

```
SELECT TOP 100 *  
FROM gaiaedr3.gaia_source
```

S tako poizvedbo dobimo prvih sto virov iz kataloga `gaiaedr3.gaia_source`. Lahko pa z ukazom **ORDER BY** te vire uredimo glede na zeleni parameter. Tako ukaz **TOP** vzame le tiste vire, ki so na začetku tabele. Ukaz **ORDER BY** opremimo še s parametrom, po katerem želimo sortirati, temu pa naj sledi še **ASC/DESC**, kjer nam **ASC** uredi tabelo tako, da vrednosti

Gaia, vesoljska misija Evropske vesoljske agencije (ESA), je od leta 2013 pa do danes opazovala več kot 1,8 milijarde izvorov v naši Galaksiji, vsakega vsaj enkrat.

naraščajo, **DESC** pa tako, da padajo. Ta ukaz je vedno zadnja vrstica poizvedbe! Primer take poizvedbe je naslednji:

```
SELECT TOP 100 *
FROM gaiaedr3.gaia_source
ORDER BY parallax ASC
```

Ta poizvedba vire uredi glede na njihovo izmerjeno paralakso, začenši z najmanjšo (oz. največjo, če uporabimo **DESC**). Če to poizvedbo dejansko izvedemo in pogledamo tabelo, bomo opazili nekaj čudnega. Če uporabimo **ASC**, je izmerjena paralaksa negativna, če uporabimo **DESC**, opazimo, da ni podatka za izmerjeno paralakso (ta ni bila določena). V nobenem od obeh primerov nam taki podatki ne pomagajo. S pomočjo ukaza **WHERE** se lahko takim problemom izognemo. S tem ukazom izberemo tiste vire, ki ustrezajo pogojem. Te zapišemo za ukazom **WHERE**. Izberemo lahko več pogojev, ki jih ločimo z ukazi **AND** ali **OR**. Uporabljajo se lahko osnovni matematični izrazi, kot so **+**, **-**, **\***, **/**, **<**, **>**, **=** itd. V želenih pogojih se lahko prosto uporabljajo vse vrednosti parametrov zvezde, tudi če niso bili izbrani z ukazom **SELECT**. Tako lahko oba prej opisana problema odpravimo:

```
SELECT TOP 100 *
FROM gaiaedr3.gaia_source
WHERE parallax > 0
AND parallax IS NOT NULL
ORDER BY parallax ASC
```

Prvi pogoj zahteva, da je vrednost paralakse pozitivna. Drugi pogoj zahteva, da ima vir določen parameter paralakse (**IS NULL** bi zahteval vire brez paralakse). V resnici bi bil za ta specifični primer dovolj le prvi pogoj. Če vir nima določene vrednosti parametra, ki je uporabljen v enem od pogojev, ta vir avtomatično ne izpolnjuje pogoja in je izločen.

Preden nadaljujemo, se ustavimo še pri rezultatu svoje poizvedbe, to je tabela. Izpis in ogled tabele sta mogoča na isti spletni strani, kjer poteka poizvedba, lahko pa se tabela tudi prenese na lokalni računalnik v več različnih formatih. Kateri format si izberemo, v resnici ni tako pomembno, pomembnejše se je zavedati, katere podatke v tabeli sploh hočemo. Kot vemo, se z večanjem velikosti tabele večja tudi njena zahteva po prostoru na trdem disku. Prav tako se ogromne tabele dalj časa odpirajo in porabijo veliko več računalniškega spomina kot manjše tabele. Zato je priporočljivo, da so tabele čim manjše in da vanje damo le tisto, kar za obdelavo podatkov zares potrebujemo.

Recimo, da nas zanimajo razdalje do najbližjih opazovanih zvezd in njihovih navideznih magnitud. Za določitev razdalje do zvezde potrebujemo paralakso (izbrali bomo parameter **parallax**), navidezno magnitudo pa že imamo v bazi (v primeru Gaie je ta merjena v treh barvah, izbrali bomo G-filter oziroma parameter **phot\_g\_mean\_mag**). Ne smemo pozabiti, da se z večanjem paralakse manjša razdalja, kar pomeni, da hočemo vire z največjimi paralaksami!

```
SELECT TOP 100 parallax, phot_g_mean_mag
FROM gaiaedr3.gaia_source
WHERE parallax > 0
AND parallax IS NOT NULL
ORDER BY parallax DESC
```

Ta poizvedba nam vrne tabelo s stotimi vrsticami in dvema stolpcema. En stolpec ima zapisane paralakse, drugi pa navidezne magnitudo virov v G-filtru. Velikost tabele je bistveno manjša, kot če bi hoteli vedeti vse njene parametre. Omenili smo že, da hočemo določiti razdaljo do zvezde, kar lahko naredimo kar znotraj poizvedbe. Povezavo med paralakso in razdaljo opisuje enačba (2), v poizvedbo pa jo vključimo na spodnji način:

```
SELECT TOP 100 1000/parallax AS dist, phot_g_mean_mag
FROM gaiaedr3.gaia_source
WHERE parallax > 0
AND parallax IS NOT NULL
ORDER BY parallax DESC
```

Kateri format si izberemo, v resnici ni tako pomembno, pomembnejše se je zavedati, katere podatke v tabeli sploh hočemo.

Parametru **1000/parallax** smo nadeli novo ime **dist** (izhaja iz okrajšave angleške besede za oddaljenost, to je distance), ki se bo zapisalo v tabelo. ADQL nam torej dovoli uporabljati sestavljene izraze, kar je pametno izkoristiti.

Podatke v katalogu lahko omejimo tudi geometrijsko. S pomočjo funkcije **CIRCLE()** lahko iščemo vire v krogu okoli določenega središča. Njena praktična uporaba je prikazana spodaj:

```
SELECT *
FROM gaiaedr3.gaia_source
WHERE 1=CONTAINS(POINT('ICRS',ra,dec),CIRCLE('ICRS',raC,decC, R))
```

Ta sintaksa potrebuje malo več razlage. Funkcija **CONTAINS()** pregleda, ali se vir **POINT()** (ki ima koordinate objekta, to sta rektascenzija **ra** in deklinacija **dec**) nahaja znotraj kroga, ki ga opiše funkcija **CIRCLE()**. **CIRCLE()** ima središče v koordinatah **raC** in **decC** in radij **R** (v enotah kotnih stopinj). Rektascenzija in deklinacija skupaj tvorita lego objekta na nebu. Ti koordinati izhajata iz ekvatorialnega koordinatnega sistema, kjer se rektascenzija praviloma meri v enotah ur, minut in sekund ter raste od pomladišča proti vzhodu, deklinacija pa se meri v enotah kotnih stopinj, kotnih minut in kotnih sekund in ima pozitivne vrednosti za objekte severno od nebesnega ekvatorja ter negativne vrednosti za objekte južno od nebesnega ekvatorja. Če se vir nahaja znotraj tega kroga, funkcija **CONTAINS()** vrne vrednost **1**. **CONTAINS()** vrne vrednost **0**, če je vir zunaj tega kroga. Podoben zapis imamo, če nas zanima območje znotraj nekega pravokotnika, za kar uporabimo funkcijo **BOX()**:

```
SELECT *
FROM gaiaedr3.gaia_source
WHERE 1=CONTAINS(POINT('ICRS',ra,dec),BOX('ICRS',raC,decC, a, b))
```

Tukaj sta *a* in *b* dolžini stranic v enotah kotnih stopinj.

## Izdelava HR-diagrama zvezdne kopice

V tem poglavju je prikazan primer izdelave HR-diagrama razsute zvezdne kopice M45 (Plejade oziroma Gostosevci), ki se nahaja v ozvezdju Bika. Pri tem uporabljamo podatke iz arhiva Gaia. Z uporabo vedno strožjih in vedno bolj specifičnih filtrov iz baze podatkov poskušamo najti zvezde, ki resnično pripadajo izbrani kopici. V nadaljevanju bodo predstavljene nekatere točke iz vaje pri predmetu Astronomija 1, ki so jo študenti drugega letnika fizike izvajali na daljavo. Nekateri deli so za mlajše bralce poenostavljeni.

1. S pomočjo geometrične funkcije **CIRCLE()** napiši poizvedbo ADQL, ki izlušči vire znotraj tega območja. Pomisli, katere podatke potrebuješ za izris HR-diagrama, ter ga nariši.

V spletnem arhivu Gaia s pomočjo funkcije **CIRCLE()** napišemo poizvedbo ADQL, ki izbere vire znotraj kroga, katerega središčne koordinate najdemo v arhivu Simbad [9]. Iščemo torej rektascenzijo, deklinacijo, kotni polmer in paralakso objekta M45. Te znašajo v tem zaporedju: 56,75°, +24,12°, 1,5° ter 7,364 mas. Za izris HR-diagrama potrebujemo absolutno magnitudo zvezd, ki jo izračunamo iz paralakse (**parallax**) in navidezne magnitude (**phot\_g\_mean\_mag**) po enačbi (1), ter barvni indeks (**bp\_rp**), ki ga najdemo kot enega izmed parametrov kataloga Gaia.

```
SELECT bp_rp, 5 + phot_g_mean_mag - 5*LOG10(1000/(parallax)) AS mag, 1000/parallax AS
dist, phot_g_mean_mag
FROM gaiaedr3.gaia_source
WHERE 1= CONTAINS (POINT('ICRS', ra, dec), CIRCLE('ICRS', 56.75, 24.12, 1.5))
AND parallax > 0
AND phot_g_mean_mag IS NOT NULL
AND bp_rp IS NOT NULL
ORDER BY phot_g_mean_mag ASC
```

\* Poizvedbo je ustvaril Marko Urbanč, študent fizike na Fakulteti za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani.

Iz generirane tabele ustvarimo HR-diagram. Shranimo jo lahko v formatu **.fits** (angl. *Flexible Image Transport System*). Za risanje lahko uporabljamo različna programska orodja. Eno takih

V tem poglavju je prikazan primer izdelave HR-diagrama razsute zvezdne kopice M45 (Plejade oziroma Gostosevci), ki se nahaja v ozvezdju Bika.

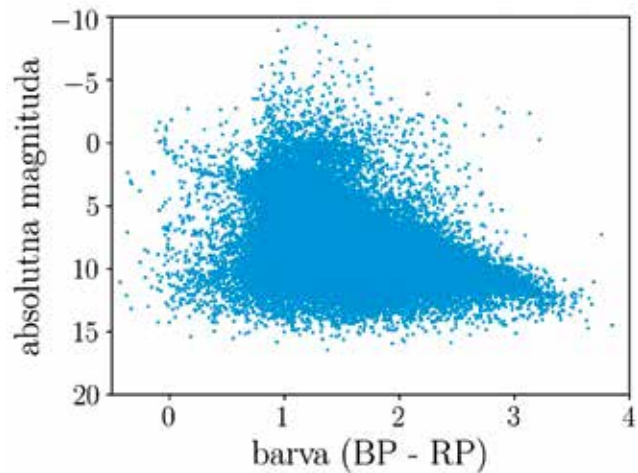


je programski jezik Python, v katerem z uporabo ustreznih knjižnic rišemo dvo- ali trirazsežne grafe. To naredimo s knjižnico **matplotlib.pyplot**. V nadaljevanju je izrezek programske kode, s katero narišemo HR-diagram:

```
#V tej datoteki je opisano, kako se odpre .fits datoteko v pythonu in narise HR-diagram
import numpy as np import matplotlib.pyplot as plt #knjiznica za risanje
from astropy.io import fits #knjiznica za odpiranje .fits in dostop do tabele
# Odpremo .fits datoteko in njeno tabelo
hdul = fits.open('M45.fits')
data = hdul[1].data
# Dostop do stolpcev, ki imajo svoje ime
mag = data['mag'] #absolutna magnituda
bp_rp = data['bp_rp'] #barvni indeks
dist = data['dist'] #oddaljenost
phot_g_mean_mag = data['phot_g_mean_mag'] #navidezna magnituda
#Risemo diagram
plt.scatter(bp_rp, mag, s=2, c='blue') # Funkcija, ki narise točke glede na njene koordinate.
#Moznost s določi velikost pike, možnost c pa barvo pike
#Poimenovanje osi
plt.xlabel('barva (BP - RP)')
plt.ylabel('absolutna magnituda')
#y-os obrnemo, tako so bolj pozitivne vrednosti nižje na grafu
plt.gca().invert_yaxis()
#Določanje meja pri izrisu grafa
plt.xlim([-0.5, 4])
plt.ylim([20, -10])
plt.show() #Funkcija, ki prikaže, kaj smo do zdaj narisali na grafu
plt.savefig() #S tem ukazom lahko shranimo sliko. Pri tem pazimo, da nismo prej zagnali plt.
show(), saj nam lahko izbrise, kar je bilo do tukaj narisano
```

**Slika 2:** HR-diagram zvezdne kopice M45, izrisan iz zgornje poizvedbe v podatkovni bazi Gaia. Pri poizvedbi smo iskali zvezde, katerih paralaksa je večja od 0, iskanje zvezd pa smo omejili na krog s polmerom  $1,5^\circ$  okoli središča kopice.

Avtorica slike je Katarina Lodrant, študentka fizike na Fakulteti za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani.



Dobljeni HR-diagram je prikazan na sliki 2 zgoraj. Opazimo, da smo zajeli veliko preveč zvezd – poizvedba je vrnila 43.010 rezultatov. V nadaljevanju vaje skušamo iz teh izluščiti zvezde, ki dejansko pripadajo izbrani kopici.

2. Nariši diagram lastnega gibanja (angl. *proper motion*) ekvatorialnih koordinat  $\mu_{\text{dec}}$  v odvisnosti od  $\mu_{\text{ra}}$ . Imeni sta okrajšavi za lastno gibanje deklinacije (angl. *proper motion declination*) in lastno gibanje rektascenzije (angl. *proper motion right ascension*). Naredi novo poizvedbo, v kateri zahtevaš te podatke, in poišči najgostejše območje na tem grafu. Okoli tega območja izriši krog in okvirno določi njegovo središče in polmer ter to predstavi na skupnem grafu.

V tem primeru moramo, po zgledu prejšnje naloge, poiskati še parametra  $\mu_{\text{ra}}$  in  $\mu_{\text{dec}}$ . To dobimo z majhno spremembo v prvi vrstici poizvedbe ADQL:

```
SELECT bp_rp, 5 + phot_g_mean_mag - 5*LOG10(1000/(parallax)) AS mag, 1000/parallax AS
dist, phot_g_mean_mag, pmra, pmdec
```

Generirano tabelo ponovno shranimo v formatu **.fits** ter v zgornji kodi Pythona zgolj dodamo nove stolpce in na mesto HR-diagrama rišemo graf lastnega gibanja.

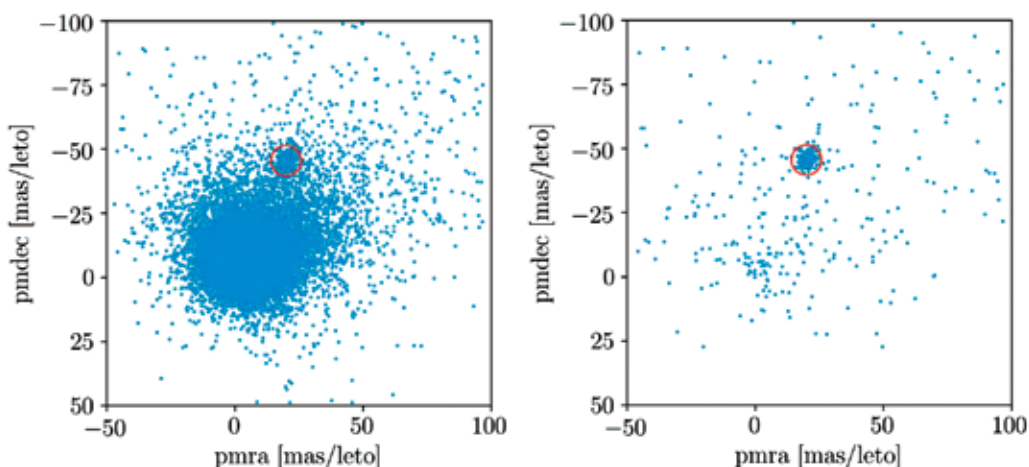
```
pmdec = data['pmdec'] #lastno gibanje deklinacije
pmra = data['pmra'] #lastno gibanje rektascenzije
plt.scatter(pmra, pmdec, s=2, c='blue') # Funkcija, ki narise točke glede na njene koordina-
te. Moznost s določi velikost pike, moznost c pa barvo pike
#Poimenovanje osi
plt.xlabel('pmra [mas/leto]')
plt.ylabel('pmdec [mas/leto]')
#y-os obrnemo, tako so bolj pozitivne vrednosti nizje na grafu
plt.gca().invert_yaxis()
#Določanje meja pri izrisu grafa
plt.xlim([-50, 100])
plt.ylim([50, -100])
plt.show() #Funkcija, ki prikaže, kaj smo do zdaj narisali na graf
plt.savefig() #S tem ukazom lahko shranimo sliko. Pri tem pazimo, da nismo prej zagnali plt.
show(), saj nam lahko izbrise, kar je bilo do tukaj narisano
```

Pri poizvedbi lahko paralakso omejimo na 7 mas, tako že od začetka zmanjšamo število virov. Brez te omejitve je virov, kljub uporabi funkcije CIRCLE(), bistveno preveč. To se lepo vidi na sliki 1. Vseeno moramo paziti, da je paralaksa primerno manjša od paralakse kopice M45, sicer bomo porezali območje, ki nas pravzaprav zanima. To omejitev spremenimo v poizvedbi ADQL s spremembo vrstice za paralakso v:

```
AND parallax > 7
```

Rišemo grafa lastnega gibanja pri omejitvi: paralaksa > 0 mas in paralaksa > 7 mas, glej sliko 3. Na sliki 3 levo opazimo osrednji večji skupel zvezd s podobnimi hitrostmi in manjši skupel, ki leži desno zgoraj, obkrožen z rdečo. Da so zvezde kopice M45 zares tiste iz manjšega skupka, rišemo enak graf še za podatke, ki jih dobimo z izbrano dodatno omejitvijo, da naj bo paralaksa večja od 7 (paralaksa kopice znaša 7,36 mas), glej sliko 3 desno. Tako identificiramo območje lastnega gibanja zvezd, ki pripadajo kopici. Koordinate območja dobimo z izračunom mediane vseh vrednosti na grafu 3 desno. Središče rdečega kroga je pri koordinatah:  $pmra_0 = 19,99$  mas/leto,  $pmdec_0 = -45,45$  mas/leto. Izračunamo tudi polmer rdečega kroga. To storimo tako, da zajamemo 70 % točk, ki so najbližje ocenjenemu središču. To nam da polmer kroga  $r = 4$  mas/leto.

Pri poizvedbi lahko paralakso omejimo na 7 mas, tako že od začetka zmanjšamo število virov.



**Slika 3:** Grafa lastnega gibanja ekvatorialnih koordinat pri dveh različnih omejitvah vrednosti paralakse (levo: paralaksa > 0 mas, desno: paralaksa > 7 mas). Z rdečo so obkrožene zvezde, ki po lastnem gibanju pripadajo zvezdni kopici M45.

Avtorica slike je Katarina Lodrant, študentka fizike na Fakulteti za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani.

3. S pomočjo funkcije `CIRCLE()` izloči vse vire zunaj kroga, ki si ga določil v prejšnji nalogi. Iz preostalih zvezd nariši nov HR-diagram.

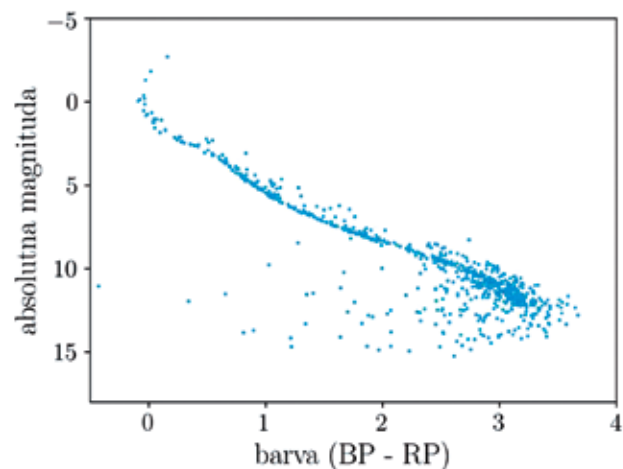
Z izračunanimi vrednostmi ustvarimo novo poizvedbo v podatkovni bazi ter izrišemo nov HR-diagram, glej sliko 4. Število zvezd smo ustrezno zmanjšali – poizvedba jih vrne 787, glavna veja na HR-diagramu je videti jasnejša.

```
SELECT bp_rp , 5 + phot_g_mean_mag - 5* LOG10(1000/parallax) AS mag, 1000/parallax
AS dist, phot_g_mean_mag, pmdec, pmra
FROM gaiaedr3.gaia_source
WHERE 1=CONTAINS(POINT('ICRS', ra, dec), CIRCLE('ICRS', 56.75, 24.12, 1.5))
AND 1=CONTAINS(POINT(pmra, pmdec), CIRCLE(19.99, -45.45, 4))
AND parallax > 7
AND phot_g_mean_mag IS NOT NULL
AND bp_rp IS NOT NULL
ORDER BY phot_g_mean_mag ASC
```

\* Poizvedbo je ustvaril Marko Urbanč, študent fizike na Fakulteti za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani.

**Slika 4:** HR-diagram zvezdne kopice M45 iz druge poizvedbe v podatkovni bazi Gaia ADQL. Za izbiro zvezd smo uporabili omejitve po lastnem gibanju ekvatorialnih koordinat, PMRA in PMDEC.

Avtorica slike je Katarina Lodrant, študentka fizike na Fakulteti za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani.



4. Podatek `parallax_over_error` nam pove razmerje med izmerjeno paralakso in njeno napako oz. obratno vrednost relativne napake paralakse. S pomočjo napake paralakse lahko izračunamo tudi relativno napako oddaljenosti:

$$d_{rel} = \frac{\Omega_{rel}}{1 - \Omega_{rel}}. \quad (3)$$

V podatkih boste morda opazili zvezde, ki so očitno preveč oddaljene od kopice. Narišite diagram oddaljenosti (ali paralakse) v odvisnosti od njene napake. Količina mora biti omejitev relativne napake, da izboljšamo svojo selekcijo? Ocenite tudi medsebojne oddaljenosti zvezd v kopici s pomočjo pridobljenih razdalj ter ekvatorialnih koordinat, s katerimi lahko izračunamo pozicijo zvezde v prostoru:

$$\begin{aligned} x &= d \cos(\alpha) \cos(\delta) \\ y &= d \sin(\alpha) \cos(\delta) \end{aligned} \quad (4)$$

$z = d \sin(\delta)$  kjer je Zemlja v središču koordinatnega sistema,

$\alpha$  je rektascenzija,  $\delta$  je deklinacija. Medsebojne razdalje med dvema zvezdama računaj po naslednji formuli:

$$d_{12} = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2}. \quad (5)$$

Najprej naredimo poizvedbo, s katero izračunamo relativno napako oddaljenosti in izvedemo transformacijo po enačbi (4).

```

SELECT bp_rp, 5 + phot_g_mean_mag - 5*LOG10(1000/parallax) AS mag,
1000/parallax AS dist, parallax, (parallax/parallax_over_error) AS p_error,
((parallax/parallax_over_error)/(1 -(parallax/parallax_over_error))) AS d_error, pmra, pmdec,
ra, dec,
(1000/parallax)*COS(ra)*COS(dec) as x,
(1000/parallax)*SIN(ra)*COS(dec) as y,
(1000/parallax)*SIN(dec) as z
FROM gaiaedr3.gaia_source
WHERE 1=CONTAINS (POINT('ICRS', ra, dec), CIRCLE('ICRS', 56.75, 24.12, 1.5))
AND 1= CONTAINS(POINT(pmra, pmdec), CIRCLE(20, -45.5, 2))
AND parallax > 0
AND (parallax/parallax_over_error) < 0.6
AND phot_g_mean_mag IS NOT NULL
AND bp_rp IS NOT NULL
ORDER BY phot_g_mean_mag ASC

```

\* Poizvedbo je ustvaril Marko Urbanč, študent fizike na Fakulteti za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani.

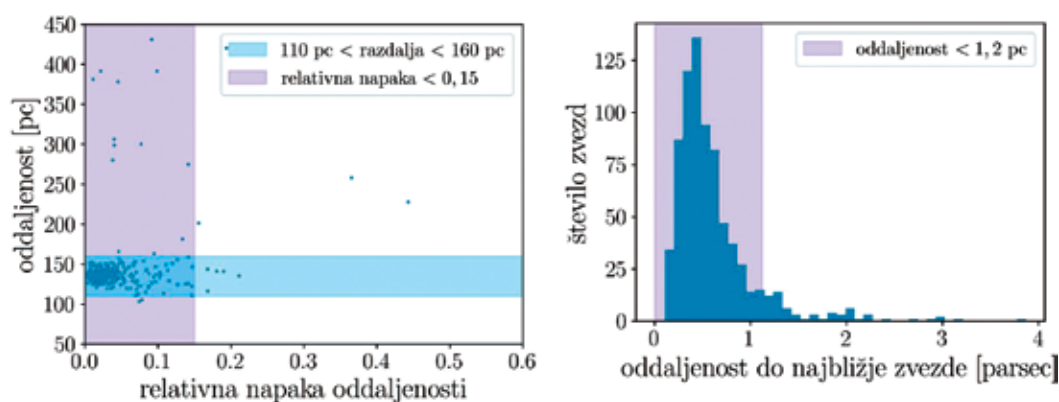
Med zvezdami, ki smo jih izbrali, so morda še vedno takšne, ki so preveč oddaljene od kopice. Za namen filtriranja narišemo graf odvisnosti oddaljenosti  $d = 1/p$  od relativne napake oddaljenosti  $d_{rel}$  (glej enačbo 3), ki ga prikazuje slika 5 levo. Da bi zajeli le zvezde, ki pripadajo izbrani kopici, pri naslednji poizvedbi glede na oceno z grafa omejimo razdaljo na interval med 110 in 160 pc, relativno napako oddaljenosti pa lahko navzgor omejimo z 0,15. S takimi omejitvami izločimo zvezde, ki na grafu očitno odstopajo od glavnega zgoščenega območja.

Naredimo še zadnjo omejitev. Za zvezde, ki smo jih dobili s prejšnjo omejitvijo, izračunamo povprečno razdaljo do najbližje sosedice  $d_{12}$  po enačbi (5). Rezultate prikažemo s histogramom na sliki 5 desno. V jeziku Python rišemo histograme po spodnjem zgledu [10]:

```

import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
n, bins, patches = plt.hist(x, 50, density=True, facecolor='g', alpha=0.75)
plt.grid(True)
plt.show()

```



**Slika 5:** (Levo) Graf odvisnosti oddaljenosti zvezd od relativne napake razdalje. V preseku obarvanih pravokotnikov so zvezde, za katere predvidevamo, da so res del zvezdne kopice M45.

(Desno) Histogram oddaljenosti zvezd od svoje najbližje sosedice. Zvezd zunaj obarvanega pravokotnika v naslednjem približku ne bomo upoštevali, saj so preveč oddaljene od najbližje sosedice.

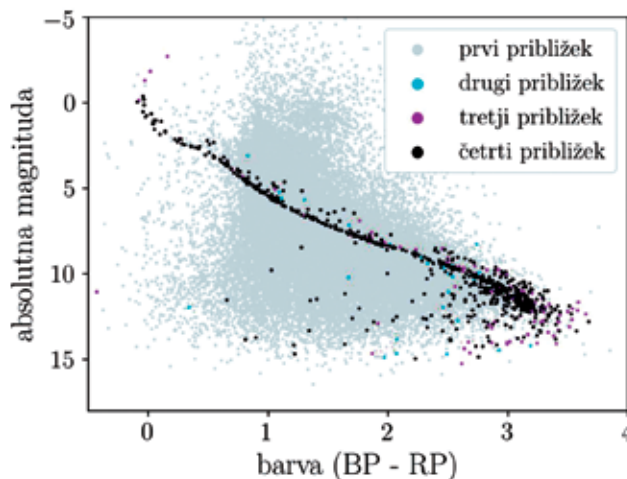
Avtorica slike je Katarina Lodrant, študentka fizike na Fakulteti za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani.

Za konec na skupni graf na sliki 6 nanesemo vse HR-diagrame, ki smo jih narisali po vsaki dodatni omejitvi. V prvem približku smo se omejili na krog okoli koordinat kopice, prebranih iz vira Simbad [9], v drugem približku smo uporabili lastno gibanje ekvatorialnih koordinat, v tretjem smo izločili zvezde, ki so očitno preveč oddaljene od celotne kopice, v četrtem pa zvezde, ki so preveč oddaljene od najbližje sosedice. Zvezde, ki pripadajo našemu končnemu

Da bi zajeli le zvezde, ki pripadajo izbrani kopici, pri naslednji poizvedbi glede na oceno z grafa omejimo razdaljo na interval med 110 in 160 pc, relativno napako oddaljenosti pa lahko navzgor omejimo z 0,15.



diagramu, so na sliki 6 narisane s črnimi točkami. Kaj nam pravzaprav pove končni HR-diagram? Ugotovimo lahko, da kopico sestavljajo zvezde, ki imajo absolutne magnitudo v razponu med 0 in 15 mag, barve pa med 0 in 3,5 mag. Če si pomagamo s sliko 1, vidimo, da gre večinoma za zvezde na glavni veji, ki obsegajo vse spektralne tipe med B in M. Hkrati lahko rečemo, da so to zvezde, katerih izsev meri od sto izsevov Sonca pa vse do zgolj tisočinke izseva Sonca. Na sliki 6 vidimo, da ima glavna veja nekakšen zavo v desno. Lega tega zavoja nam pove tudi oceno starosti zvezdne kopice. Če je zavo v precej modrem delu glavne veje, gre za zelo mlado zvezdno kopico, kot je to v našem primeru. Starost kopice M45 je ocenjena na okoli sto milijonov let [11]. Če bi želeli natančno oceniti starost, bi morali na HR-diagram prilagoditi t. i. izohrone, to so teoretične krivulje, ki predstavljajo zvezdne populacije enakih starosti [12].



**Slika 6:** Približki HR-diagramov zvezdne kopice M45.

Avtorica slike je Katarina Lodrant, študentka fizike na Fakulteti za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani.

## Zaključek

Ugotovili smo, da lahko prosto dostopno bazo podatkov Gaia uporabimo za izdelavo HR-diagrama poljubne zvezdne kopice. Z uporabo vedno strožjih in vedno bolj specifičnih filtrov smo iz baze podatkov uspeli poiskati zvezde, ki resnično pripadajo kopici M45. Za poizvedbo v bazi podatkov smo uporabili jezik ADQL, pri risanju pa jezik Python. V prvem približku smo se omejili na krog okoli koordinat kopice, prebranih iz vira Simbad, v drugem približku smo uporabili lastno gibanje ekvatorialnih koordinat, v tretjem smo izločili zvezde, ki so očitno preveč oddaljene od celotne kopice, v četrtem pa zvezde, ki so preveč oddaljene od najbližje sosedice. Končni HR-diagram nam pove, da je M45 mlada zvezdna kopica, ki vsebuje zvezde z absolutnimi magnitudami v razponu med 0 in 15 mag ter barve med 0 in 3,5 mag. Gre večinoma za zvezde na glavni veji, ki obsegajo vse spektralne tipe med B in M in katerih izsev meri od sto izsevov Sonca pa vse do zgolj tisočinke izseva Sonca.

## Viri

- [1] Avsec, F. in Prosén, M. (2006). *Astronomija*. Ljubljana: DMFA-založništvo.
- [2] [https://en.wikipedia.org/wiki/Hertzsprung%E2%80%93Russell\\_diagram](https://en.wikipedia.org/wiki/Hertzsprung%E2%80%93Russell_diagram) (5. 4. 2021)
- [3] [https://en.wikipedia.org/wiki/Magnitude\\_\(astronomy\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Magnitude_(astronomy)) (5. 4. 2021)
- [4] [https://en.wikipedia.org/wiki/Main\\_sequence](https://en.wikipedia.org/wiki/Main_sequence) (5. 4. 2021)
- [5] [https://en.wikipedia.org/wiki/Open\\_cluster](https://en.wikipedia.org/wiki/Open_cluster) (5. 4. 2021)
- [6] <https://sci.esa.int/web/gaia/-/60198-gaia-hertzsprung-russell-diagram> (3. 4. 2021)
- [7] <https://gea.esac.esa.int/archive/documentation/GEDR3/index.html> (5. 4. 2021)
- [8] [https://gea.esac.esa.int/archive/documentation/GEDR3/Gaia\\_archive/chap\\_datamodel/sec\\_dm\\_main\\_tables/ssec\\_dm\\_gaia\\_source.html](https://gea.esac.esa.int/archive/documentation/GEDR3/Gaia_archive/chap_datamodel/sec_dm_main_tables/ssec_dm_gaia_source.html) (5. 4. 2021)
- [9] <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/> (5. 4. 2021)
- [10] [https://matplotlib.org/stable/gallery/pyplots/pyplot\\_text.html#sphx-glr-gallery-pyplots-pyplot-text-py](https://matplotlib.org/stable/gallery/pyplots/pyplot_text.html#sphx-glr-gallery-pyplots-pyplot-text-py) (5. 4. 2021)
- [11] <https://en.wikipedia.org/wiki/Pleiades> (5. 4. 2021)
- [12] [https://en.wikipedia.org/wiki/Stellar\\_isochrone](https://en.wikipedia.org/wiki/Stellar_isochrone) (5. 4. 2021)

# Merjenje koncentracij črnega ogljika in določanje njegovih virov v okolici treh osnovnih šol – uvod v projektno učenje

dr. Martin Rigler,<sup>1</sup> Matija Martinec,<sup>2</sup> Tanja Vičič<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Aerosol d. o. o., Ljubljana

<sup>2</sup> Osnovna šola Brinje Grosuplje

---

## Izvleček

V prispevku predstavljamo enostavno terensko kampanjo merjenja koncentracij črnega ogljika v okolici osnovnih šol, ki služi kot uvod v projektno učenje za otroke 5. razreda. S kombinacijo delavnice o onesnaženosti zraka, 14-dnevne merilne kampanje ter končne skupne predstavitve in analize rezultatov smo učence aktivno vključili v učni proces, krepili zavedanje o pomembnosti sodelovalnega učenja ter razvijali njihovo lastno zavzetost za učenje ob raziskovanju problemov resničnega sveta.

**Ključne besede:** terenska kampanja, črni ogljik, onesnaženje zraka, projektno učenje

## Black Carbon Measurements and Its Source Apportionment in the Vicinity of Three Primary Schools – an Introduction to Project-Based Learning

### Abstract

The paper presents a simplified field campaign for black carbon concentration measurements in the vicinity of primary schools, which serves as an introduction to project-based learning for Year 5 primary school pupils. Through a combination of an air pollution workshop, a 14-day measurement campaign, and a final presentation and analysis of results, we actively involved students in the learning process, raised awareness of the importance of collaborative learning, and developed their commitment to real-world research.

**Keywords:** field campaign, black carbon, air pollution, project-based learning

---

## Uvod

### Onesnaženje zraka s trdnimi delci

Trdni delci (ang. *particulate matter* – PM) v zraku negativno vplivajo na zdravje ljudi, hkrati pa s sipanjem in absorpcijo sončne svetlobe neposredno učinkujejo na Zemljino sevalno ravnovesje [1], [2] ter s svojo prisotnostjo posredno tudi na tvorbo oblakov in s tem na razporeditev padavin [3]. Slabo kakovost zunanjega zraka, povezano z visokimi koncentracijami trdnih delcev v zraku, je Svetovna zdravstvena organizacija (ang. *World Health Organization* – WHO) poleg visokega krvnega tlaka, kajenja, sladkorne bolezni in čezmerne teže prepoznala kot enega od petih največjih tveganj za zdravje ljudi [4]. V primerjavi s preostalimi štirimi tveganji je kakovost zunanjega zraka dejavnik, na katerega posameznik nima neposrednega vpliva in ga je mogoče omiliti le s skupnimi prizadevanji celotne družbe.

Po podatkih WHO je močno onesnažen zrak leta 2012 zahteval več kot 480 000 prezgodnjih smrti v Evropi in več kot sedem milijonov smrti po svetu [5]. Novejše študije [6] nakazujejo,

da bi število prezgodnjih smrti na letni ravni, povezanih s čezmerno onesnaženim zrakom, lahko bilo še bistveno višje. Zaradi onesnaženega zraka je pričakovana življenjska doba ljudi v Evropi krajša za 2,2 leta, smrtnost pa se giblje okrog 133 na 100.000 prebivalcev. Po podatkih Nacionalnega inštituta za javno zdravje Republike Slovenije je čezmerno onesnažen zrak kriv za 1500 prezgodnjih smrti v Sloveniji, z izboljšanjem kakovosti zunanega zraka pa bi lahko dosegli podaljšanje pričakovane življenjske dobe od polovice do enega leta. Ustvarjanje čistega okolja brez onesnaženega zraka je tudi ena izmed glavnih smernic novega evropskega zelenega dogovora [7].

## Črni ogljik

Ogljični aerosoli v urbanih okoljih predstavljajo največji delež v kategoriji delcev  $PM_{2,5}$  (trdni delci s premerom, manjšim od  $2,5 \mu m$ ) in so večinoma antropogenega izvora. Razdelimo jih na elementarni ali črni ogljik (ang. *elemental carbon* – EC, *black carbon* – BC) in organski ogljik (ang. *organic carbon* – OC), njun seštevek (BC + OC) pa je celokupni ogljik (ang. *total carbon* – TC) [8]. Črni ogljik je po kemični strukturi podoben grafitu, je inerten in vedno nastane kot posledica nepopolnega izgorovanja fosilnih goriv ali biomase. Po drugi strani pa organski ogljik sestavlja mešanica kompleksnih kemičnih spojin, v katerih se ogljik veže z drugimi elementi, glede na nastanek pa ga ločimo na primarni OC kot posledico neposredne emisije ter na sekundarni OC, ki nastane s kemičnimi reakcijami na podlagi naravnih ali antropogenih emitiranih plinskih prekurzorjev.

Črni ogljik zaradi svoje majhnosti (večinoma delci  $PM_1$ ) in velike specifične površine močno vpliva na zdravje ljudi in je boljši indikator učinka na javno zdravje kot  $PM_{10}$  in  $PM_{2,5}$  [9]. Epidemiološke študije dajejo zadostne dokaze o povezavi kardiovaskularnih in respiratornih obolenj in umrljivosti z izpostavljenostjo črnemu ogljiku. Poleg tega toksikološke študije kažejo, da je črni ogljik univerzalni prenašalec najrazličnejših kemikalij z različnim toksičnim učinkom na pljuča, obrambne celice in sistemski krvni obtok [5].

Črni ogljik močno in enakomerno absorbira svetlobo v celotnem vidnem delu spektra, v bližnjem ultravijoličnem območju pa tudi v bližnjem infrardečem območju, zato pomembno vpliva na globalno segrevanje ozračja. Njegov prispevek k sevalni bilanci Zemlje je na globalni ravni ocenjen na  $+1,1 \text{ Wm}^{-2}$  in je takoj za  $CO_2$  prepoznan kot drugi najpomembnejši človeški vir, ki povzroča globalno segrevanje [1]. Črni ogljik ima v zraku sorazmerno kratko življenjsko dobo (od nekaj dni do nekaj tednov), zato se rezultati ukrepov za zmanjšanje izpustov črnega ogljika poznajo hitreje kot pri toplogrednih plinih z življenjsko dobo nekaj let oz. desetletij.

## Učenje, ki temelji na raziskovanju

Pri poučevanju naravoslovnih predmetov je učenje z raziskovanjem običajno povezano z učno metodo eksperimentalnega dela [10]. Namen poučevanja s pristopi, s katerimi spodbujamo razvoj raziskovalnih veščin, ni zgolj razvoj prihodnjih znanstvenikov/raziskovalcev, ampak ponotranjenje nekaterih miselnih veščin in navad, ki se v vsakodnevem življenju posameznika kažejo kot:

- nenehno spremljanje, raziskovanje lastnega delovanja, odzivanje in refleksija;
- preudarno zbiranje informacij in dokazov, ki so podlaga za sprejemanje odločitev;
- izražanje z argumenti podprtih mnenj;
- vrednotenje in proučevanje raznolikih možnosti in perspektiv;
- postavljanje kritičnih vprašanj;
- prizadevanje za izboljšave [10].

Pristopi, ki temeljijo na učenju z raziskovanjem, pogosto zajemajo projektno učenje (ang. *project-based learning*), problemsko učenje (ang. *problem-based learning*) in učenje z načrtovanjem (ang. *learning through design*) [11]. Skupno vsem pa je, da učencem prinašajo velike koristi, če so dobro načrtovani, vsebinsko skrbno premišljeni in povezujejo učitelje med seboj [11].

## Delavnice o zraku, onesnaženem s trdnimi delci, in projektno učenje

Delavnice o zraku, onesnaženem s trdnimi delci, so bile zasnovane kot uvod v projektno učenje. Glavni namen pri načrtovanju delavnic je bil vzpostaviti spodbudno učno okolje, kjer

Slabo kakovost zunanega zraka, povezano z visokimi koncentracijami trdnih delcev v zraku, je Svetovna zdravstvena organizacija poleg visokega krvnega tlaka, kajenja, sladkorne bolezni in čezmerne teže prepoznala kot enega od petih največjih tveganj za zdravje ljudi.

Ustvarjanje čistega okolja brez onesnaženega zraka je tudi ena izmed glavnih smernic novega evropskega zelenega dogovora.

bi se lahko učenci aktivno vključili v učni proces, krepili zavedanje o pomembnosti sodelovalnega učenja, prepletili formalna in neformalna znanja, prepoznali pomen lastne motivacije za delo ter razvijali svojo zavzetost za učenje ob raziskovanju problemov iz resničnega sveta.

Osrednji cilj delavnic in projektnega dela ni bil povezan zgolj z doseganjem nekaterih operativnih ciljev učnega načrta (naravoslovje in tehnika), ampak je bil omogočiti »učencem boljši transfer učenja v nove situacije in probleme ter bolj izvedensko uporabo znanja« [11].

Pri projektnem delu so sodelovale tri osnovne šole: OŠ Brinje Grosuplje, OŠ Škofljica in OŠ Prule. Delo je potekalo po pouku in je bilo namenjeno otrokom 5. razreda osnovne šole. Udeležba na delavnicah je bila prostovoljna. Sodelovalo je približno 80 otrok. Delavnic se je udeležilo tudi nekaj otrok 4. in 6. razreda osnovne šole.

Projektno učenje je bilo razdeljeno na tri ključne dele:

1. predavanje strokovnjaka s področja onesnaženja zraka in delavnice v manjših skupinah,
2. načrtovanje in izvedba 14-dnevne merilne kampanje,
3. predstavitev in analiza rezultatov ter preverjanje znanja s pomočjo aplikacije.

Uvodno srečanje, ki je obsegalo predavanje in delavnice v manjših skupinah, je bilo zasnovano tako, da so učenci z načrtovanimi aktivnostmi sooblikovali potek predavanja in ga vsebinsko dopolnjevali. Predavanje raziskovalca in strokovnjaka s področja onesnaženosti zraka je obsegalo tri sklope; (1) Uvod v raziskovalno delo in opis dela raziskovalca, (2) Onesnaženost ozračja, vpliv na zdravje ljudi in klimatske spremembe ter (3) Onesnaženost ozračja s črnim ogljikom in načrtovanje merilne kampanje. Podrobnosti o merilni kampanji, uporabljenih pripomočkih in analizi podatkov so predstavljene v poglavju »Merilna kampanja«.

Aktivnosti na delavnicah so spodbujale razvoj različnih vrst znanj. Namen dela v manjših skupinah je bil, da bi skupni cilji spodbudili individualno odgovornost posameznika in pripomogli k sodelovalnemu učenju [12]. Vloga predavatelja (zunanega strokovnjaka) in učitelja na delavnicah se je tako spreminjala – od usmerjevalca skupinskih dejanj, opazovalca skupinskega dela, sporočevalca povratnih informacij do posredovalca (nove) snovi [11], [12].

### Cilji in vsebina predavanja in delavnic o onesnaženem zraku

Pri pripravi vsebin in dejavnosti delavnic so bili v ospredju operativni cilji učnega načrta pri predmetu Naravoslovje in tehnika (področje/tema: Snovi; snovi v naravi, zrak) (Tabela 1). Dejavnosti raziskovalnega dela pa so zajemale tudi nekatere naravoslovne in tehnične postopke ter spretnosti, ki jih v standardih znanj opredeljuje učni načrt [13].

Zagotovo pa je bil namen vzpostavitve tovrstnega učnega okolja tudi sledenje nekaterim bolj oddaljenim (globalnim) ciljem, ki v danem času izvajanja niso bili dosegljivi in si je za njihovo uresničitev treba prizadevati daljši čas [14]. Če se navežemo na splošne cilje učnega načrta, bi izpostavili naslednjega: »Oblikujejo pozitiven odnos do narave in tehnike ter kritičen odnos do posegov v naravo« ([13], str. 6).

**Vloga predavatelja (zunanega strokovnjaka) in učitelja na delavnicah se je tako spreminjala – od usmerjevalca skupinskih dejanj, opazovalca skupinskega dela, sporočevalca povratnih informacij do posredovalca (nove) snovi.**

**Tabela 1:** Operativni cilj učnega načrta in nameni učenja

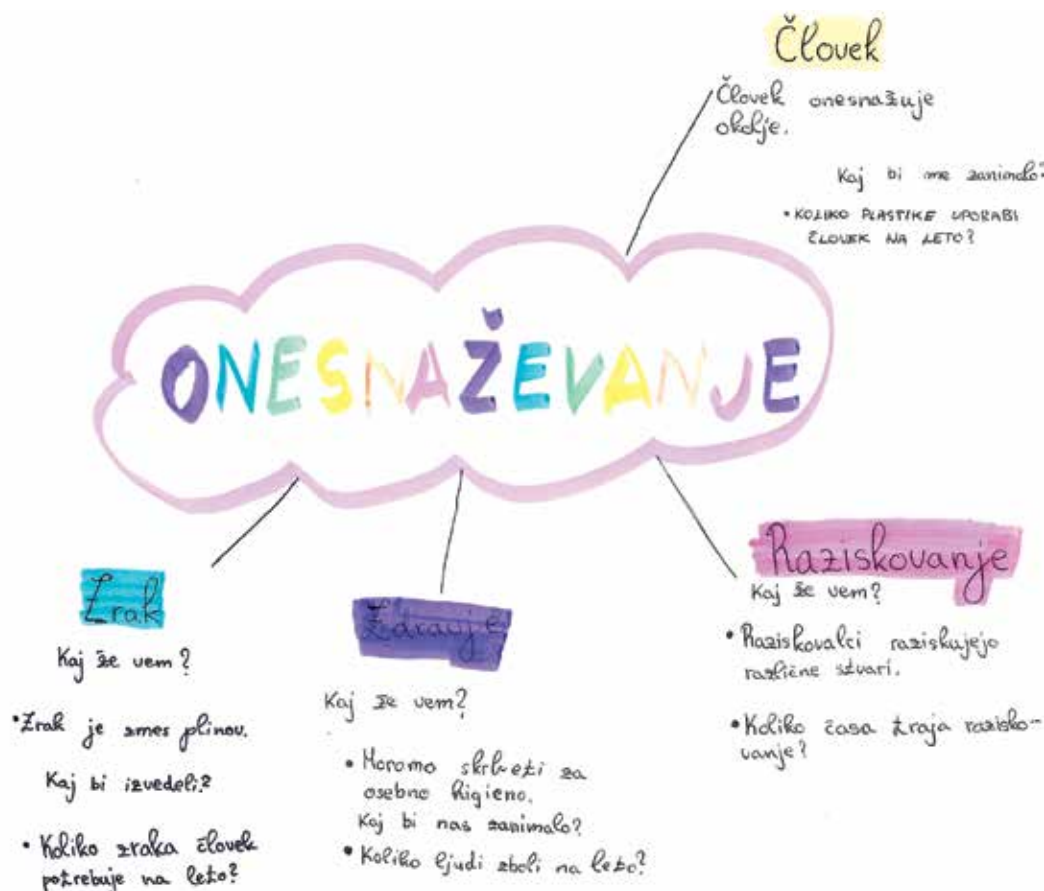
Operativni cilji učnega načrta	Nameni učenja v povezavi s projektnim učenjem
<p>Področje/tema Snovi; snovi v naravi, zrak</p> <p>Učenci znajo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– pojasniti, da Zemljo obdaja plast zraka (ozračje oz. atmosfera),</li> <li>– ugotoviti, da je zrak zmes različnih plinov, in jih poimenovati (kisik, dušik, ogljikov dioksid),</li> <li>– prepoznati in opisati glavne povzročitelje onesnaženosti zraka in lokalna onesnaževala zraka,</li> <li>– ugotoviti onesnaženje zraka s trdnimi delci,</li> <li>– predlagati mogoče rešitve za čistejši zrak (zračni filtri),</li> <li>– vrednotiti ravnanje oziroma odnos ljudi do onesnaževanja zraka in ob tem razložiti, kaj je odgovoren odnos do okolja.</li> </ul>	<p>Učim se:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– razložiti, kaj je ozračje oz. atmosfera,</li> <li>– poimenovati pline, ki sestavljajo zrak,</li> <li>– naštetih onesnaževala zraka,</li> <li>– prepoznati onesnaževala zraka v lokalnem okolju,</li> <li>– dokazati, da je zrak onesnažen s trdnimi delci,</li> <li>– oblikovati predloge za zmanjšanje onesnaženosti ozračja,</li> <li>– presoati ravnanja ljudi v povezavi z onesnaževanjem zraka,</li> <li>– sklepati o pomenu odgovornega odnosa do okolja.</li> </ul>



Na delavnicah so se učenci razdelili v štiri skupine. Vsaka skupina je s pomočjo učnega lista izvedla različne naloge v povezavi s ključnimi pojmi predavanja. Med predavanjem so se učenci v skupinah vključevali in predstavljali znanja, ki so jih usvojili v aktivnem delu delavnic. Metode dela v manjših skupinah so spodbujale sodelovalno učenje in krepile razvoj tako vsebinskih kot tudi procesnih znanj.

## Učni listi z načrtovanimi aktivnostmi za učence

1. SKUPINA: ZNANJE	<p><i>Procesni cilj:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Iščejo in uporabljajo različne informacije ter jih (kritično) presojujejo</li> </ul>
<p><b>Potrebščine:</b> Knjige, računalnik/telefon, listi, pisala</p>	
<p><b>Naloga:</b> Preberi ključne besede: ZRAK, ZDRAVJE, ČLOVEK, TRDNI DELCI, RAZISKOVANJE</p> <p>O ključnih besedah razmišljaj v povezavi z ONESNAŽEVANJEM (Slika 1).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Kaj o njih že veš?</li> <li>– Kaj zanimivega bi lahko o njih izvedel?</li> <li>– Kje bi lahko poiskal podatke?</li> <li>– Kako bi jih lahko predstavil drugim?</li> <li>– Kaj novega si izvedel?</li> <li>– Svoje odgovore zapiši.</li> </ul> <p><b>Izziv 1:</b> Oglejte si fotografije, ki prikazujejo glavne vire onesnaževal zraka. Vsako dogajanje na fotografiji prikažite s pomočjo skupinske pantomime.</p>	



Slika 1: Osnutek zapisa učencev na podlagi izhodiščnega pojma in ključnih besed.

<b>2. SKUPINA: TEHNOLOGIJA</b>	<i>Procesni cilji:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Varno uporabljajo orodja in pripomočke</li> </ul>
<b>Potrebščine:</b> Črpalka, filtri s kremenovimi vlakni, fotoaparati, listi, pisala	
<b>Naloga:</b> Sestavite sistem za vzorčenje črnega ogljika. Pravilno vstavite filtre. Preizkusite, ali črpalka ustrezno tesni ali ne. Narišite shemo delovanja črpalke in ponazorite pretok zraka skozi črpalko. Postopek lahko tudi fotografirate. S pomočjo predavatelja izmerite zračni pretok črpalke v sistemu in ga zapišite (Slika 2).	
<b>Izziv 1:</b> Čim hitreje pravilno sestavite črpalko in vstavite filter. Primerjajte delovanje črpalke z dihanjem. <b>Izziv 2:</b> Čim hitreje odpravite napako in pravilno sestavite črpalko. Pred izzivom se obrnite na učitelja.	



Slika 2: Sestavljanje sistema za vzorčenje črnega ogljika.

<b>3. SKUPINA: TRDNI DELCI</b>	<i>Procesni cilji:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Natančno in sistematično opazujejo in zaznavajo s čim več čutili</li> <li>– Razvijajo veščine eksperimentalnega dela</li> <li>– Varno uporabljajo pripomočke za izvedbo poskusov</li> <li>– Skrbijo za urejen delovni prostor</li> </ul>
<b>Potrebščine:</b> Pripomočki za poskus, kriteriji za raziskovanje	
<b>Naloga:</b> Preberite si načrt raziskovanja ( <i>Kako raziskujem?</i> ). Pogovorite se, kaj pomenijo posamezni elementi. Rešite učni list in s pomočjo podpornih vprašanj opredelite potek učenja z raziskovanjem. S pomočjo učitelja izvedite poskus gorenja različnih snovi (Poskus: Saje pri gorenju sveče, stropora in alkohola (Slika 3)).	
<b>Izziv:</b> Pripravite demonstracijo poskusa za preostale udeležence. Vključite korake odprte raziskave.	
<b>Opis poskusov:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Prižgali smo plinski gorilnik na butan in pri spreminjanju dotoka kisika (z ustrezno nastavitvijo šobe) opazovali plamen. Ugotovili smo, da manjši dotok kisika povzroči večjo sajavost plamena.</li> <li>– Kurili smo vzorce alkohola, parafina (sveča) in stropora: zaradi različne sestave goriva je bila količina saj v plamenu drugačna. Prikazali smo možnost kvalitativne meritve sajavosti plamena: nad plamenom smo držali belo porcelanasto izparilnico. Pri meritvi je pomembno, da je razdalja nad plamenom pri vseh vzorcih enaka in prav tako čas meritve. Preostane še ocena: vizualna (obseg črnega madeža).</li> <li>– Prikazali smo način gašenja z odvzemom dostopa kisika (goreči vzorec smo pokrili s pokrovom, preden je gorivo pošlo) in opozorili, da vseh požarov ne moremo gasiti z vodo.</li> </ul>	



**Slika 3:** Izvajanje eksperimentalnega dela na delavnicah.

<b>4. SKUPINA: RAZISKOVANJE</b>	<i>Procesni cilj:</i> – Načrtujejo in sodelujejo pri izvedbi raziskave
<b>Potrebščine:</b> Raziskovalni dnevnik, listi, pisala	
<p><b>Naloga:</b> Preberite si načrt raziskovanja (<i>Kako raziskujem?</i>). Pogovorite se, kaj pomenijo posamezni elementi. Preglejte primer raziskovalnega dnevnika (Slika 4). Na kaj vse moramo biti pri vpisovanju podatkov pozorni? Opredelite namen naše raziskave in napovejte rezultate, ki jih pričakujete.</p> <p><b>Izziv:</b> Sestavite kratko anketo, ki jo boste med raziskovanjem izvedli.  Naslov ankete: Odnos ljudi do onesnaževanja zraka</p>	



**Slika 4:** Raziskovalni dnevnik.

Med spremljanjem onesnaženosti zraka v okolici šol so učenci v manjših skupinah samostojno skrbeli za nemoten potek raziskave in izvajali ter spremljali meritve s preprostim merilnim sistemom, opisanim v poglavju »Merilna kampanja«.

V sklepni fazi projektnega učenja, ki je predstavljena v poglavju »Sklepni del projektnega učenja«, je sledila predstavitev rezultatov raziskave pri pouku naravoslovja in tehnike. To je potekalo tako, da so učenci z uporabo aplikacije Nearpod spoznali rezultate raziskave in jih uporabili pri reševanju novih nalog ter preverili svoje znanje v povezavi s cilji učnega načrta.

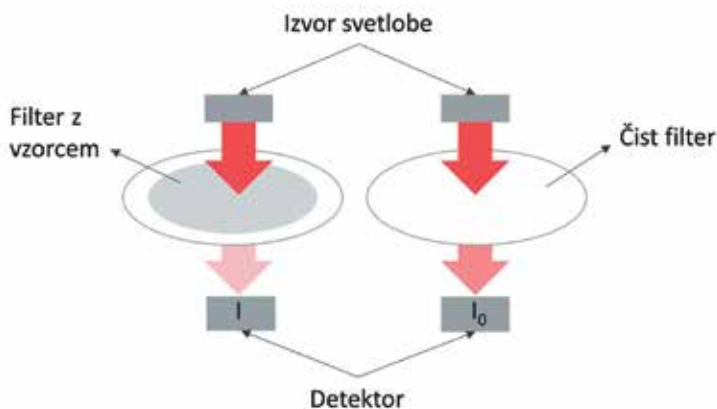
## Merilna kampanja – koncentracije črnega ogljika v okolici osnovnih šol

### Metoda

Optična metoda za merjenje koncentracije črnega ogljika temelji na merjenju zmanjšanja (atenuacije, ATN) intenzitete svetlobe, ki prehaja skozi filter, na katerem je nabran vzorec:

$$ATN = -100 \cdot \ln\left(\frac{I}{I_0}\right), \quad (1)$$

kjer je z  $I_0$  označena intenziteta svetlobe, ki prehaja skozi čist ali referenčni filter, z  $I$  pa intenziteta svetlobe, ki prehaja skozi filter z nabranim vzorcem (Slika 5).



Slika 5: Optična metoda za merjenje koncentracije črnega ogljika temelji na merjenju zmanjšanja intenzitete svetlobe (atenuacije, ATN).

Čeprav Beer-Lambertov zakon predvideva linearno odvisnost med atenuacijo svetlobe in koncentracijo črnega ogljika na filtru, se to ne zgodi. Več študij je pokazalo, da lahko vrsta filterske matrike, količina in tudi vir aerosolov na vzorcu povzročijo, da odvisnost ni linearna [15]–[17]. Površinsko koncentracijo črnega ogljika  $B$  tako izrazimo kot (povzeto po [15]):

$$B = \frac{1}{\sigma} ATN \cdot (1 + k \cdot ATN), \quad (2)$$

kjer je  $\sigma$  specifični masni presek atenuacije ( $\text{m}^2\text{g}^{-1}$ ) in parameter  $k$  opisuje učinek senčenja zaradi nalaganja delcev. Učinek senčenja bomo za potrebe študije, opisane v tem članku, zanemarili ( $k = 0$ ) in predpostavili linearno odvisnost, saj nam taka natančnost zadostuje [18]. Enačbo 2 tako zapišemo v obliki za masno koncentracijo črnega ogljika BC ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ):

$$BC = \frac{S_f}{\sigma V_z} ATN = \frac{b_{ATN}}{\sigma}, \quad (3)$$

kjer je izpostavljena površina filtra označena s  $S_f$ ,  $V_z$  je volumen zraka, prečrpanega skozi aktivno površino filtra,  $b_{ATN}$  pa atenuacijski koeficient. Absorpcijski koeficient analiziranih aerosolov v zraku izrazimo z  $b_{ATN}$ :

$$b_{ABS} = \frac{b_{ATN}}{C}, \quad (4)$$

z  $\sigma = C \cdot \text{MAC}$ , kjer je MAC specifični masni presek absorpcije ( $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$ ) in  $C$  konstantni parameter, s katerim kompenziramo sipanje svetlobe v filterski matriki. Koncentracijo črnega ogljika izračunamo iz absorpcije svetlobe pri valovni dolžini 880 nm, vendar lahko z meritvijo pri več valovnih dolžinah dobimo dodatne lastnosti vzorčenih aerosolov. Enačbi 3 in 4 posplošimo v  $BC(\lambda) = b_{ATN}(\lambda)\sigma^{-1}(\lambda)$  in  $b_{ABS}(\lambda) = b_{ATN}(\lambda)C^{-1}$ . Ångströmov eksponent ( $\alpha$ ) opisuje, kako se absorpcijski koeficient delcev spreminja z valovno dolžino svetlobe. Za popolnoma črne sferične delce Mieva izračun kaže, da je absorpcijski koeficient obratno sorazmeren z valovno dolžino. Enačbo lahko posplošimo v:

$$b_{ABS} \propto \frac{1}{\lambda^\alpha}. \quad (5)$$



Ångströmov eksponent  $\alpha$  za popolnoma črne delce je tako 1. Za delce, ki močneje absorbirajo pri nizkih valovnih dolžinah, pa pričakujemo, da imajo višji Ångströmov eksponent. Izpust iz dizelskih motorjev vsebuje velik delež črnega ogljika in ima, dokler je svež, Ångströmov eksponent blizu  $\alpha_{\text{promet}} = 1$  [19]. Dim, ki nastaja pri izogrevanju lesa, vsebuje organske snovi, ki močno absorbirajo v modrem in ultravijoličnem (UV) delu svetlobnega spektra, v infrardečem (IR) delu spektra pa ne. Visoko absorpcijo teh delcev pri nizkih valovnih dolžinah pri preučevanju odvisnosti absorpcijskega koeficienta od valovne dolžine opazimo kot zvišan Ångströmov eksponent. Za dim, ki nastane pri sežiganju biomase, pričakujemo višji Ångströmov eksponent,  $\alpha_{\text{les}} \approx 2$  [20]–[22]. Ångströmov eksponent je tako parameter, na podlagi katerega lahko razlikujemo med lesnim dimom in izpuhi dizelskih motorjev. Če uporabimo meritve pri valovnih dolžinah 880 in 370 nm, lahko koncentraciji črnega ogljika  $BC_{\text{les}}$  in  $BC_{\text{promet}}$  ki prihajata od kurjenja lesa in izpustov iz prometa, izračunamo kot (povzeto po [20], [21]):

$$BC_{\text{les}} = r \cdot BC(880 \text{ nm}), \quad (6)$$

$$BC_{\text{promet}} = (1 - r) \cdot BC(880 \text{ nm}), \quad (7)$$

kjer parameter  $r$  označuje delež črnega ogljika od kurjenja lesa.

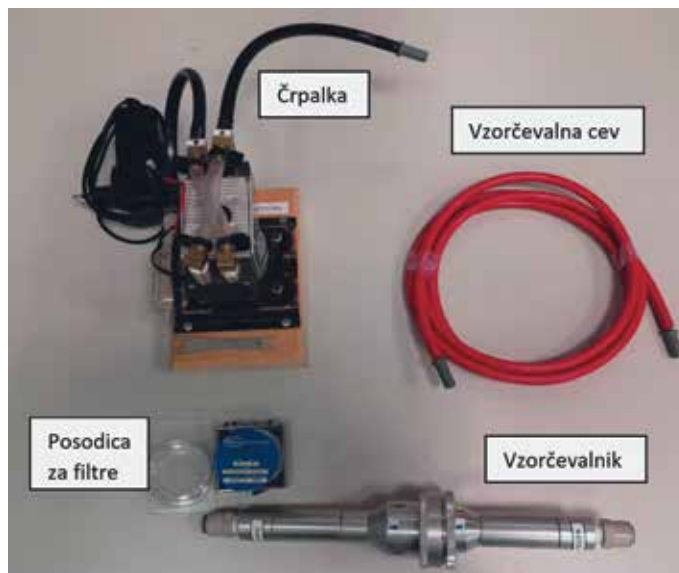
$$r = \frac{1}{1 - \frac{1 - \left( \frac{BC(880 \text{ nm}) \cdot MAC(880 \text{ nm})}{BC(370 \text{ nm}) \cdot MAC(370 \text{ nm})} \right) \left( \frac{880 \text{ nm}}{370 \text{ nm}} \right)^{\alpha_{\text{les}}}}{1 - \left( \frac{BC(880 \text{ nm}) \cdot MAC(880 \text{ nm})}{BC(370 \text{ nm}) \cdot MAC(370 \text{ nm})} \right) \left( \frac{880 \text{ nm}}{370 \text{ nm}} \right)^{\alpha_{\text{promet}}}} \quad (8)$$

### Merilna kampanja

Za meritve koncentracij črnega ogljika v bližini osnovnih šol smo uporabili poenostavljen vzorčevalni sistem, sestavljen iz komore (vzorčevalnika) za filter iz kremenovih vlaken in črpalke, ki sesa zrak skozi filter s pretokom okrog pet litrov na minuto (Slika 6). Vzorčevalnik je sestavljen iz dveh delov ohišja, med katera postavimo filtrski papir iz kremenovih vlaken. Področje na robu filtrskega papirja je ustrezno tesnjeno z gumijastimi in kovinskimi tesnili (Slika 7). Poenostavljen vzorčevalni sistem je bil za ta namen razvit v podjetju Aerosol, d. o. o. Vzorčevalni sistem so učenci vsak dan približno ob isti uri izklopili in zamenjali filter, na katerem se je nabral vzorec aerosolov, z novim svežim filtrom. Tako je bila časovna resolucija meritev približno 24 ur, za filtre, vzorčene konec tedna, pa 48 ur. Take vzorce smo analizirali z instrumentom Sootscan Model OT21 podjetja Aerosol, ki izmeri atenuaciji svetlobe na filtru z vzorcem aerosolov pri valovnih dolžinah 880 in 370 nm ter ju primerja z atenuacijo svetlobe na čistem filtru. V bližini OŠ Prule je istočasno v okviru projekta »Smart City – energijska platforma« potekala merilna kampanja s profesionalnim merilcem črnega ogljika, etalometrom (model AE33, [16]), prav tako razvitim in izdelanim v podjetju Aerosol. Etalometer je najpogostejše uporabljeni instrument za merjenje aerosolov črnega ogljika v zraku v realnem času. Zrak vzorči s pretokom pet litrov na minuto skozi filtrski trak. Nad filtrom je izvor svetlobe z več diskretnimi valovnimi dolžinami (370 nm, 470 nm, 520 nm, 590 nm, 660 nm, 880 nm in 950 nm), pod njim pa so detektorji, ki merijo prepustnost traku za svetlobo. S patentirano tehnologijo »DualSpot«

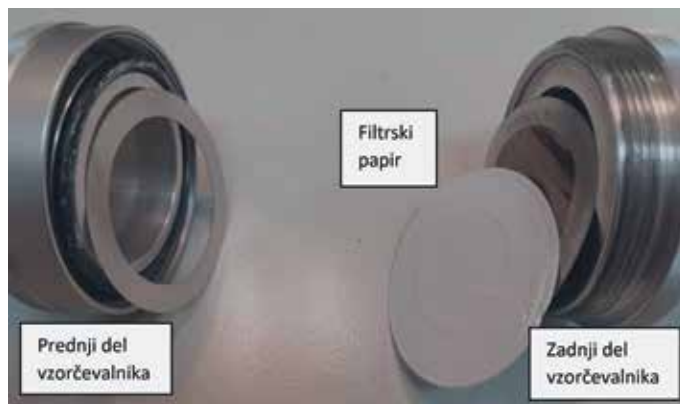
Vzorčevalni sistem so učenci vsak dan približno ob isti uri izklopili in zamenjali filter, na katerem se je nabral vzorec aerosolov, z novim svežim filtrom.

**Slika 6:** Preprosta oprema za vzorčenje aerosolov na filtrski papir, ki jo sestavlja vzorčevalna cev, s katero na enem koncu vzorčimo zunanji zrak, drugi konec pa priključimo na vzorčevalnik. V vzorčevalnik vstavimo bel filtrski papir (kremenova vlakna) s premerom 47 mm. Drugi konec vzorčevalnika priklopimo na črpalko tako, da se zunanji zrak črpa čez filtrski papir v vzorčevalniku. Ob menjavi stari filter vstavimo v posodico za filtre ter zapišemo datum in uro menjave.



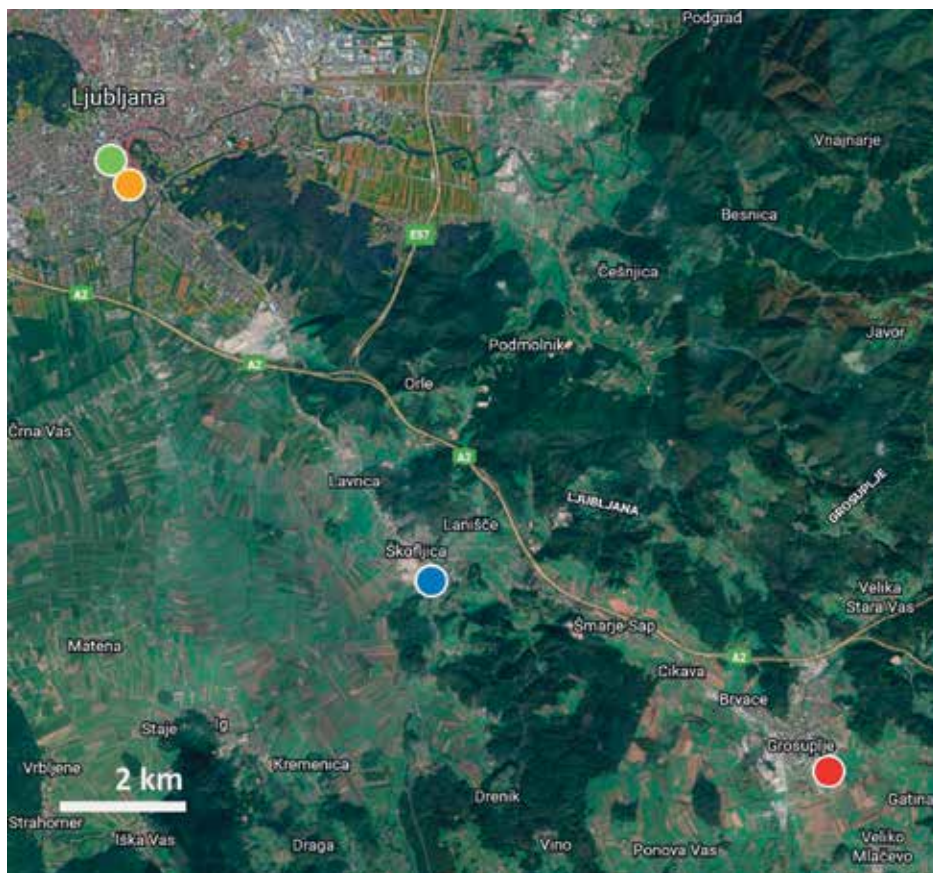
sproti obdeluje podatke in kompenzira učinek senčenja, opisan v enačbi 2. Časovna resolucija tako izmerjenega črnega ogljika je sekunda ali minuta [16], [23].

**Slika 7:** Vzorčevalnik je sestavljen iz dveh delov ohišja, med katera postavimo filtrski papir iz kremenovih vlaken. Področje na robu filtrskega papirja je ustrezno tesnjeno z gumi-jastimi in kovinskimi tesnili.



## Lokacije

Meritve so učenci izvajali na treh lokacijah: OŠ Brinje Grosuplje (Grosuplje; regionalno ozadje), OŠ Škofljica (Škofljica; regionalno ozadje z mogočim vplivom 100 m oddaljene regionalne ceste Kočevje–Ljubljana) in OŠ Prule (Ljubljana; mestno ozadje). Hkrati je v okviru projekta »SMART CITY – energetska platforma« potekala tudi meritev z etalometrom AE33 v bližini OŠ Prule, ki je prav tako meril na lokaciji mestnega ozadja (Slika 8). Meritve na OŠ Brinje Grosuplje so potekale med 29. 1. 2020 in 14. 2. 2020, na OŠ Škofljica med 3. 2. 2020 in 14. 2. 2020 in na OŠ Prule med 5. 2. 2020 in 18. 2. 2020.



**Slika 8:** Meritve so se izvajale na treh lokacijah: OŠ Brinje Grosuplje (Grosuplje; 45° 57' 43" N, 14° 39' 28" E, 333 m n. v.; regionalno ozadje, rdeča pika), OŠ Škofljica (Škofljica; 45° 58' 47" N, 14° 34' 37" E, 292 m n. v.; regionalno ozadje z mogočim vplivom 100 m oddaljene regionalne ceste Kočevje–Ljubljana; modra pika) in OŠ Prule (Ljubljana; 46° 02' 31" N, 14° 30' 34" E, 293 m n. v.; mestno ozadje, rumena pika). Hkrati je v okviru projekta »SMART CITY – energetska platforma« potekala tudi meritev z etalometrom AE33 v bližini OŠ Prule (Ljubljana; 46° 02' 39" N, 14° 30' 14" E, 293 m n. v.; mestno ozadje, zelena pika). Vir slike: <http://www.earth.google.com> [3. junij 2020].

## Rezultati

Rezultati so predstavljeni v Tabeli 2 in na Sliki 10. Pri izračunu koncentracije črnega ogljika smo zanemarili učinek senčenja (enačba 2), črni ogljik in absorpcijo pri 880 nm in 370 nm smo izračunali z enačbama 3 in 4. Izpostavljeno površino filtra  $S_f$  smo izračunali iz izmerjenega premera  $2d = 35,5 \text{ mm}$ , prečrpan volumen zraka je izračunan iz zapisanih časov menjave filtra in pretoka črpalk  $p_p = 5,6 \text{ l min}^{-1}$ . Specifična masna preseka atenuacije pri 880 nm in 370 nm povzamemo po [24], in sicer  $\sigma(880 \text{ nm}) = 16,6 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$  in  $\sigma(370 \text{ nm}) = 39,5 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$ . Parameter, ki kompenzira sipanje svetlobe v filterski matriki, je neodvisen od valovne dolžine in je za filter s kremenovimi vlakni enak  $C = 2,14$ . Specifični masni presek absorpcije MAC smo izračunali z enačbo  $\sigma(\lambda) = C \cdot \text{MAC}(\lambda)$ . Za izračun deleža črnega ogljika od kurjenja lesa (enačba 8) smo uporabili par Ångströmovih eksponentov  $\alpha_{\text{promet}} = 1$  in  $\alpha_{\text{les}} = 2$ .

V izračunu koncentracije BC je uporabljeno precej predpostavk, prav tako so se za nekatere dneve zgodile napake pri vzorčenju aerosolov (Slika 9), ki pa jih zaradi premajhnega vzorca nismo izključili. Izračunane vrednosti BC ocenjujemo na 25-odstotno natančne, medtem ko je napaka zaradi učinka senčenja in izbire splošnih vrednosti Ångströmovih eksponentov  $\alpha_{\text{promet}} = 1$  in  $\alpha_{\text{les}} = 2$  pri izračunu deleža  $r$  (enačba 8) večja, okoli 40 %. Razpon deleža  $r$  smo zato razdelili v štiri območja:  $r_1 = 0 \text{ \%}$  (0–24 %),  $r_2 = 25 \text{ \%}$  (25–49 %),  $r_3 = 50 \text{ \%}$  (50–74 %) in  $r_4 = 75 \text{ \%}$  (75–100 %).

**Tabela 2:** Rezultati merjenja atenuacije na vzorčenih filterih. Pretok je bil izmerjen pri prvi nastavitvi vzorčevalnika, izpostavljen premer filtra je 35,5 mm. Koncentracije črnega ogljika smo izračunali po enačbah 3 in 4, delež črnega ogljika iz naslova kurjenja lesa pa po enačbi 8 ter ga razdelili v štiri območja:  $r_1 = 0 \text{ \%}$  (0–24 %),  $r_2 = 25 \text{ \%}$  (25–49 %),  $r_3 = 50 \text{ \%}$  (50–74 %) in  $r_4 = 75 \text{ \%}$  (75–100 %). Opombe so razložene na Sliki 9.

OŠ Brinje Grosuplje							
Datum in ura menjave	Opombe	Čas vzorčenja (min.)	Volumen zraka (pretok 5,6 LPM)	UV (ATN)	IR (ATN)	BC (ng/m <sup>3</sup> )	Delež kurjenja lesa $r$ (%)
/	kontrolni vzorec			-8	-9	0	/
29/01/2020 15:20		1440	8064	-7	-9	0	/
30/01/2020 13:00		1300	7280	101	15	1200	75
31/01/2020 13:30		1470	8232	125	22	1600	75
03/02/2020 13:00		4290	24024	114	27	700	50
04/02/2020 13:00		1440	8064	140	31	2300	50
05/02/2020 13:00		1440	8064	74	12	900	75
06/02/2020 13:00	lateralno puščanje	1440	8064	18	0	0	/
07/02/2020 14:00	lateralno puščanje	1500	8400	88	17	1200	75
10/02/2020 13:00		4260	23856	213	63	1600	25
11/02/2020 13:00		1440	8064	91	18	1300	75
12/02/2020 13:00		1440	8064	68	10	700	75
13/02/2020 13:00		1440	8064	97	17	1300	75
14/02/2020 12:00		1380	7728	34	5	400	75

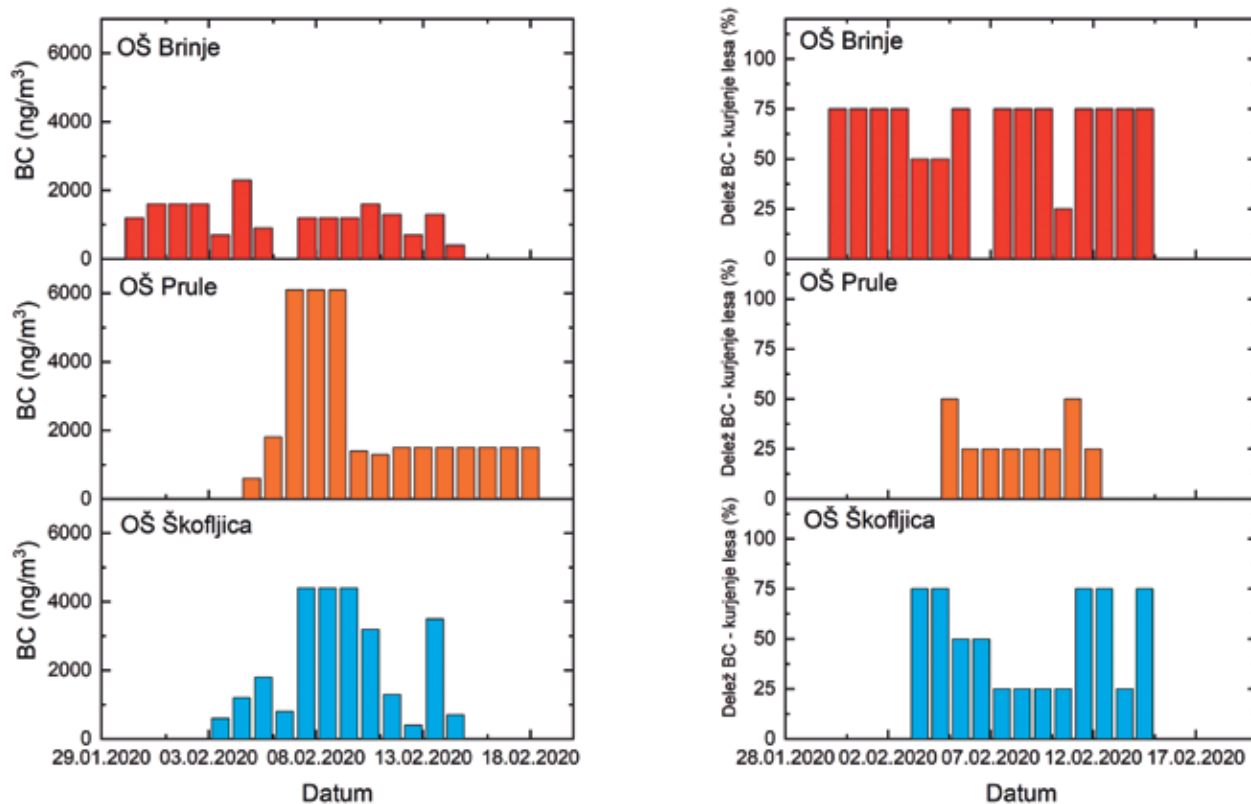
OŠ Prule							
Datum in ura menjave	Opombe	Čas vzorčenja (min.)	Volumen zraka (pretok 5,6 LPM)	UV (ATN)	IR (ATN)	BC (ng/m <sup>3</sup> )	Delež kurjenja lesa (%)
/	kontrolni vzorec			-1	-1		
05/02/2020 14:00		1440	8064	51	8	600	50
06/02/2020 14:00		1440	8064	82	24	1800	25
07/02/2020 14:30	lateralno puščanje	1470	8232	314	84	6100	25
10/02/2020 14:00	lateralno puščanje	4290	24024	214	57	1400	25
11/02/2020 14:00	lateralno puščanje	1440	8064	73	18	1300	50
12/02/2020 14:00	lateralno puščanje	1440	8064	78	20	1500	25
18/02/2020 14:00	lateralno puščanje	8640	48384	335	124	1500	0

OŠ Škofljica							
Datum in ura menjave	Opombe	Čas vzorčenja (min.)	Volumen zraka (pretok 5,6 LPM)	UV (ATN)	IR (ATN)	BC (ng/m <sup>3</sup> )	Delež kurjenja lesa (%)
/	kontrolni vzorec			-3	-4		
03/02/2020 13:00		1440	8064	128	8	600	75
04/02/2020 13:00	lateralno puščanje	1440	8064	87	16	1200	75
05/02/2020 13:00		1440	8064	115	24	1800	50
06/02/2020 13:00		1440	8064	51	11	800	50
07/02/2020 13:00		1440	8064	239	60	4400	50
10/02/2020 13:00	strgan filter	4320	24192	428	131	3200	25
11/02/2020 13:00		1440	8064	94	17	1300	75
12/02/2020 13:00		1440	8064	52	5	400	75
13/02/2020 13:00		1440	8064	189	47	3500	50
14/02/2020 12:00		1380	7728	59	9	700	75





**Slika 9:** Primeri različnih filtrov: (a) Filter je strgan zaradi predolgega časa vzorčenja. (b) Vzorčevalnik ni bil dovolj zatesnjen, zato je prišlo do puščanja v lateralni smeri. (c) Primeren filter.



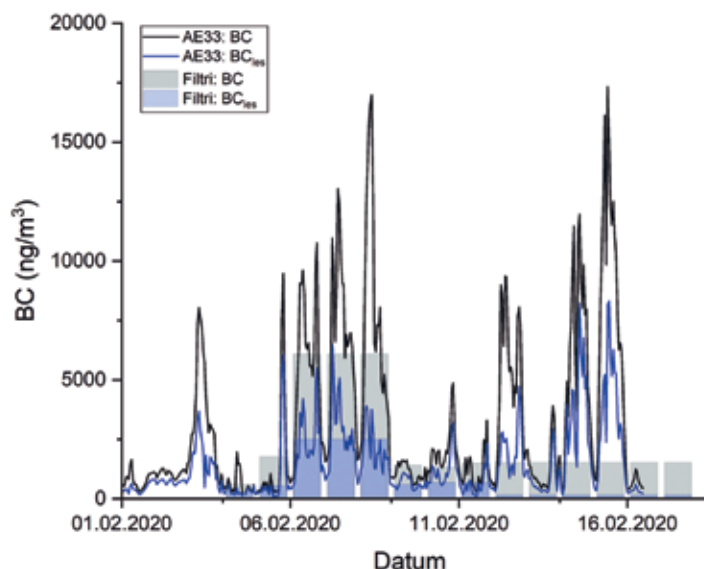
filtru pri dveh valovnih dolžinah je bilo ugotovljeno, da delež črnega ogljika, ki prihaja iz kurjenja lesa, pri OŠ Brinje Grosuplje znaša več kot 75 % pri OŠ Škofljica med 50 in 75 %, medtem ko pri OŠ Prule med 25 in 50 %. Prispevek kurjenja biomase je pozimi prevladujoč vir črnega ogljika v vaseh in mestih, kjer se za ogrevanje uporabljajo individualna kurišča lesa, kar pokažejo meritve deleža  $\tau$ . V primerjavi s črnim ogljikom od prometa je lesni dim tudi bolj homogeno porazdeljen.

Koncentracije BC so poleg od intenzivnosti virov zelo odvisne od vpliva meteorologije. V jasnih dneh, ko se čez dan debelina planetarne mejne plasti ozračja poveča, lahko pričakujemo zmanjšanje koncentracij BC zaradi učinka redčenja. Zaradi istega razloga se koncentracije v vetrovnih dneh zmanjšajo. Med temperaturnimi inverzijami, značilnimi za kotline, ki niso dobro prevetene (npr. Ljubljanska kotlina), pa se planetarna mejna plast stabilizira, mešanje zračnih mas se zmanjša, posledično se koncentracije črnega ogljika ob aktivnosti virov povišajo [25]. Februar 2020 je bil v Sloveniji izredno topel, povprečna mesečna temperatura v državnem merilu je bila druga najvišja. K visoki povprečni temperaturi so prispevali atlantska zračna masa, razmeroma vetrovno vreme in pomanjkanje snežne odeje po nižinah [26]. Povprečne dnevne ravni delcev  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  in BC so bile februarja 2020 zaradi ugodnih vremenskih razmer bistveno nižje od povprečnih za ta čas. Zaradi nadpovprečno visokih temperatur v februarju izraziti temperaturni obrati niso bili pogosti, če pa je do njih že prišlo, se je ob sončnem vremenu ozračje čez dan premešalo in razredčilo. Šibki inverziji, ki je delno stabilizirala mejno plast zračne mase v Ljubljanski kotlini (merilni mesti Prule in Škofljica) med 7. in 10. februarjem 2020, pa je pripisati občuten dvig koncentracij BC (Slika 10 (a)). Temperaturna inverzija v omenjenem času se ujema z opažanji vremena, ki so jih učenci vpisovali v laboratorijski dnevnik.

Z etalometrom AE33 z enominutno časovno resolucijo lahko izmerimo tudi dnevna nihanja koncentracij črnega ogljika. Jutranji in popoldanski dvig koncentracij pripišemo povečanim aktivnostim virov (jutranja in popoldanska prometna konica, popoldansko in večerno kurjenje lesa za ogrevanje) pa tudi meteorološkim razmeram. V jasnih dneh se podnevi debelina mejne plasti ozračja poveča, kar povzroči učinkovitejše mešanje zraka ter posledično zmanjšanje koncentracij. Ponoči se mejna plast stabilizira, kar skupaj z zmanjšano aktivnostjo prometa zniža koncentracije BC od prometa, medtem ko se vir črnega ogljika od kurjenja lesa poveča, stabilne razmere pa še okrepijo vpliv na njegovo koncentracijo [25].

Primerjava meritev v okolici OŠ Prule z meritvami koncentracij BC z etalometrom v okviru projekta Smart-City v Trnovem pokaže, da ob pravilnem vzorčenju in vsakodnevem menjavanju filtrov preprosta metoda zbiranja vzorca ter analiziranja transmisije, uporabljena pri tem šolskem projektu, poda smiselne rezultate, ki se skladajo z meteorološkimi razmerami (Slika 11). V drugem delu merilne kampanje učenci filtra niso zamenjali dovolj pogosto, dvigi koncentracij tako zaradi dolgega povprečenja ne morejo biti vidni.

**Primerjava meritev v okolici OŠ Prule z meritvami koncentracij BC z etalometrom v okviru projekta Smart-City v Trnovem pokaže, da ob pravilnem vzorčenju in vsakodnevem menjavanju filtrov preprosta metoda zbiranja vzorca ter analiziranja transmisije, uporabljena pri tem šolskem projektu, poda smiselne rezultate, ki se skladajo z meteorološkimi razmerami.**



**Slika 11:** Časovni potek koncentracije skupnega črnega ogljika in črnega ogljika, katerega vir je kurjenje lesa, izmerjene z etalometrom AE33 na lokaciji Trnovo, ter primerjava s poenostavljeno meritvijo z vzorčevalnikom v okviru kampanje OŠ Prule.

## Sklepni del projektnega učenja

Projektno učenje v povezavi z delavnicami o zraku, onesnaženem s trdnimi delci, se je sklenilo v obliki dogodka pri pouku naravoslovja in tehnike. Učenci, ki so sodelovali na delavnicah in pri izvedbi raziskave, so svoje znanje in ugotovitve prenesli v pouk. Po krajši predstavitvi poteka projektnega dela je sledilo individualno delo vseh učencev v razredu s spletno aplikacijo Nearpod. Naloge so se navezovale tako na znanja, ki so jih med šolskim letom pri pouku obravnavali vsi učenci, kot tudi na znanja, ki so bila neposredno povezana s projektnim učenjem. Učenci so ugotovitve raziskave uporabljali pri reševanju (novih) nalog v povezavi z operativni cilji učnega načrta (Področje/tema: Snovi; snovi v naravi, zrak) in jih tako povezovali s problemi iz resničnega sveta. Z reševanjem različnih nalog (prepoznavanje parov različnih virov onesnaževal zraka, kviz z naravoslovnimi pojmi, branje grafičnih prikazov, sklepanje na podlagi fotografij dobljenih vzorcev in grafičnega prikaza podatkov, zapisovanje manjkajočih delov besedila, zapisi lastnih predlogov za zmanjševanje onesnaženosti ozračja (Slika 12)) so preverjali svoje znanje in spoznali rezultate raziskave ter jih deloma tudi interpretirali.



Slika 12: Delo učencev v sklepni fazi projektnega učenja (sklepanje na podlagi obravnave rezultatov in oblikovanje lastnih predlogov).

## Zaključek

Vzpostavljamo spodbudnih učnih okolij, v katerih upoštevamo in spoštujemo individualne potrebe posameznega učenca, spodbujamo razvoj močnih področij ter kakovostnega znanja in kompetenc za uspešno življenje, je pomemben element današnje šole [27].

V prispevku smo predstavili, kako lahko sodelovanje z zunanjimi strokovnjaki s specifičnega področja ter vertikalno povezovanje učiteljev v osnovni šoli učencem nudita dodatno oporo pri usvajanju znanja iz učnega načrta ter jim hkrati dajeta priložnost, da neposredno spoznajo učenje, ki temelji na raziskovanju. Učenci so ob različnih didaktičnih dejavnostih uporabljali in razvijali različne veščine (komunikacija, sodelovanje, ustvarjalnost, globoko mišljenje), ki jih spodbujajo na raziskovanju temelječi pristopi [11].

Preprosto zastavljena kampanja za merjenje onesnaženja zraka s črnim ogljikom v okolici osnovnih šol se je izkazala za primerno tako z vidika zahtevnosti predstavljenih vsebin, smiselnosti izmerjenih rezultatov kot tudi z vidika motivacije učencev za reševanje problemov iz resničnega sveta.

Delavnice so vsebinsko zasnovane na način, ki omogoča poljubno prilagajanje zahtevnosti razvojni stopnji učencev, saj v osnovi izhajajo iz vsebin učnega načrta. Temu sledita tudi kom-

Preprosto zastavljena kampanja za merjenje onesnaženja zraka s črnim ogljikom v okolici osnovnih šol se je izkazala za primerno tako z vidika zahtevnosti predstavljenih vsebin, smiselnosti izmerjenih rezultatov kot tudi z vidika motivacije učencev za reševanje problemov iz resničnega sveta.

pleksnost merilne kampanje in zahtevnost analize dobljenih rezultatov, ki nadgrajujeta vsebino delavnic. Ta način omogoča tudi nadaljnje aktivnosti v povezavi s projektnim učenjem, ki jih je mogoče projicirati na različnih stopnjah izobraževanja. Na primer:

- samostojna izdelava vzorčevalnega sistema in enostavnega merilnika sivine;
- poglobljena analiza rezultatov in predlogi ukrepov za izboljšanje kakovosti zraka v okolici šol (sprememba prometne infrastrukture v okolici šol, spodbujanje trajnostne mobilnosti itd.);
- eksperimenti za določanje odvisnosti onesnaženosti zraka s trdnimi delci od učinkovitosti izgorevanja (vrsta goriva, pogoji gorenja).

V prihodnosti bi bilo zagotovo smiselno opisani primer vključiti v obvezni del pouka (npr. dan dejavnosti) tako na razredni kot tudi na predmetni stopnji. K projektnemu sodelovanju bi lahko povabili tudi druge vzgojno-izobraževalne ustanove (osnovne in srednje šole, fakultete) ter strokovnjake z različnih področij in tako spodbudili institucionalno ter interdisciplinarno povezovanje znotraj izobraževalnega sistema v Republiki Sloveniji. Merilne naprave in vsebinski del s spletno aplikacijo za preverjanje znanja so ob predhodnem dogovoru z avtorji prispevka na voljo za uporabo v prihodnjih projektih.

## Zahvala

Zahvala za pripravljenost na sodelovanje v projektu treh šol gre vodstvom OŠ Brinje Grosuplje (ga. Natalija Kotar), OŠ Škofljica (g. Roman Brunšek) in OŠ Prule (ga. Katja Kmetec), ki so se odzvali vabilu, ter učiteljema Lauri Belak in Andreju Kosednarju, ki sta poleg avtorjev sodelovala pri izvedbi delavnic in merilni kampanji.

## Viri

- [1] T. C. Bond idr., »Bounding the role of black carbon in the climate system: A scientific assessment,« *J. Geophys. Res.-Atmos.*, zvezek 118, št. 11, str. 5380–5552, jun. 2013, doi: 10.1002/jgrd.50171.
- [2] M. O. Andreae in A. Gelencser, »Black carbon or brown carbon? The nature of light-absorbing carbonaceous aerosols,« *Atmos. Chem. Phys.*, zvezek 6, str. 3131–3148, jul. 2006, doi: 10.5194/acp-6-3131-2006.
- [3] W.-K. Tao, J.-P. Chen, Z. Li, C. Wang in C. Zhang, »Impact of Aerosols on Convective Clouds and Precipitation,« *Rev. Geophys.*, zvezek 50, str. RG2001, apr. 2012, doi: 10.1029/2011RG000369.
- [4] K. R. Daellenbach idr., »Sources of particulate-matter air pollution and its oxidative potential in Europe,« *Nature*, zvezek 587, št. 7834, str. 414–+, nov. 2020, doi: 10.1038/s41586-020-2902-8.
- [5] N. A. Janssen idr., »Health Effects of Black Carbon,« *WHO*, str. 96, 2012.
- [6] J. Lelieveld idr., »Cardiovascular disease burden from ambient air pollution in Europe reassessed using novel hazard ratio functions,« *Eur. Heart J.*, zvezek 40, št. 20, str. 1590–1596, May 2019, doi: 10.1093/eurheartj/ehz135.
- [7] »The European Green Deal: Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions.« European Commission, 2019. [Splet]. Dostopno na: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN>
- [8] M. Rigler idr., »The new instrument using a TC–BC (total carbon–black carbon) method for the online measurement of carbonaceous aerosols,« *Atmospheric Measurement Techniques*, zvezek 13, št. 8, str. 4333–4351, avg. 2020, doi: 10.5194/amt-13-4333-2020.
- [9] N. A. H. Janssen idr., »Black Carbon as an Additional Indicator of the Adverse Health Effects of Airborne Particles Compared with PM<sub>10</sub> and PM<sub>2,5</sub>,« *Environmental Health Perspectives*, zvezek 119, št. 12, str. 1691–1699, 2011.
- [10] M. Skvarč, A. Bačnik, S. Kumer Slavič, S. Kregar, J. Žorž in N. Kušar, »Spodbujanje razvoja veščin znanstvenega raziskovanja s formativnim spremljanjem; 'Mednarodni projekt Assessment of Transversal Skills –ATS2020.'« Zavod RS za šolstvo, 2018. [Splet]. Dostopno na: <https://www.zrss.si/pdf/VescineZnanstvene-gaRaziskovanja.pdf>.

- [11] B. Barron and L. Darling-Hamond, »Obeti in izzivi za pristope k učenju, temelječe na raziskovanju.« Zavod RS za šolstvo, 2018. [Splet]. Dostopno na: <https://www.zrss.si/pdf/VescineZnanstvenegaRaziskovanja.pdf>.
- [12] B. Marentič - Požarnik, *Psihologija učenja in pouka: Od poučevanja k učenju*. Ljubljana: DZS, Založništvo in trgovina, d. d., 2018.
- [13] »Učni načrt. Program osnovna šola. Naravoslovje in tehnika.« Zavod RS za šolstvo, 2011. [Splet]. Dostopno na: [https://www.gov.si/assets/ministrstva/MIZS/Dokumenti/Osnovna-sola/Ucni-nacrti/obvezni/UN\\_naravoslovje\\_in\\_tehnika.pdf](https://www.gov.si/assets/ministrstva/MIZS/Dokumenti/Osnovna-sola/Ucni-nacrti/obvezni/UN_naravoslovje_in_tehnika.pdf).
- [14] L. W. Anderson, D. R. Krathwohl, str. W. Airasian, K. A. Cruikshank, R. E. Mayer, in str. E. Pintrich, *Tačsonomija za učenje, poučevanje in vrednotenje znanja: revidirana Bloomova tačsonomija izobraževalnih ciljev*. Ljubljana: Zavod RS za šolstvo, 2016.
- [15] A. Virkkula idr., »A Simple Procedure for Correcting Loading Effects of Aethalometer Data,« *Journal of the Air & Waste Management Association*, zvezek 57, št. 10, str. 1214–1222, okt. 2007, doi: 10.3155/1047-3289.57.10.1214.
- [16] L. Drinovec idr., »The 'dual-spot' Aethalometer: an improved measurement of aerosol black carbon with real-time loading compensation,« *Atmos. Meas. Tech.*, zvezek 8, št. 5, str. 1965–1979, 2015, doi: 10.5194/amt-8-1965-2015.
- [17] P. M. Davy, »Estimating particulate black carbon concentrations using two offline light absorption methods applied to four types of filter media,« *Atmospheric Environment*, str. 10, 2017.
- [18] M. Greilinger, L. Drinovec, G. Močnik in A. Kasper-Giebl, »Evaluation of measurements of light transmission for the determination of black carbon on filters from different station types,« *Atmospheric Environment*, zvezek 198, str. 1–11, feb. 2019, doi: 10.1016/j.atmosenv.2018.10.017.
- [19] M. Schnaiter, »Absorption amplification of black carbon internally mixed with secondary organic aerosol,« *J. Geophys. Res.*, zvezek 110, št. D19, str. D19204, 2005, doi: 10.1029/2005JD006046.
- [20] J. Sandradewi idr., »Using Aerosol Light Absorption Measurements for the Quantitative Determination of Wood Burning and Traffic Emission Contributions to Particulate Matter,« *Environ. Sci. Technol.*, zvezek 42, št. 9, str. 3316–3323, May 2008, doi: 10.1021/es702253m.
- [21] P. Zotter *et al.*, »Evaluation of the absorption Ångström exponents for traffic and wood burning in the Aethalometer-based source apportionment using radiocarbon measurements of ambient aerosol,« *Atmospheric Chemistry and Physics*, zvezek 17, št. 6, str. 4229–4249, mar. 2017, doi: 10.5194/acp-17-4229-2017.
- [22] O. Favez idr., »Inter-comparison of source apportionment models for the estimation of wood burning aerosols during wintertime in an Alpine city (Grenoble, France),« *Atmospheric Chemistry and Physics*, zvezek 10, št. 12, str. 5295–5314, jun. 2010, doi: 10.5194/acp-10-5295-2010.
- [23] A. D. A. Hansen, H. Rosen in T. Novakov, »Real-time measurement of the absorption coefficient of aerosol particles,« *Applied Optics*, zvezek 21, str. 3060, 1982.
- [24] A. D. A. Hansen, *The Aethalometer*, 1. izdaja. Berkeley, California, USA: Magee Scientific Company, 2005.
- [25] M. Ogrin, K. Vintar Mally, A. Planinšek, A. Gregorič, L. Drinovec in G. Močnik, *Nitrogen Dioxide and Black Carbon Concentrations in Ljubljana*, 1. izdaja. Ljubljana: Znanstvena založba Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani, 2016.
- [26] T. Cegnar, I. Slatinšek, T. Jesenko, M. Kobold in J. Turšič, »Naše okolje – mesečni bilten Agencije RS za okolje,« Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana, Slovenija, feb. 2020.
- [27] J. Grah idr., *Vključujoča šola: priročnik za učitelje in druge strokovne delavce*, zvezek 1. Ljubljana: Zavod RS za šolstvo, 2017.



# Interaktivne križanke za fiziko

mag. Jože Pernar

Gimnazija Krško

## Izvleček

Po dveh nepopolnih šolskih letih se je izpostavilo tudi kakšno dobro učno orodje, ki ga prej nismo uporabljali. V prispevku je mogoče spoznati obliko učenja na daljavo, katere osnova so interaktivne križanke. Poudarek je na motivacijskem vzgibu, ki ga lahko dosežemo z enigmatiko metodo reševanja zastavljenih učnih ciljev. V prispevku je zbranih nekaj izkušenj uporabe interaktivnih križank pri pouku na daljavo. Prikazani so primeri, kjer so se dijaki učili v manjših skupinah in je pouk potekal sinhrono prek spletne aplikacije. Kljub dokaj dolgemu obdobju pouka na daljavo ni bilo mogoče zbrati dovolj povratnih informacij za poglobljeno analizo uspešnosti interaktivnega gradiva. Vendarle pa so bili prvi odzivi dijakov zelo dobri in so predstavljali glavni povod za predstavitev. V nadaljevanju je predstavljenih nekaj dijaških izdelkov in primerov iz prakse pa tudi nekaj primerov uporabe podobnega gradiva v tujini in izkušnje, ki so jih pri tem pridobili. Predlagano interaktivno gradivo vsebuje tudi navodila za uporabo z nekaj didaktičnimi smernicami.

**Ključne besede:** aktivno učenje, interaktivna križanka, fizika, učenje na daljavo

## Interactive Physics Crossword Puzzles

### Abstract

After two less than perfect school years, a few good learning tools were discovered that had not been used previously. The article presents a form of distance education that is based on interactive crossword puzzles. It emphasizes the motivational aspect, which can be achieved through an enigmatic method of meeting the learning objectives. The article mentions a few examples of using interactive crossword puzzles during distance education. It shows examples of secondary school students learning in smaller groups and the lessons taking place synchronously via an online application. Despite the rather lengthy period of distance education, not enough feedback could be obtained for an in-depth analysis of the effectiveness of interactive material. Regardless, the students' initial reactions were very good and have given rise to this presentation. The article continues with a presentation of a few student products and examples from practice, as well as a few examples of using similar materials abroad and the resulting experiences. The proposed interactive material also contains instructions for use and a few didactic guidelines.

**Keywords:** active learning, interactive crossword puzzle, Physics, distance education

## Uvod

Učno gradivo za pouk na daljavo ali za samostojno učenje dijaka na daljavo zahteva drugačen pristop kot običajna priprava gradiva za pouk v šoli. Pri tem je treba upoštevati tehnološko okolje, v katerem pripravljamo različna gradiva, in predvsem okolje, v katerem bo uporabnik po njih posegal.

Najprej je koristno ugotoviti, zakaj je pri poučevanju na daljavo uporaba različnih učnih tehnik pomembna. Krätzig in Arbuthnott [1] sta ugotovila, da različne učne tehnike pomagajo pri boljšem pomnjenju zapletenih informacij. Pri učenju fizikalnih vsebin je teh veliko. Predvsem v poglavjih, kjer dijaki nimajo predhodnega znanja. Klepperjeva [2] disertacijska študija je pokazala, kako je večpristopnost učinkovitejša pri učenju besednjaka od uporabe enega samega pristopa. Predstavljeni primeri interaktivnih križank ponujajo nov pristop tako po obliki kot načinu dela. Ker se dijaki razlikujejo po vrsti dražljajev, ob katerih si najbolj zapomnijo in »obdelujejo« informacije, je koristno, da imajo na voljo različne možnosti za pomoč pri svojem učnem procesu. To dokazujejo večletne raziskave vpeljave igralnih komponent v učni proces (karte, križanke, rebusi in sestavljanke) na Univerzi v Sydneyju [3]. Ne samo, da

Ker se dijaki razlikujejo po vrsti dražljajev, ob katerih si najbolj zapomnijo in »obdelujejo« informacije, je koristno, da imajo na voljo različne možnosti za pomoč pri svojem učnem procesu.

lahko dijak prilagodi vrsto učnih slogov, ampak lahko tudi zmanjša ponavljanje in dolgčas pri učenju. Prav to je v tem času in izrednih razmerah pomembnejše kot kdaj prej.

Križanke ponujajo dodatno obliko utrjevanja fizikalnih vsebin. Uporabljajo se kot elektronsko gradivo za utrjevanje vsebin. Za samostojno učenje mora biti učno gradivo zanimivo, spodbudno, zabavno in proaktivno [4].

## Motivacija v učnem procesu

Pri raziskovanju in reševanju problemov se dijaki učijo uporabljati različna procesna znanja. Možnost uporabe obstoječega fizikalnega znanja v novi situaciji in novem učnem okolju lahko prispeva k večji motivaciji. Metoda poučevanja je glavni dejavnik, ki vpliva na motivacijo za učenje fizike. Dijaka moramo nekako pripeljati do stanja, da sproži sistem razmišljanja. Ali pri tem vloži napor ali ne, ni zanemarljivo. Večno problematična motivacija odigra vidno vlogo pri njegovem odločanju o tem, ali bo sprožil miselni proces ali ne. V zadnjem času je mladostniško pozornost izredno hitro prevzela sodobna tehnologija z različnimi igrami. Igre lahko povečajo motivacijo pri učenju fizike, če učenje postane zabavno in prijetno. Kot ugotavlja Tinedi [5] v svoji raziskavi, ima igra kot način dela nadvse pomembno vlogo. Da bi povečali motivacijo, je treba pri načrtovanju igre upoštevati dimenzije igre, kot so domišljija, pravila/cilji, senzorični dražljaji, izziv, skrivnost in nadzor.

Križanke so sestavljene tako, da ne zahtevajo veliko truda, pa vendar močno vplivajo na seznanjanje z učnimi vsebinami. Vključujejo različne pristope in oblike učenja. Dijake soočajo z enostavnimi vprašanji, npr. klasične križanke, kjer so odgovori ključne besede ali pojmi, ki se nanašajo na pomembne kognitivne zapomnitve. V nekaterih primerih ni učno primarna rešitev beseda, temveč postopek ali proces, s katerim pridejo do rezultata. Rešitev je lahko tudi rezultat računske naloge. Prisotne so tudi kombinacije besed in računskega načina reševanja pa tudi kodirani odgovori, do katerih se dijaki dokopljejo s priloženimi šifranti.

Vse te oblike reševanja se med sabo prepletajo in dajo reševalcu občutek pestrosti. S takim načinom dela se izgubi občutek monotonosti, motivacija za delo pa je boljša.

Križanke so sestavljene tako, da ne zahtevajo veliko truda, pa vendar močno vplivajo na seznanjanje z učnimi vsebinami.

## Reševanje interaktivne križanke kot aktivno učenje

Ibrahim Garba [6] v svojem delu *Morphological and Syntactic Meaning: An Interactive Crossword Puzzle Approach* ugotavlja morfološki in skladenjski pomen aktivnega učenja tujega jezika s pomočjo interaktivne križanke. Izjave njegovih dijakov, pridobljene s pomočjo analitičnega vprašalnika, so nadvse spodbudne. Poudarjeni so aktivno učenje in visoka motivacija za delo – učenje – ter krajši čas učenja učnih vsebin, povečana motivacija, vključenost in uživanje v učnem procesu. Učenci, ki se ukvarjajo s takšno vsebino, izzivajo svoje kognitivne sposobnosti bolj sproščeno, kot je običajno pri klasičnih oblikah učenja.

Študije Hamzah [7], opravljene leta 2019 in objavljene letos septembra, kažejo skoraj neverjetne učinke pri učenju v arabskem okolju in istem jeziku.

## Izbira učnega okolja – medija

Mediji naj bi pri pouku na daljavo olajšali podajanje gradiva, pri tem pa pričakujemo izboljšanje sposobnosti dijakov. V poplavi vsebin različnih medijev v današnjem učnem okolju kakovostni primeri niso prav pogosti. Pri izbiri učnih tem pa mora biti učitelj nadvse previden ter upoštevati nekaj pomembnih lastnosti. Tako Musfiqon [8] predlaga naslednja merila:

- medij mora doseči zastavljene učne cilje,
- pomembna je učinkovitost medija,
- upoštevati mora dijakove okoliščine,
- razpoložljivost,
- cena in nizki stroški,
- usposobljenost učiteljev za uporabo,
- tehnična kakovost.

Na Visoki šoli za učitelje in izobraževanje Weetabula (STKIP) [9] v enem od semestrov študentom predstavijo učne metode in medije. Ena od učnih metod je učenje z uporabo aplikacije Eclipse Crossword [10] (orodje za izdelavo križank). Študente, prihodnje učitelje, sistematično popeljejo skozi faze priprave gradiva, sestavljanja križanke, odgovarjanja in moderacije.

## Interaktivnost

Didaktične križanke niso novo učno orodje. Zaslediti jih je mogoče pri različnih predmetih. So pa zelo redke pri učenju fizike. Še redkejši primeri so namenjeni srednješolskemu izobraževanju. Zelo težko pa je najti dobre primere interaktivnih križank, ki so primerne za učenje na daljavo. V našem domačem prostoru ni bilo mogoče zaslediti takega učnega gradiva.

Kaj pravzaprav ponuja interaktivna križanka? Kaj je interaktivnost?

Interaktivnost (angleško *interactivity*) lahko opredelimo kot stopnjo, do katere informacijsko-komunikacijska tehnologija (IKT) ustvarja posredovano okolje, ki uporabnikom omogoča medsebojno komuniciranje (tako sinhrono kot tudi asinhrono) in sodelovanje pri vzajemni izmenjavi sporočil (Kioussis) [11].

To pomeni, da dijak v izbranem okolju IKT išče rešitve različnih problemov in jih vpisuje v pripravljeno strukturo križanke. Omenjeno okolje pa mu omogoča povratno informacijo o pravilnosti njegovih vpisov in skupnih rezultatov.

## Samostojno delo ali delo v skupinah

Interaktivne križanke so objavljene med vsebinami spletnih vsebin za fiziko Gimnazije Krško [12] in so prosto dostopne. Na omenjeni šoli se je med obdobjem dela na daljavo organizirano izvajal aktivni pouk z reševanjem nalog v skupinah. Od 25. 3. 2020 do 29. 5. 2021 je v tej obliki dela sodelovalo 145 dijakov v 34 skupinah. Glede na njihov odziv zunaj pouka fizike je mogoče sklepati, da jim je bilo delo zanimivo. Omenjali so ga pri razrednih urah, v poročilih oddelčnih zborov in pogovorih z razredniki. Se pravi na mestih, kjer avtor nalog ni imel nikakršnega vpliva na izražanje mnenja.

## Delo v skupinah

Microsoft Teams Rooms je orodje, ki omogoča delo v manjših skupinah. Delitev v skupine je lahko naključna in samodejna ali pa jo učitelj načrtuje ročno. Prednosti reševanja nalog v manjših skupinah so se pokazale na več področjih. Doseže se večja aktivnost posameznega dijaka, vzpostavi se medvrstniško učenje, razvija se konstruktivna izmenjava mnenj in stališč, pojavili so se samoiniciativno iskanje virov, kritično razmišljanje o potrebnih in zadostnih podatkih, postavljanje ključnih vprašanj in kritičen odnos do rešitev.

Kakorkoli so bili dijaki razvrščeni v skupine, je bila vedno prisotna brezpogojna privrženost ekipi. Spodbujanje in razlaga v skupini se odvija kot filmski scenarij. Prisotnost medvrstniškega učenja je zelo očitna. Bliže končni rešitvi se tempo in napetost običajno stopnjujeta. Opozorila po pravilnem zapisovanju in razlagi izračunov so večkrat poudarjena, saj križanka ne dopušča popravkov. Ta pogoj prepreči pretirano špekuliranje in ugibanje rezultatov.

Učiteljeva kontrola dela in sledenje dela po sobah je zanimiva izkušnja. Vključevanje je lahko najavljeno, da to dijaki opazijo. V teh primerih pogosto čakajo z izdelanimi vprašanji. Nadvse zanimiv pa je sprehod med skupinami v prikritem načinu, kjer dijaki niso seznanjeni z obiskom učitelja. V teh primerih je treba pričakovati tudi kakšno nepričakovano pripombo, ki se zgodi med udeleženci.

Kakorkoli so bili dijaki razvrščeni v skupine, je bila vedno prisotna brezpogojna privrženost ekipi.



Slika 1: Primeri delitve dijakov v skupine, »sobe«.

## Primer križanke za utrjevanje vsebine valovanja – ZVOK

[http://www2.arnes.si/~sssknm1/zvok\\_krizanka\\_okno.html](http://www2.arnes.si/~sssknm1/zvok_krizanka_okno.html)

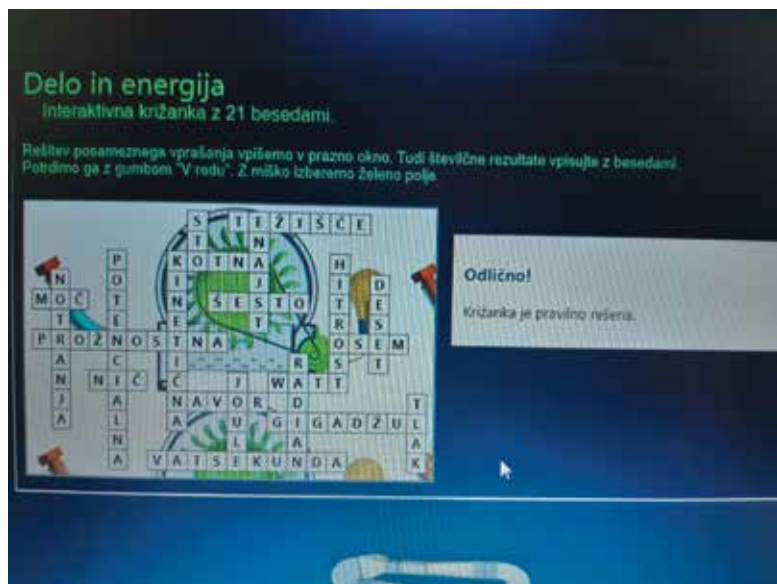


Slika 2: Primer interaktivne križanke »Zvok«.

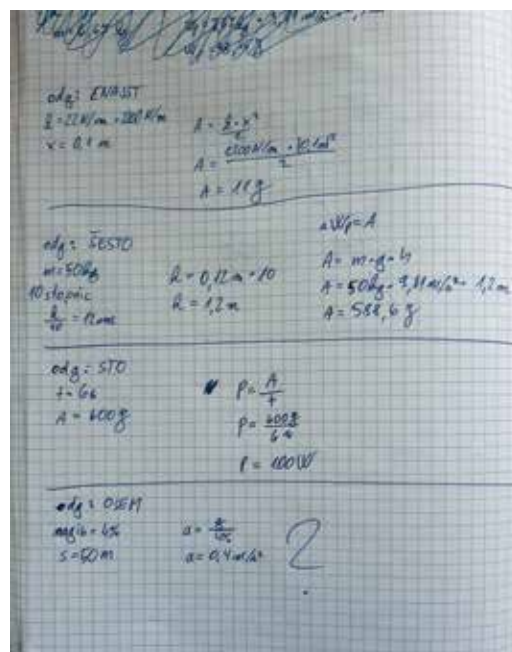
Primer križanke vsebuje 41 pojmov – besed. S klikom na polje v križanki se v opravljenem oknu izpiše vprašanje. Samodejno se izpisujejo velike tiskane črke. S klikom na tipko »V redu« se beseda izpolni v križanki. Mogoča je tudi poprava besede. Ko pa se rešitve preverijo (»Preveri rešitev križanke«), je rezultat dokončen in nanj ni več mogoče vplivati.

## Računski primeri

Primeri, kjer so rešitve tudi računske naloge, so malce zahtevnejši in trajajo tudi dve šolski uri. Pri vprašanjih, kjer je potreben računski potek, je treba tega prikazati poleg poslanih rešitev.



Slika 3: Primer pravilno rešene križanke »DELO IN ENERGIJA«.



Slika 4: Računske rešitve. Odbitek ene točke, ker ni računskega »dokaza« za eno nalogo.



Torej pošljejo zajem zaslona ali fotografijo zaslona križanke, dodajo pa še fotografijo rešitev iz zvezka. Pri ocenjevanju in dodeljevanju točk se upoštevata rešitev in potek reševanja računskega primera. Zgolj ugibanje številskega zapisa v križanki ne prinese polnega števila točk. Točkovanje celotne naloge reševanja križanke je predstavljeno pred samim reševanjem.

### Primer naloge s »pomankljivimi« podatki

V eni od nalog se pojavi oseba Jakob. Če reševalec odpre nalogo, mu manjka podatek o masi dijaka.



Slika 5: V računski nalogi »manjka« podatek.

Ko »naleti« na isto ime dijaka v drugi nalogi, postane tudi prejšnja naloga rešljiva.



Slika 6: Računska naloga odkriva podatek.

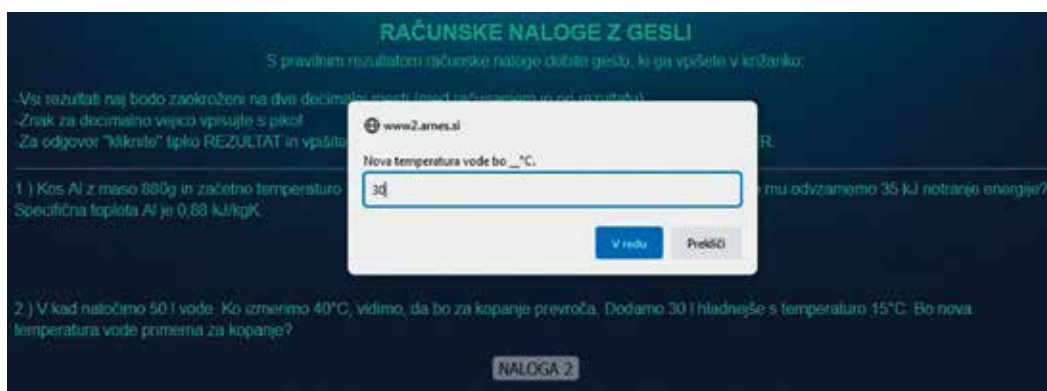
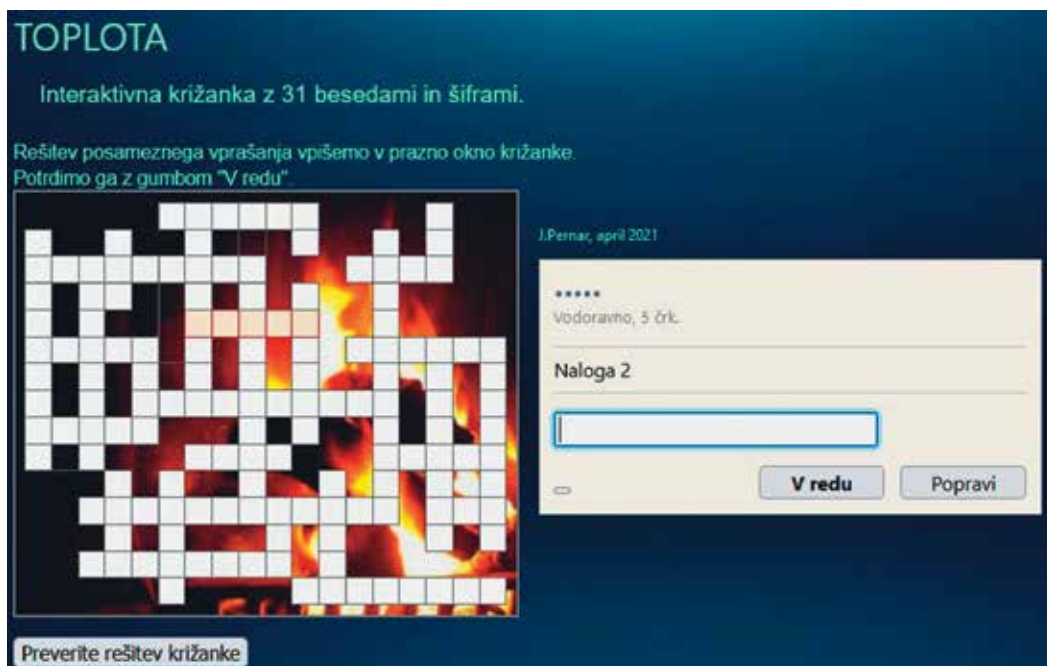
Pri tem je zanimiva izkušnja manjkajočega podatka in iskanja naloge, kjer je ta manjkal. Učitelju sta takšen nadzor in sledenje v veliko zadovoljstvo, ko v skupini nekdo ugotovi, kje bodo lahko našli podatek, ki je na začetku manjkal.

### Primer šifranta

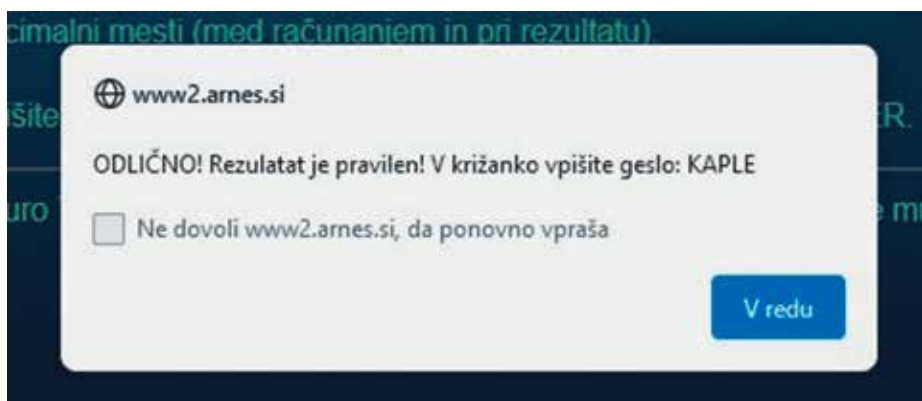
Večina računskih nalog je ob pravilnem izračunu opremljena z geslom. V interaktivno okno je treba vpisati številske rezultate. Če je ta pravilen, odzivno okno poleg potrditve in pohvale



ponudi geslo, ki ga je treba vpisati v križanko. Številskih izrazov namreč ni mogoče vpisati v klasično besedilno križanko. Poleg tega se s tem onemogoči kakršnokoli ugibanje rezultata.



Slika 7: Izbrano polje (rumeno) odpre nalogo 2.



Slika 8: S pravilno izračunano nalogo pridobimo geslo za vpis v križanko.

## Vrednotenje in kriteriji

Po uvodnih poizkusih je bila izvedena tudi metoda nagrajevanja najboljših skupin. Kriterij je zajemal število napačnih odgovorov, neodgovorjenih polj in čas reševanja ter pošiljanja izdelkov. Za reševanje posamezne križanke je bil odmerjen čas. Skupine, ki so rešile križanko prej, so jo poslale predčasno. Vsi časi so se beležili ob prispetju zadnjega izdelka iz skupine. Skupno število točk si je skupina razdelila samostojno. Pridobljene točke so predstavljale del vrednotenja znanja med poukom na daljavo.

Skupine z napakami in nerešenimi polji so prejele ustrezno manj točk. Število točk je bilo predvideno za vsako križanko, saj sta število pojmov in število polj različni.

Po končanem reševanju vsak dijak pošlje zaslonski posnetek svojega izdelka. V primeru enakih izidov (več skupin reši pravilno) se upošteva čas reševanja. Zadnja poslana naloga iz skupine opredeli čas reševanja skupine.



Slika 9: Zaslonska slika vsebuje rešitev, interaktivni odziv in sodelujoče v skupini.



Slika 10: Primer rešitve z dvema napačnima rešitvama.

Vedno so opazne razlike znotraj skupin. Pogosti so različni rezultati (število točk). Do teh prihaja zaradi slovničnih napak in površnosti pri vpisovanju. Zgodi pa se tudi, da nekdo odstopa s svojim razmišljanjem in vpiše povsem svojo rešitev. Predvsem sta zanimivi povezanost članov ekipe in tekmovalnost med ekipami. Spodbudam ali pohvali učitelja v smislu, da so hitri ali imajo največ rešitev, pogosto sledi nogometnonavijaški odziv. Sledita še večji zagon in vnema. Tudi učitelju so taki dogodki v veselje.

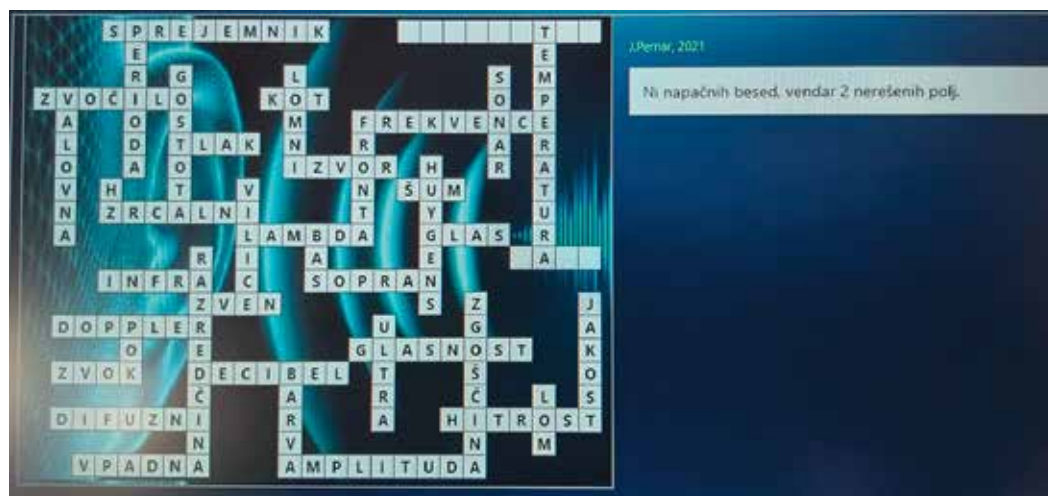
## Primeri poslanih rešitev



Slika 11: Križanka ima tri napake in tri besede manjkajo.



Slika 12: Križanka je rešena brez napak.



Slika 13: Križanka nima napak, manjkata pa dve nereseni besedi.

## Zaključek

Pristop dijakov k takemu delu na daljavo je sproščen. Križanke sprejemajo kot nekaj zabavnega. Tudi dijaki z učnimi težavami se lahko uveljavijo, saj vsaj polovica rešitev in besed v križankah zahteva *splošno znanje* [13]. Ekipa na koncu spodbudi vsakega dijaka, da jo izpolni, tudi če nekaterih rešitev sam ne pozna. Presenetljivo dobro je bila ta oblika dela sprejeta med dijaki višjih letnikov strokovnega izobraževanja (elektro tehnik), saj so njihovi rezultati in predvsem odzivi presegli vsa pričakovanja.

Interaktivne križanke se dopolnjujejo po vsebinskih sklopih. Med vprašanja bodo v prihodnje vstavljeni tudi kratki videoeksperimenti, iz katerih bo mogoče ugotoviti določene vrednosti. Takšen opazovalni poskus bo še popestril reševanje nalog, hkrati pa bo vnesel nov način učenja na daljavo.

Namen tega prispevka je razvoj in nadaljnja uporaba interaktivnih križank kot sredstva za vključevanje tehnologije v izobraževanje ter za izboljšavo vsebin za učenje in motivacijo dijakov pri učenju na daljavo.

Presenetljivo dobro je bila ta oblika dela sprejeta med dijaki višjih letnikov strokovnega izobraževanja (elektro tehnik), saj so njihovi rezultati in predvsem odzivi presegli vsa pričakovanja.

## Viri

- [1] G. P. Krätzig in K. D. & Arbuthnott (2006). Perceptual Learning Styles and Learning Proficiency. *Journal of Educational Psychology*, 98(1), str. 1–16.
- [2] J. R. Klepper (2003). A Comparison of Fourth Grade Students' Testing Scores Between, *Educational Resources Information Center (ERIC)*, Izv. Disertacija, št. CS 512 401, p. Johnson Bible College.
- [3] S. Franklin, M. Peat in A. Lewis (2003). Non-traditional interventions to stimulate discussion: the use of games and puzzles, *Journal of Biological Education*, 37(2), str. 79–84.
- [4] L. Bregar, M. Zagmajster in M. Radovan (2020). E-izobraževanje za digitalno družbo, Andragoški center Slovenije, <https://www.acs.si/digitalna-bralnica/e-izobrazevanje-za-digitalno-druzbo/>.
- [5] V. Tinedi, Y. Yohandri in D. Djamas (2018). How Games are Designed to Increase Students' Motivation in Learning Physics?, *IOP Science*, Izv. Ser.: Mater. Sci. Eng. 335.
- [6] I. Garba (2016). Morphological and Syntactic Meaning: An Interactive Crossword Puzzle Approach, *International Journal of Educational and Pedagogical Sciences*, 10(1), str. 156–163.
- [7] Hamzah (2021). The Effectiveness of Using Crossword Puzzles Media on Mufradat Learning Materials in Arabic Lessons at Islamic Junior High School (MTS West Sumba), *Teknodika*, 19(2), št. <https://doi.org/10.20961/teknodika.v19i2.52314>, str. 144–150.
- [8] Musfqon (2012). Pengembangan Media dan Sumber Pembelajaran, *Prestasi Pustakakarya*, p. Jakarta.
- [9] D. M. Anggraeni in F. B. Sole (2019). Developing creative thinking skills of STKIP weetebula students through physics crossword puzzle learning media using eclipse crossword app, *V International Conference on Mathematics and Science Education 2019 (ICMScE 2019)*, IOP Publishing.
- [10] *Eclipse Crossword*, Green Eclipse, [Elektronski vir]. Pridobljeno s <https://www.eclipsecrossword.com/> (26. 9. 2021)
- [11] S. Kiouisis (2002). Interactivity: a concept explication, *New Media & Society*, 4(3), str. 355–83.
- [12] J. Pernar, <http://www2.arnes.si/~sssknm1/> (3. 2. 2021) [Elektronski vir]. (12. 8. 2021)
- [13] G. Planinšič, R. Belina, I. Kukman in M. Cvahte (2008). *UČNI načrt. Fizika*. Zavod RS za šolstvo.



# Dobre strani pouka na daljavo

mag. Jože Pernar

Srednja šola Krško

## Izvleček

Običajno se članki ne pišejo v prvi osebi. To pravilo bom kršil zgolj zato, ker vsa opažanja in ugotovitve temeljijo na osebnem pogledu, ki izhaja iz izkušenj, pridobljenih med intenzivnim delom na daljavo. Zbranih je nekaj osnovnih izkušenj, kjer sem se želel osredotočiti na pozitivne primere in posledice, ki bodo morda začetek novih sprememb.

**Ključne besede:** aktivni pouk na daljavo, e-učenje, procesna znanja, sodelovalno učenje

## The Good Side of Distance Education

### Abstract

Articles are usually not written in the first-person singular. I am going to break this rule simply because all the observations and findings are based on my personal point of view stemming from the experiences gained during intensive distance teaching. I have gathered some basic experiences, focusing on the positive examples and effects that might mark the beginning of changes.

**Keywords:** active distance education, e-learning, procedural knowledge, cooperative learning

### Uvod

Priča smo velikim spremembam, ki se jih verjetno niti ne zavedamo dobro. Kar je bilo marca 2020 nemogoče, je danes v slabših razmerah mogoče. Skoraj vsak mesec naše šolstvo »utrpi«<sup>1</sup> spremembe, ki močno vplivajo na sedanje izobraževanje, kot vse kaže, pa bo to imelo tudi nekaj posledic. Tako lahko vsak dan beremo o slabih straneh preteklega dela v posebnih razmerah. Na prvi pogled je videti, kot da je bilo vse slabo in se je pri tem delala nepopravljiva škoda. Prispevki in analize so polni kritik in človek dobi občutek, kot da smo učitelji kritični delavci. Prehod iz analognega v digitalno poučevanje je bil za vse udeležence učnega procesa zelo stresen. Iz dneva v dan so se odkrivale nove vrzeli in težave. Spletne strani so bile v trenutku preobremenjene, nakar so se sesuvale. Najbolj pa je v oči bodla pomanjkljiva pismenost udeležencev. Pa je bilo res vse tako slabo? Je bilo res toliko napak in pomanjkljivosti?

V nadaljevanju prispevka je predstavljen pogled posameznika, ki temelji predvsem na lastni izkušnji in subjektivni oceni pridobljenih izkušenj ter opravljenega dela.

Pouk na daljavo bi lahko razdelili na dva dela: prvo zaprtje šol spomladi 2020 in drugo jeseni 2020. Izkušnje kažejo, da sta se obdobji pouka na daljavo zelo razlikovali.

Prvi del je bil dokaj »nepričakovan«<sup>2</sup> in nas je dobesedno pahnjal v izredne razmere. Mnogi učitelji se niso znašli

in pouk pri nekaterih predmetih se je dobesedno ustavil. Nekateri pa so uporabili svoje predhodno pridobljeno znanje in ga celovito preizkusili v praksi.

Drugo zaprtje šol je bilo bolj sistemsko poenoteno in predlagana so bila določena programska orodja (Microsoft Teams), ki so močno olajšala delo.

### Prva izobraževanja in prve izkušnje

Obiskovanje izobraževanj za učenje na daljavo pred več kot dvajsetimi leti se je izkazalo za veliko prednost. Srečanja na mednarodnih konferencah MIREK [1] so bila takrat prava »futorologija«. Prve izkušnje je bilo mogoče pridobivati že v letih 1998–2000, ko je skupinica zagnancev (Borut Čampelj, Alenka Makuc in drugi) pripravljala tovrstna izobraževanja. Biti tutor v sklopu seminarjev, kjer smo učitelji med sabo »simulirali«<sup>3</sup> pouk na daljavo, je bil izjemen privilegij. Nismo vedeli, da bomo prav to obliko dela čisto zares potrebovali čez 20 let. Pozneje smo nekateri nabirali izkušnje z mladimi športniki, otroki diplomatov in dalj časa obolelimi.

### Zoom in/ali Microsoft Teams

Pri prehodu na pouk na daljavo smo vsi na šoli uporabili aplikacijo Zoom. Orodje je uporabno za pouk v živo. Večina drugih opravil je potekala po e-pošti in v nekatere



rih spletnih učilnicah ter na spletnih straneh učiteljev. Naslednje šolsko leto smo Zoom zamenjali z Microsoft Teamsi. To je lastniška platforma za poslovno komunikacijo, ki je bilo razvita kot del družine izdelkov Microsoft 365. Ker delujejo v oblaku, smo lahko do Teamsov dostopali prek namizja ali mobilne aplikacije. Podprti so v sistemih Windows in Mac pa tudi na platformah iOS in Android. Praktično to pomeni s čimerkoli od kjerkoli. To pa je velika prednost, ki jo je kljub korporativnim težnjam treba izpostaviti.

Kaj lahko kot uporabnik rečem o tem orodju? Kot večina kolegov sem se med počitnicami leta 2020 namestitvi in uporabi upiral. Prva srečanja in predstavitve niso bili spodbudni. Stvar je bila videti zelo zapletena. Vendar moram izpostaviti in pohvaliti računalnikarja na šoli, ki je vztrajal in nam pomagal pri sorazmerno zapletenih namestitvah.

Teamsi so ostali v mojem delovnem okolju tudi po prenehanju pouka na daljavo. Zagotavljajo mi določena opravila in urejenost pri sprejemanju dijaških izdelkov. Pošiljanje obvestil, nalog, učnega gradiva in navodil je pregledno in dostopno vsem. Omogočajo dober pregled prejetih izdelkov (vaje, naloge, slike) in povratne informacije. Dijake obveščajo o novih objavah, beležijo prisotnost ter dovoljujejo postavljanje časovnih okvirjev.

## Aktivni pouk na daljavo

Za pouk pa niso dovolj le dobro orodje, zanimivo okolje in draga oprema. Predvsem je potrebna primerno pripravljena vsebina. Da zagotovimo aktivnega udeleženca v učnem procesu, potrebujemo veliko več. Aktivni pouk dosežemo, ko dijaki sami pridobivajo znanje s pomočjo neposrednih in lastnih izkušenj, z izvedbo določenih

aktivnosti in razmišljanjem o tem. Že v razredu ni lahko pripraviti takega pouka, na daljavo pa je to še toliko težje. Velja pohvaliti gradivo, ki nam ga je predstavil in ponudil dr. Gorazd Planinšič (FMF) s sodelavci [2]. Gradivo se je iz originalnega učbenika *College Physics – Explore and Apply* sproti prilagajalo in objavljalo tudi v slovenščini. Pri aktivnostih je močno poudarjena uporaba različnih upodobitev, kot so diagrami gibanja, grafi, diagrami sil, stolpčni diagrami, žarkovni diagrami, silnice itd. Poglavja mehanike, termodinamike, elektrike in magnetizma ter optike so vsebovala naloge z aplikativnimi, opazovalnimi in testnimi poizkusi. Vsebine so bile preizkušene in dobro ciljno naravnane. Naloge so opremljene s kratkimi, a odličnimi videovsebinami. Reševali smo jih v manjših skupinah (od tri do pet dijakov). Pri raziskovanju in reševanju problemov se dijaki učijo povezovati znanje znotraj fizike in tudi interdisciplinarno.

## Procesna znanja, ki smo jih skušali doseči

Kljub vsem omejitvam smo skušali z dijaki doseči čim več procesnih znanj.

- *Načrtovanje dela.* Dijaki pred začetkom naloge izdelajo načrt poteka reševanja. Ni nujno, da ga zapišejo. Lahko gre zgolj za dogovor.
- *Predvidevanje in preverjanje.* S sistematičnim preverjanjem oblikujejo svoje hipoteze in preverijo njihovo smiselnost.
- *Postavljanje ključnih raziskovalnih vprašanj.* Pri tem dijaki med reševanjem odprtih problemov postavijo raziskovalno vprašanje.

	POPRAVNI IZPITI - poročila	5. Eksperimentalna vaja (Laboratorij)	4. Eksperimentalna vaja "VODORAVNI"	Sile pri kroženju - naloge	3. Eksperimentalna vaja	Sila trenja (2 nalogi)	Sile - domača naloge (str.38 in 39)	2. Eksperimentalna vaja "HOOKOV"
Iskanje študentov	jun. 29.	maj. 31. - Št. točk: 10	maj. 17. - Št. točk: 10	apr. 16. - Št. točk: 2	apr. 12. - Št. točk: 10	mar. 8. - Št. točk: 3	mar. 1. - Št. točk: 4	feb. 1. - Št. točk: 10
MAA		8	10	1	9	3	4	10
MAA	Oddano	5	4	0.5	4	0	1	2
MAA	Ogledano	9	7.5	2	6	2	1.5	7
MAA		10	9	0	8	3	1	10
MAA		10	8	2	8	3	2.5	8
MAA		5	4	0	0	0	0	4
MAA		9	7.5	1.5	4	0	0	6.5
MAA		10	9	2	9	3	0.5	10
MAA		10	8.5	0	8.5	3	2	7
MAA		9	7	0	7.5	0.5	0	7.5

Slika 1: Primeri tabele rezultatov točkovanja aktivnosti dijakov.

- *Kritično razmišljanje o potrebnih podatkih.* Reševanje poskusov ali ogledi videoeksperimentov se analizirajo s potrebnimi in zadostnimi podatki.
- *Kritičen odnos do rešitev.* Dijaki razmislijo, ali je rešitev problema smiselna, in predlagajo tudi druge rešitve.
- *Kritičen odnos do interpretacije rezultatov.* Dijaki razmislijo o rešitvi z različnimi poskusi ter predlagajo tudi drugačne razlage in interpretacije.
- *Opis poteka dela.* Dijaki so za večino svojih aktivnosti posredovali pisno poročilo z opisom poteka reševanja nalog.
- *Sistematično zapisovanje.* Dijaki sistematično dokumentirajo svoja opažanja. Pri tem je bilo še vedno veliko težav, saj se mnogim zdi zapisovanje nepotrebno.

## Sodelovalno učenje

Prej omenjene oblike pouka v manjših skupinah samodejno privedejo do sodelovalnega ali medvrstniškega učenja. Ta oblika dela zahteva zelo dobro pripravo gradiva in natančno načrtovanje aktivnosti. Pomembna je tudi časovna razporeditev dela v skupinah. Še posebno, če se to izvaja zgolj pri enem predmetu. Pri tem so se utrdile lastnosti, kot so odgovornost, samospoštovanje, poštenost in odkritost. Pri prvih delitvah so dijaki sami predlagali sestavo ekip. Pozneje smo to nalogo prepuščali generatorju programske aplikacije. Zgolj v enem primeru se je zgodilo, da sodelovanja ni bilo. Štirje dijaki so reševali nalogo vsak zase kljub večkratnim pozivom in spodbudam k sodelovanju. Ob vsakem mojem oglašanju v skupino je vladala popolna tišina brez komunikacije. Z mano so komunicirali normalno, med sabo pa ne. V drugih zasedbah so isti dijaki delovali pričakovano.

Ugotovitve eksperimentalnih študij znanega raziskovalca na tem področju Slavina [3] kažejo, da sta ekipna nagrada in individualna odgovornost ključna elementa za spodbujanje dosežkov pri temeljnih veščinah sodelovalnega učenja.

Naj je šlo za računske naloge, raziskovalne aktivnosti ali za reševanje tematskih križank, smo se vedno trudili, da se dijaki nekaj naučijo in ne zgolj opravijo skupinsko delo. Po vsaki enoti sodelovalnega učenja je obvezen pogovor, predstavitev rezultatov ali konstruktivna debata. Nagrada so bile točke za celotno ekipo, ki si jih je razdelila. Vsak dijak je vedel, kaj pomenijo. Jasno zaznavna je bila ekipna odgovornost, med ekipami pa je vladalo rivalstvo.

## Vrednotenje in ocenjevanje

Začetna tedna sta bila nepozabna. Kaotične razmere so se počasi umirjale in predvidevati je bilo treba tudi vrednotenje dela. Z ocenjevanjem pouka na daljavo ni imel praktično nihče pravih izkušenj. Pozneje so Microsoft Teamsi omogočili sprotne beleženje vrednotenja različnih aktivnosti. Po navodilih za preverjanje in ocenjevanje znanja v srednjih šolah [4], ki smo jih prejeli od ZRSS, so se vrednotili in ocenjevali različne aktivnosti in izdelki.

Kaj vse smo vrednotili in ocenjevali?

- *Eksperimentalne vaje.* Te so dijaki opravljali samostojno. S pomočjo pripravljenih videoposnetkov, filmov, navodil in predlog so morali dijaki pripravljati tudi pripomočke. Tako je bila celotna izvedba vaj še zahtevnejša. Treba je priznati, da so dijaki izredno iznajdljivi in sposobni, saj so po kratkih konzultacijah rešili praktično vse probleme. Če primerjam število

II. NEWTONOV ZAKON (4 naloge) jan. 25. - št. točk: 4	RISANJE SIL (domača naloga) - jan. 11. - št. točk: 4	1. Eksperimentalna vaja "Fizična" jan. 6. - št. točk: 10	Prepis navodil za vaje 22. dec. 2020 - 1 točka	Kroženje (dve nalogi) spletna 14. dec. 2020 - št. to...	Križanka "GIBANJE" 1. dec. 2020	Kroženje - nalogi 30. nov. 2020 - št. to...	6 NALOG iz knjige na strani 60,61 22. nov. 2020 - št. to...	WWW - Neenakomerno 16. nov. 2020 - št. to...
3	3	6.5	1	1	Oddano	2	1	1
0	0	4.5	1	0	Oddano	0	0.5	0
3	2.5	9	1	0	Oddano	1	0	1
3	1	7.5	1	1	Oddano	0	0	0
1.5	2.5	8.5	1	1	Oddano	0.5	0	1
1	0	0	0	0	Oddano	0	0	0
1	1.5	7	0.5	0	Oddano	1	0	0
3	2.5	10	1	2	Oddano	1.5	5	0.5
2	2	9	1	1	Oddano	1.5	2	2
4	1	7	1	0	Oddano	1.5	3	0

opravljenih vaj in oddanih poročil, lahko potrdim, da je bilo teh več kot pri istih dijakih pred pandemijo.

- *Računske naloge.* Pri teh nismo nikoli pretiravali. Zavedajoč se, da je veliko število nalog lahko problem, smo te odmerjali redno po eno, dve ali največ tri. To se je pokazalo za dobro. Pomembnejša od reševanja v razredu je bila v teh razmerah poznejša analiza naloge.
- *Interaktivne križanke.* Reševanje v manjših skupinah in delitev točk po deležu in uspehu so dijaki sprejeli kot zelo pravično in pošteno.
- »Aktivne naloge.« Že zgoraj opisano reševanje nalog s pomočjo kratkih videosekvenc.
- *Ogled filma.* Na spletu je dosegljivih veliko dokumentarnih filmov, ki si jih lahko dijaki ogledajo, nato pa odgovorijo na nekaj vprašanj ali v kratkem zapisu odprto komentirajo svoja opažanja. Pomembno je, kako ciljno naravnamo »dogodek«. Izkazalo se je, da so se nekateri dijaki naučili »gledati« tovrstno gradivo.
- *Izdelava poskusa.* Kratke naloge izdelave enostavnih poskusov (iz A4-lista izdelaj padalo, nitno nihalo, enostavno vzmetno tehtnico, plovilo iz plastelina, kozarec kot zvočilo, plastenka in milni mehurček idr.) Zapis postopka izdelave in delovanja. Brez veliko teorije in zahtevanih nalog. Pri tem spoznamo, kako dijak dojema nek pripomoček, kako si ga izdelava in ga primerja z laboratorijsko opremo. Te kompetence so dijakom koristile pozneje pri izvedbi eksperimentalnih vaj.
- *Interaktivne naloge.* Na svoji spletni strani že dalj časa objavljam in pripravljam interaktivne naloge. Te so v tem času prišle prav za samostojno reševanja in utrjevanje znanja.
- *Referati in seminarske naloge.* Nekateri dijaki so se odločili za pripravo samostojnega raziskovanega dela.
- *Naloge »nemogoče je mogoče«.* Raziskovalno delo v manjših skupinah in parih. Naloga z enim vprašanjem. Primer: »Kako osamiti virus?« Dijaki so podali kratko idejo, kako bi to storili. Pomembna sta poznejša predstavitev ideje in kritično komentiranje preostalih skupin. Pri tem se je pokazalo ogromno znanja z vseh področij pa tudi »luknje«, ko si dijaki nekaj napačno predstavljajo. Pri vrednotenju so sodelovali tudi dijaki. Katera ideja se jim je zdela najbolj utemeljena in katera najbolj nevsakdanja.

Vsaka aktivnost je bila ovrednotena s številom točk (od 2 do največ 10). Te smo na koncu sešteli in določili povprečje. Upoštevali smo nekaj ekstremov (težje naloge, težave z gradivom in materialom, bolezni, vremenske razmere idr.) Točke, spremenjene v odstotke, smo ovrednotili po kriteriju, kot ga imamo pri rednih pisnih izdelkih.ocene smo vpisali le tistim dijakom, ki so to želeli. Če dijak ni bil zadovoljen z oceno, je to pridobil, ko smo se vrnili v šolo. Naj bo to ocena iz eksperimentalnih vaj ali pisnega oziroma ustnega ocenjevanja. Na koncu sem dobil

dober občutek, da je bila ta ocena ena najbolj avtentičnih in celovitih v zadnjem času.

Pisnega ocenjevanja nismo izvajali na daljavo. Ustno oceno na daljavo je pridobilo le nekaj dijakov, ki so želeli popravljati oceno iz časa pred pandemijo.

## Uporaba informacijsko-komunikacijske (IKT) in druge tehnologije

Nedvomno se je na tem področju zgodil največji premik. Če je bil ob pričetku prisoten problem pošiljanja slik ali pripenjanja dokumenta, so na koncu dijaki obvladali marsikaj zahtevnejšega. Pri tem je odigralo največjo vlogo sodelovalno učenje. Učenje med vrstniki je neverjetno. Verjetno je to ena najnaravnejših oblik učenja. Med sabo nimajo zadržkov, so neposredni, v teh razmerah tudi presenetljivo strpni in spoštljivi. Čutilo se je, da vedo, komu nekaj ne gre dobro, in ni bilo veliko primerov »norčevanja« iz neznanja. Ta kompetenca bo lahko odigrala pomembno vlogo pri nadaljnjem delu v šoli.

## Nova IKT-oprema

Že prva tedna začetnega zaprtja šol se je pokazala ogromna vrzel pri IKT-opremljenosti tako dijakov kot učiteljev. Če položaj dijakov razumemo, je to za drugo stran težko razložiti. Nekaj mesecev po začetku pouka na daljavo se je premaknilo tudi na tem področju. Hudomušno bi lahko rekli, da so se učitelji na račun virusa opremili. Kakorkoli, to je še ena dobrih plati epidemije. Oprema je prihajala v paketih. MIZŠ je potegnilo prvo potezo in junija 2020 priskrbelo licence za Microsoftovo programsko opremo (Office, Excel, Teams, One Drive 1T). Čez dva meseca je sledila operacija »COVID19 – Dodatna podporna IKT infrastruktura za izvajanje vzgojno-izobraževalnega procesa«, ki jo je vodil Arnes [5]. Sledilo je »MIZŠ Sofinanciranje VIZ 2020 2« [6]. Decembra 2020 je neprofitna organizacija Duh časa ponudila večje število prenosnikov [7]. Začetek letošnjega šolskega leta pa je spet zaznamovala Arnesova akcija »React-EU – IKT za VIZ« [8].

Tako je šola s 65 zaposlenimi učitelji in 649 vpisanimi dijaki na različne načine pridobila 770 licenc, 47 prenosnikov, dve grafični tablici in deset spletnih kamer. Zgolj med junijem 2020 in septembrom 2021. Za učitelje in šolo v celoti to nedvomno predstavlja veliko pridobitev, če primerjamo nabavo IKT pred tem obdobjem.

## Spletni seminarji (webinarji)

Pred epidemijo redka oblika izobraževanja je v tem času doživela pravi razcvet. Tako po ponudbi kot kakovosti. Seminarji v tej obliki se bodo zagotovo obdržali, saj so bolj praktični (čas, kilometrini, dosegljivost), predvsem pa mnogo cenejši. Preteklo obdobje nas je nekako naučilo izbirati več izobraževanja, kot smo se ga udeleževa-

li prej. Izobraževanje v izobraževanju pa bi moralo biti stalnica.

Mogoče smo priča prvemu koristnemu virusu na področju IKT. Novica, da je od 12. julija letos na MIZŠ oblikovana Služba za digitalizacijo izobraževanja, je lahko prelomna. Podrobni pregled »Aksijskega načrta za digitalno izobraževanje« vliva upanje, da se naše izobraževanje lahko prilagodi tako trenutnim tehnološkim trendom kot tudi trenutnim izrednim razmeram. Pričakovati je, da učitelje čakajo prelomne spremembe tudi v izobraževanju.

## Zaključek

Pouk na daljavo je nekaj izjemnega. Dogaja se v izrednih razmerah, ki močno onemogočajo ustaljene sistemske norme in način dela. Kljub tem omejitvam smo s poukom na daljavo opravili veliko dobrega. Že spoznanja pomanjkljivosti so neprecenljiva.

Naučili smo se mnogo novih metod dela. Spoznali smo, kako prilagodljivi in iznajdljivi so naši dijaki. Konec koncev je po dolгих letih šola za dijake spet postala zaželen »hram učenosti«.

## Viri

- [1] MIRK (1998). „Organizacija mednarodnih konferenc, srečanj in izobraževanja,“ [Elektronski vir]. Available: <http://www.mirk.si/organizacija.html>. (19. 9. 2021).
- [2] G. Planinšič in sodelavci, „Stalno strokovno spoponjevanje učiteljev fizike na FMF,“ Delo na daljavo, [Elektronski vir]. Available: <http://sss.fmf.uni-lj.si/index.php?mode=3&id=414>. (5. 5. 2021).
- [3] R. Slavin (1995). „Co-operative Learning: Theory, Research and Practice,“ v 2. izdaja, Boston, Allyn and Bacon.
- [4] ZRSŠ, „Navodila za preverjanje in ocenjevanje znanja v srednjih šolah,“ [Elektronski vir]. Pridobljeno s <https://www.zrss.si/novice/navodila-za-preverjanje-in-ocenjevanje-znanja-v-srednjih-solah/>. (2. 6. 2020).
- [5] Arnes, „Podatki o programu COVID19-IKT za VIZ,“ [Elektronski vir]. Pridobljeno s [http://www.arnes.si/covid19\\_ikt-za-viz/](http://www.arnes.si/covid19_ikt-za-viz/). (2. 10. 2021).
- [6] MIZŠ, „MIZŠ - Sofinanciranje-VIZ-2020-2,“ [Elektronski vir]. Pridobljeno s <https://www.arnes.si/files/2020/12/Navodila-MIZ%C5%A0-Sofinanciranje-VIZ-2020.pdf>. (10. 9. 2021).
- [7] „Duh časa- neprofitna organizacija,“ [Elektronski vir]. Pridobljeno s <https://racunalniki.duh-casa.si/>. (9. 9. 2021).
- [8] Arnes, „React-EU – IKT za VIZ,“ [Elektronski vir]. Pridobljeno s <https://www.arnes.si/react-eu-ikt-za-viz/>. (12. 10. 2021).





# Tekmovanje v odpiranju fizikalnih sefov med epidemijo

**Miran Tratnik**

Gimnazija Nova Gorica

## Izvelek

Tekmovanje v odpiranju fizikalnih sefov »Videl, premislil, odklenil!« ima v Sloveniji že več kot desetletno tradicijo, mednarodno tekmovanje v Izraelu (»The Shalhevet Freier Physics Tournament«) pa že več kot četrstoletno. Zaradi epidemije je tekmovanje zadnji dve leti potekalo na daljavo. Kljub težkim razmeram za delo uspejo najvztrajnejše skupine izdelati sef in se udeležiti tekmovanja.

**Ključne besede:** tekmovanje, fizikalni sef, Hiša eksperimentov

## Physical Safe Cracking Competition during the Epidemic

### Abstract

The physical safe cracking competition "Videl, premislil, odklenil!" has more than ten years of tradition in Slovenia, and the international competition in Israel ("The Shalhevet Freier Physics Tournament") has been taking place for more than a quarter of a century. Due to the epidemic, a virtual competition was held in the last two years. Despite the difficult working conditions, the most persistent groups manage to make a safe and take part in the competition.

**Keywords:** competition, physical safe, House of Experiments

### Uvod

Tekmovanje v odpiranju fizikalnih sefov »Videl, premislil, odklenil!« v Sloveniji organizira Hiša eksperimentov [1]. Najboljše ekipe z državnega tekmovanja sodelujejo na mednarodnem tekmovanju v Izraelu, kjer nizamo

izjemne uspehe že od leta 2009, ko smo Slovenci začeli sodelovati [2]. Na mednarodnih tekmovanjih so slovenske ekipe šestkrat osvojile prvo mesto, po trikrat drugo ter četrto, dvakrat tretje in po enkrat šesto ter sedmo. Tekmovanje in uspehi na državni ter mednarodni ravni



so podrobneje opisani v prvi številki revije *Fizika v šoli* iz leta 2018 [3], [4].



**Slika 1:** Primer sefa iz šolskega leta 2011/12, s katerim je ekipa na mednarodnem tekmovanju dosegla drugo mesto.

Pred tekmovanjem skupine zasnujejo in izdelajo fizikalni sef. To je zaklenjen zaboj s približnimi merami  $30 \times 40 \times 60$  cm. Na tekmovanju skupine druga drugi poskušajo vdreti v sef. To je mogoče, če uspešno rešijo fizikalne uganke v sefu.



**Slika 2:** Poskusno vdiranje v sef pred državnim tekmovanjem januarja 2018.

## Prijave in začetek dela

Skupine se začnejo na tekmovanje pripravljati kmalu po začetku šolskega leta, včasih pa tudi že ob koncu preteklega. Vsak avgust Hiša eksperimentov objavi razpis, v katerem vabimo, da se tekmovanja udeleži čim več skupin. Posebej vabimo šole in mentorje, ki se še niso preizkusili v tem tekmovanju. V šolskem letu 2020/21 se je do septembrskega roka prijavilo sedem skupin in začele so se pripravljati. Skupine se po navadi dobivajo na šoli, kjer načrtujejo, največkrat pa tudi izdelujejo sef. Na začetku oktobra 2020 je bil rok za oddajo prvega poročila in vseh sedem prijavljenih skupin je poročalo o zamislih, poskusih, ki so jih izvajali, in drugih dejavnostih ob načrtovanju ter začetku izdelave sefa.

## Delo v času pouka na daljavo

Ko smo oktobra 2020 začeli pouk na daljavo, so se priprave na tekmovanje zelo zapletle, če ne celo onemogočile. Dijaki so morali sef prenesti k nekomu domov in njegovo izdelavo nadaljevati v domači delavnici. Kmalu se tudi niso mogli več dobivati v živo, saj sta bili družjenje in prehajanje občinskih meja prepovedani. Skupine so priprave nadaljevale na daljavo. Tako so lahko potekali izmenjava zamisli, pregledovanje sefov iz preteklih let in študij teoretičnih osnov fizikalnih uganek. Za najlepši in najustvarjalnejši del izdelave fizikalnega sefa, ko skupina skupaj z mentorjem skozi proces ustvarjalnega spreminjanja sefa napreduje z izmenjavo zamisli ter s preizkušanjem novih uganek, so bili v lanskem šolskem letu dijaki prikrajšani.

Drugo poročilo so novembra 2020 oddale le štiri skupine, preostale so sporočile, da se tisto šolsko leto ne bodo mogle pripraviti na tekmovanje.

Kmalu je postalo jasno, da tekmovanja v živo ne bomo mogli izvesti. Tudi iz Izraela smo konec decembra 2020 dobili sporočilo, da bo mednarodno tekmovanje potekalo na daljavo. Pozneje so nas obvestili o možnosti, da na mednarodnem tekmovanju ne sodelujeta le dve slovenski ekipi, kot v preteklih letih, pač pa vse, ki bodo uspele izdelati sef in se na tekmovanje pripraviti. Mednarodno tekmovanje so tudi predstavili z marca na sredino maja.

Vendar je otežkočeno delo tako oklestilo število ekip, ki so se uspele pripraviti na tekmovanje, da sta na koncu sodelovali le dve.

## Vztrajamo pri organizaciji in izvedbi tekmovanja

V ekipi organizatorjev tekmovanja iz Hiše eksperimentov ves čas spodbujamo dijake in njihove mentorje, naj kljub pouku na daljavo nadaljujejo priprave na tekmovanje.

Državno tekmovanje je v lanskem šolskem letu zaradi epidemije potekalo podobno kot mednarodno, na daljavo. Ekipa so se srečale na zoomu. V parih so druga drugi poskušale razrešiti uganke in vdreti v sef. Vsaka ekipa je predstavila svoj sef, glavne sestavne dele, pripomočke za vdiranje in končni namen postopkov vdiranja. Vdiralci so dajali navodila, kaj naj nasprotna ekipa naredi, da bi vdrl v sef. Poleg tega so skupine pripravile kratki film s predstavitvijo sefa in postopka vdiranja.

Po vdiranjih je ekipa sef predstavila še sodnikom in odgovarjala na njihova vprašanja.

Uvrstitev na tekmovanju je določena glede na dosežene točke, kjer 25 % prinese uspešnost vdiranja, 25 % ocena vdiralcev in 50 % ocena sodnikov.

Ob vseh omejitvah in osiromašenju, ki ga prinese vdiranje na daljavo v primerjavi z izvedbo tekmovanja v živo, smo vsi prisotni zelo uživali v spremljanju tekmovanja.

Tekmovalci, mentorji, sodniki, organizatorji in drugi prisotni na virtualnem tekmovanju smo se strinjali, da je taka izvedba, glede na razmere, soliden nadomestek tekmovanja v živo.

Tudi lani sta se slovenski ekipe na mednarodnem tekmovanju izredno odrezali. Ekipe Šolskega centra Novo mesto je dosegla četrto mesto, ekipa Gimnazije Želimijske pa je spet zmagala.



**Slika 3:** Ekipe Gimnazije Nova Gorica po razglasitvi uspeha na mednarodnem tekmovanju v Izraelu 27. marca 2014.

Letošnje šolsko leto (2021/22) je prijavljenih šest skupin. Upamo, da bomo državno tekmovanje januarja 2022 izvedli v živo. Za ponovno pot na tekmovanje v Weizmannov inštitut v Izrael pa bo verjetno treba počakati še kakšno leto.

## Dobre in slabe strani tekmovanja na daljavo

Ko premišljuje o slabostih in prednostih tekmovanja na daljavo v primerjavi s tekmovanjem v živo, najdemo veliko več prvih kot drugih.

### Prednosti

- Tekmovanje je cenejše za izvedbo in udeležbo.
- Sef je lahko nekoliko slabše izdelan in za njegov videz se poskrbi z ustreznimi posnetki.
- Dijaki se izurijo v izdelavi predstavitvenega videoposnetka.

### Slabosti

- V procesu snovanja in izdelovanja sefa so dijaki in mentor omejeni pri komunikaciji in ustvarjalnem izmenjevanju mnenj ter oblikovanju ugank za končno verzijo sefa.
- Med izdelavo sefa dijaki slabše sodelujejo in urijo ročne spretnosti ter sodelovanje v skupini.
- Dijaki so prikrajšani za pogled na sefe v živo, pri čemer bi si lahko ustvarili boljšo sliko o videzu ter delovanju sefa.

- Dijaki so prikrajšani za živo komunikacijo z vrstniki, pri kateri izmenjujejo zamisli in izkušnje o načrtovanju ter izdelavi sefa.
- Na tekmovanju ne moremo organizirati razstave, kjer bi tekmovalci svoje sefe predstavili obiskovalcem in tako popularizirali tekmovanje ter ustvarjalno razmišljanje.
- Najboljši dijaki na državnem tekmovanju ne morejo potovati v Izrael in se tam srečati z ekipami iz tujine.



**Slika 4:** Predstavitve sefov na Znanstivalu 6. junija 2015.

## Zaključek

Tekmovanje v odpiranju fizikalnih sefov tako navduši dijake in mentorje, ki se ga udeležijo, da kljub obilici dela s pripravami na tekmovanje sodelujejo tudi naslednja leta. Tudi novi mentorji ste vabljeni, da sebe in svoje dijake okužite z virusom ustvarjalnega dela pri snovanju sefov ter užitek pri vdiranju v druge sefe na tekmovanjih. Celotno izredno otežene razmere za pripravo na tekmovanje med epidemijo najbolj zagnanim ne preprečijo, da bi našli način za izdelavo sefa in sodelovanje na tekmovanju.

Upamo, da se bomo tekmovanja na daljavo čim prej le še spominjali in da bomo čim prej spet lahko izdelovali sefe ter tekmovali z njimi v živo.

### Viri

- [1] <https://www.he.si/dejavnosti> (10. 10. 2021).
- [2] <https://davidson.weizmann.ac.il/en/programs/cracking> (10. 10. 2021).
- [3] Tratnik, M. (2018). Zgodba o uspehu. *Fizika v šoli*, 23(1), 23–24
- [4] Šlajpah, P. (2018). Izkušnje z izdelavo fizikalnega sefa in s tekmovanjem »Videl, premislil, odklenil!«. *Fizika v šoli*, 23(1), 25–28.



# Opazovanja s teleskopom na daljavo

Bojan Dintinjana

Fakulteta za matematiko in fiziko, Univerza v Ljubljani

## Izvleček

V članku sta opisana sestava in delovanje šolskega robotskega teleskopa. Teleskop uporabljamo za izvajanje študentskih vaj iz astronomskih predmetov na fakulteti. Opisani so delo s teleskopom na daljavo in uporabljene programske rešitve. Predstavljene so praktične eksperimentalne naloge iz astronomije in astrofizike.

**Ključne besede:** robotski teleskop, opazovanja na daljavo

## Remote Observations with Telescope

### Abstract

The article describes the structure and operation of the school's robotic telescope. The telescope is used for carrying out practical classes in astronomy courses at the faculty. The article describes remote observing with the telescope and the applied software solutions. It presents practical experimental exercises in astronomy and astrophysics.

**Keywords:** robotic telescope, remote observations

**Slika 1:** Meglica Mehurček, znana tudi kot NGC 7635, je bila posneta na daljavo z robotskim teleskopom 4. 11. 2021. Pri velikosti komaj 10 svetlobnih let drobno meglico Mehurček ženejo močni zvezdni vetrovi in sevanje masivne zvezde v centru. Nahaja se znotraj večjega območja oblakov medzvezdnih plinov in prahu oddaljenih okoli 11.000 svetlobnih let.

## Uvod

Na Astronomskem observatoriju Fakultete za matematiko in fiziko smo si zastavili cilj postaviti šolski robotski teleskop, ki bi ga lahko na daljavo upravljali študentje in dijaki. Celoten projekt smo izvedli z uporabo cenovno najugodnejših komponent. Pri tem so nam pomagale izkušnje z razvojem večjega teleskopa Vega, ki je bil skoraj v celoti zgrajen v fakultetni delavnici in laboratorijih. Za novi šolski teleskop smo izbrali operacijski sistem Windows in prosto dostopne ter odprtokodne programe za upravljanje teleskopa in obdelave slik. Za to smo se odločili predvsem zaradi domačnosti sistema pri študentih in tudi dobre pokritosti programskih gonilnikov za naprave, ki jih uporabljamo. V prvem koraku smo zagotovili, da vse funkcije teleskopa digitaliziramo, to je, da jih upravljamo z nadzornim računalnikom. V drugem koraku smo upravljanje nadzornega računalnika prenesli na daljavo z uporabo oddaljenega namizja. V tretjem koraku pa smo skupino študentov opazovalcev povezali še v aplikaciji Zoom in dodali spletno učilnico »AGO Mali teleskop« za pomoč pri pripravi opazovanja.

## Opis teleskopa

Na travniku observatorija smo na betonski temelj 3,5 m x 3,5 m postavili kupolo premera 3 m, (slika 2). Kupolo

smo kupili pri podjetju Scope Dome iz Poljske [1]. Prišla je razstavljena v kontejnerju, vključno z vso električno napeljavo, elektroniko, krmilniki, senzorji in inverterji z motorji za odpiranje in vrtenje kupole. Kontroler kupole z releji omogoča tudi vklop teleskopa, kamere, luči in prezračevalnih ventilatorjev ter priklop dodatnih senzorjev. V celoti je izdelava kupole zelo kakovostna



**Slika 2:** Kupola Scope Dome premera 3 m na betonskem podstavku na travniku observatorija na Golovcu. V kupoli je 25-centimetrski teleskop na ekvatorialni nastavitvi, opremljen s CCD-kamero in pripravljen za opazovanja na daljavo.

in premišljena, vsebuje tudi senzorje in ogrevanje kritičnih delov proti zamrzovanju v mrzlih zimskih nočeh. Za glavni teleskop smo izbrali 25-centimetrski teleskop SkyWatcher tipa Newton z goriščno razdaljo 1200 mm. Ekvatorialno stojalo AZ-EQ6 GT je opremljeno s koračnimi motorji in postavljeno na doma izdelano stojalo, pritrjeno v betonski pod.

Na steber smo namestili tudi 230-voltno vtičnice za napajanje naprav neposredno iz omrežja in vtičnice, ki so krmiljene z releji iz kontrolerja. Na steber teleskopa smo namestili tudi mini računalnik Intel NUC v vodotesni omarici, ki varuje pred vlago. Teleskop je opremljen s slikovno CCD-kamero SBIG ST-8300 in filtrskim kolesom za osem filtrov premera 36 mm. Postavitev teleskopa je prikazana na sliki 3. CCD-detektor ima 8,3 megapikslov in meri 18,1 mm x 13,7 mm. V konfiguraciji s teleskopom pokriva na nebu polje velikosti 52 x 39 ločnih minut. Ekvatorialno stojalo in fokuser teleskopa priključimo prek zbirnega vmesnika Skycenter v nadzorni računalnik. V nadzorni računalnik so priključene še kupola, CCD-kamera in sledilna kamera. Vse naprave so priključene z USB-priključkom. Ker vodenje teleskopa ni dovolj natančno za daljše osvetlitve, smo dodali še manjši 50-milimetrski teleskop vodnik z goriščem 200 mm in manjšo planetarno, nehlajeno kamero QHY5III178 za natančno sledenje teleskopa. Za upravljanje teleskopa, fokuserja, CCD-kamere in filtrov uporabljamo program APT – Astro Photography Tool [2]. Za upravljanje sledilne kamere in natančno sledenje teleskopa pa program PHD2 – Open PHD Guiding [3].



**Slika 3:** Teleskop SkyWatcher na ekvatorialnem stojalu, opremljen z astronomsko CCD-kamero, optičnimi filtri R, G, B, L in H-alfa ter teleskopom za natančno sledenje.

## Opazovanja na daljavo

Opisani sistem: kupolo, teleskop, slikovno kamero, fokuser teleskopa, optične filtre in sledilno kamero upravljamo z nadzornim računalnikom, nameščenim v kupoli (slika 4). Na računalnik smo namestili programski strežnik za oddaljeni dostop. Izbrali smo protokol VNC (Virtual Network Computer) in odprtokodni program TightVNC [4]. Ta nam omogoča, da se na nadzorni računalnik priključi več opazovalcev, skupina do 3–8 stu-

dentov. Vsak študent dobi vstopno geslo, ki je časovno omejeno. Vsi vidijo in si delijo isto namizje, tipkovnico in miško. Zaradi internetne varnosti smo nadzorni računalnik namestili za požarni zid, v katerem smo odprli samo vrata do protokola VNC. Študent si mora na svoj računalnik namestiti različico VNC-klient. Delujejo programi različnih ponudnikov, svetujemo TightVNC ali RelatVNC. Program strojno ni zahteven, zadostuje cenejši ali starejši prenosnik. Program VNC deluje tudi v operacijskem sistemu Linux in na OSX, tako da lahko sodelujejo vsi študenti ne glede na operacijski sistem, ki ga uporabljajo.



**Slika 4:** Nadzorni mini računalnik teleskopa je Intel NUC, ki deluje v operacijskem sistemu Windows 10. Računalnik ima 4 GB pomnilnika in 120 GB SSD-disk, deluje kot strežnik VNC za oddaljeno namizje. Na računalnik smo priključili vse naprave in senzorje, ki jih potrebujemo v opazovalni kupoli za daljinsko upravljanje.

Za koordinacijo med opazovalci v skupini in demonstratorjem smo vzpostavili še sejo v aplikaciji Zoom. Sejo odpre asistent, ki ima licenco za aplikacijo. Študenti se na seji med seboj dogovorijo, kako bodo izvajali opazovanje, tipka in premika miško pa samo eden oziroma se izmenjujejo.

Za podporo pri pripravi opazovanj smo pripravili spletno učilnico, ki smo jo imenovali »AGO Mali teleskop«. Vanjo smo vnesli navodila za uporabo teleskopa in opreme, navodila za uporabo osnovnih programov in vzorčne primere opazovanj. Skupina študentov najprej pripravi prijavnico za opazovanje. V njej opiše, kaj bodo opazovali, kaj bodo iz opazovanj in zajetih slik izmerili. Pri sestavljanju opazovalnega načrta si pomagajo z vprašanji v forumu spletne učilnice. Diskusijo v forumu tudi moderiramo in spodbujamo medsebojno sodelovanje skupin študentov. Prijave za opazovanje pregledamo, komentiramo in svetujemo morebitne popravke ali spremembe. Potem projekt opazovanja skupini odobrimo in ji dodelimo termin v urniku teleskopa. Ko zaradi slabega vremena opazovanja niso mogoča, dobi skupina nadomestne termine. Zaradi zapletenosti sistema je pri prvih opazovanjih na Zoomu vedno prisoten demonstrator ali asistent. Po koncu opazovanja v spletni učilnici izpolnijo dnevnik, v katerem na kratko, v nekaj stavkih, opi-



šejo vremenske razmere in morebitne druge zabeležke ter opombe, ki jim kasneje pomagajo pri obdelavi slik. Posnete neobdelane slike in dnevnik hranimo v digitalnem arhivu, ki je javno dostopen [5].

## Rezultati opazovanj in obdelava podatkov

Opisani teleskop redno uporabljamo že več let pri astronomskih predmetih na Fakulteti za matematiko in fiziko. Študentje na teleskopu opravljajo redne praktične vaje, to je opazovalne projekte. Pri tem se naučijo načrtovati eksperiment in pripraviti opazovalni načrt, ki ga potem tudi izvedejo. Seveda pri opazovanjih ni vedno vse idealno, občasno meritve pokvarijo ali prekinijo oblaki, včasih lahko pride tudi do okvare ali izpada kake naprave. Ob tem se naučijo, kako ukrepati v takšnih primerih, naučijo se kritično ovrednotiti dobljene slikovne podatke. Posnete slike prenesejo na svoj računalnik ali na računalnike v računalniški učilnici. Pri projektu se naučijo uporabljati različne programe, kako se podatki prenašajo iz programa v program, kako se predstavijo rezultati v grafih, tabelah, in na koncu pripravijo poročilo.

Obdelava slik najprej zajema osnovno obdelavo astronomskih slik. To je korekcija temne slike, korekcija ničle in izravnava polja. Osnovna obdelava odpravi vroče piksele, vinjetiranje polja, to je neenakomerno osvetljenost polja in morebitne sledi prašnih delcev na optiki. Osnovna obdelava močno izboljša kakovost posnetkov. Naslednja stopnja pri obdelavi je kalibracija koordinat, ki v sliko vpiše natančne nebesne koordinate posnetka. To program naredi z iskanjem ujemanja pozicije zvezd na sliki in v digitalnem zvezdnem katalogu. Izračun ustrezne transformacije se potem tudi vpiše v glavo slike. Tako opremljene slike lahko uporabimo za znanstveno obdelavo podatkov, glede na zastavljeno nalogo študenta.

Opazovalni projekti, ki jih izvajamo s teleskopom, so različno zahtevni. Začnemo z enostavnim slikanjem nebesnih teles, kot so Luna, zvezdne kopice, galaksije, kometi in asteroidi. Slike lahko zlagamo v mozaike, ki pokrivajo večje megličaste objekte, slike lahko računalniško ostrimo. Na primer na slikah Lune izmerimo višino gora in velikost ter globino kraterjev. Primer iz opazovanja Lune je prikazan na sliki 5. Pri asteroidih in kometih spremljamo gibanje objekta med zvezdami in z astrometrijo izračunamo orbito. Opazujemo lahko tudi rotacijo asteroida s časovno meritvijo sija. Iz oblike svetlobne krivulje določimo periodo rotacije in sklepamo o njegovi obliki. Zelo pogosto izbrana in tudi ena najzahtevnejših meritev je opazovanje eksoplanetov, kjer opazujemo prehode planetov, ki krožijo okoli drugih zvezd v naši Galaksiji. Rezultati opazovanja prehoda planeta v drugem osončju so prikazani na sliki 6. Podobna meritev je tudi opazovanje eklipsnih dvojnih zvezd.

Projekti z bolj astrofizikalno vsebino obsegajo ploskovno razporeditev svetlobe v galaksijah, porazdelitev zvezd v

kroglastih kopicah, ki lahko kaže na prisotnost črne luknje v njenem središču, fotometrijo spremenljivih zvezd tipa kefeid, določitev oddaljenosti zvezdnih kopic, barve zvezd, barvni Hertzsprung-Russellov diagram, s katerim določimo starost in oddaljenost zvezdnih kopic. Meritev svetlobne krivulje zvezde kefeide je prikazana na sliki 7. Programska oprema, ki jo uporabljamo pri teh projektih, sta programa AstroImageJ [8] in ASTAP [9]. Za ogled slik in identifikacijo objektov s pomočjo astronomskih katalogov uporabljamo program SAOImageDS9 [6]. Pri izvedbi projektov študenti pogosto tudi sami napišejo krajše programe v programskem jeziku Python.



**Slika 5:** Lunina površina okoli kraterja Copernicus je bila posneta na daljavo z robotskim teleskopom 25. 4. 2018. Na sliki so lepo vidne sence gora, sence kraterjev in radialne bele proge okoli 93 km velikega kraterja. Iz dolžine senc na Luni, s pomočjo pravokotnega trikotnika, izračunamo višino gora. Posnetek je dodatno izostren s programom Registax [7].

## Zaključek

Z izvedbo projekta šolskega robotskega teleskopa smo pokazali, kako se na razmeroma enostaven in cenovno ugoden način omogoči študentom ali dijakom opazovanja na daljavo s pravim raziskovalnim teleskopom. Opazovanje na daljavo, v primerjavi z opazovanjem v observatoriju, študentom omogoča bistveno lažji dostop do vrhunske astronomske opreme. Imajo manj logističnih težav, saj lahko opazujejo od doma in bolje izkoristijo razpoložljivi čas. Internetno opazovanje s teleskopom tudi poveča izkoristek teleskopa, saj lahko za opazovanja izkoristimo skoraj vsako jasno noč. V Ljubljani imamo v povprečju 70 jasnih noči, kar pomeni, da lahko teleskop obratuje 500 ur letno. Če povprečno opazovanje za študentski projekt traja tri ure, to pomeni, da je zmogljivost teleskopa vsaj 150 opazovanj letno. Teleskop si lahko deli tudi več skupin, ki delajo na različnih opazovalnih projektih. Tipičen primer je opazovanje dol-





# GoChile – prvi slovenski teleskop v Čilu

dr. Andreja Gomboc

Fakulteta za naravoslovje, Center za astrofiziko  
in kozmologijo, Univerza v Novi Gorici

## Izvleček

Leta 2021 je z opazovanjem pričel GoChile – pedagoško-raziskovalni projekt Fakultete za naravoslovje Univerze v Novi Gorici in astronomske revije Spika. GoChile sestavljata 400milimetrski zrcalni teleskop in na njem pritrjeni 72milimetrski lečni teleskop, ki stojita na observatoriju El Sauce v Čilu, na lokaciji s temnim nebom in več kot 300 jasnimi nočmi letno. Teleskopa sta daljinsko upravljana in omogočata raznovrstna opazovanja od astrofotografije do raziskovalnih nalog dijakov in študentov. Projekt GoChile omogoča pridobivanje izkušenj z astronomskimi opazovanji, upravljanjem opreme na daljavo, obdelavo in analizo podatkov ter razvoj kompetenc kritičnega razmišljanja, načrtovanja in izvedbe raziskovalnega projekta, predstavitve rezultatov in drugih.

**Ključne besede:** slovenski teleskop v Čilu, astronomska opazovanja, upravljanje opreme na daljavo

## GoChile – First Slovenian Telescope in Chile

### Abstract

In 2021 GoChile began its observations – it is an educational and research project of the School of Science at the University of Nova Gorica and the astronomical journal Spika. GoChile consists of a 400-mm reflecting telescope co-mounted with a 72-mm refracting telescope; they are located at the El Sauce Observatory in Chile, in a location with a dark sky and more than 300 clear nights per year. The telescopes are remotely controlled and provide diverse observations, from astrophotography to the research projects of secondary school and university students. The GoChile project enables gaining experience with astronomical observations, remotely controlling equipment, processing and analysing data, and developing the competences of critical thinking, of planning and implementing a research project, of presenting results, and so on.

**Keywords:** Slovenian telescope in Chile, astronomical observations, remotely controlling equipment

### Projekt GoChile

Začetek projekta GoChile je bil pogovor neko sobotno dopoldne februarja 2019. Tistega leta je Mednarodna astronomska zveza praznovala stoletnico ustanovitve in nekaj astronomskih navdušencev se nas je odločilo, da v Sloveniji praznovanje pospremimo s serijo kratkih videoposnetkov o pomenu astronomije. Matej Mihelčič, strokovni sodelavec astronomske revije Spika, je prijaz-

no pristal, da bo voluntiral kot režiser, snemalec in montažer. Ko smo končali snemanje, sva se z Matejem zapletla v pogovor o observatorijih in opazovalnih razmerah v Sloveniji. Ugotavljala sva, da obstaja v Sloveniji poleg observatorija Univerze v Ljubljani, ki stoji na Golovcu sredi osvetljene Ljubljane, lepo število društvenih in zasebnih observatorijev na astronomsko primernejših lokacijah, vendar so žal tudi tam opazovalne

**Slika 1:** Posnetek kroglaste zvezdne kopice NGC 5139 ali Omega Kentavra s teleskopom GoChile GoT2. 11,5 milijarde let stara meglica je od nas oddaljena okoli 16.000 svetlobnih let.

Avtor: Matej Mihelčič.



**Slika 2:** Teleskop GoChile GoT1 na observatoriju El Sauce v Čilu. Foto: Obstech.

razmere zaradi vremena in svetlobnega onesnaženja daleč od idealnih, ljubiteljska astronomija pa ob možnostih, ki jih ponuja sodobna oprema, postaja vedno zahtevnejša. Beseda je nanese na ljubiteljske astronome iz zahodne Evrope, ki postavljajo svoje teleskope na oddaljene, astronomsko boljše lokacije, pa tudi na to, da Univerza v Novi Gorici, ki je nekaj let pred tem razširila svoj študij v smeri astrofizike, še nima stalno postavljenega teleskopa oz. observatorija za pedagoško in raziskovalno delo študentov. Tako sva prišla do zamisli o skupnem projektu postavitve teleskopa v Čilu, ki bo daljinsko upravljan in bo služil tako ljubiteljski astronomiji kot astrofizikalnim opazovalnim projektom študentov, del njegovega opazovalnega časa pa bi lahko bil na voljo tudi radovednim dijakom.

Svoje navdušenje nad zamislijo sva v naslednjih tednih razširila še na nekaj bližnjih sodelavcev in priprave so stekle: nabava teleskopa in vse spremljajoče opreme (veliko sestavnih delov in programske opreme je plod Matejevega lastnega dela, na pomoč pa so priskočili tudi nekateri sponzorji z materialnimi donacijami), najemanje prostora na observatoriju El Sauce v Čilu, ki ga upravlja podjetje Obstech, in oblikovanje imena projekta – GoChile: »Go« se navezuje na »Gorica« v imenu univerze in na angleško besedo »go« (gremo) – Gremo v Čile!

Pot v Čile in montažo na observatoriju smo načrtovali za začetek leta 2020, vendar je zaradi pandemije prišlo do zamude in sprememb. Vmesni čas je Matej izkoristil za

dopolnitev opreme in temeljito preizkušanje v Sloveniji. Končno izbrana oprema je: stojalo FORNAX ONE50, na katerem sta nameščeni dve optični cevi proizvajalcev SkyPoint iz Italije in Sharpstar iz Kitajske. Manjši teleskop (GoT2) je 76-milimetrski  $f/4,5$  refraktor in je z zornim poljem  $3,4^\circ \times 2,2^\circ$  namenjen širokokotnemu opazovanju, predvsem fotografiranju objektov, ki zavzemajo večja območja neba (na primer meglice, razsute zvezdne kopice). Večji teleskop (GoT1) je 400-milimetrski  $f/6,5$  Ritchey-Chrétien z zornim poljem  $0,8^\circ \times 0,5^\circ$  in je namenjen podrobnejšemu opazovanju galaksij, planetarnih meglic, zvezd, planetov. Na večjem teleskopu GoT1 je nameščena hlajena astronomska kamera ASI6200MM Pro s filtri LRGB, H-alfa in O3, na manjšem GoT2 pa kamera ASI2600MC Pro s filtri L in Duo-Band/H-alfa ter O3. Zraven je nameščena še vsenebna kamera Mars-C (IMX462) s  $180^\circ$  lečo. (V prihodnje si želimo na teleskop priključiti tudi spektroskop, s katerim bo mogoče opazovati spektre zvezd.)

Teleskop je skupaj z vso pripadajočo opremo odpotoval iz Slovenije marca 2021. Aprila je srečno pripotoval na observatorij, kjer so tamkajšnji sodelavci po Matejevih navodilih postavili stojalo, pritrdili teleskopa in priključili vso opremo. Kmalu sta sledila »prva svetloba« in pričetek opazovanj.

## Prednosti lokacije

Glavna prednost projekta GoChile je odlična lokacija v Čilu – observatorij El Sauce (ime v španščini pomeni vrba) stoji na 1560 m nadmorske višine na južnem delu puščave Atakama, kjer je eden najboljših krajev na svetu za opazovanje nočnega neba. Lokacija observatorija ima temno nebo z zelo malo svetlobnega onesnaženja in več kot 300 jasnimi nočmi na leto, ozračje pa je tako čisto, suho in mirno, da omogoča razločiti podrobnosti na nebu, ki so manjše od ene ločne sekunde ( $1/3600$  kotne stopinje). Na observatoriju je že postavljenih več deset daljinsko upravljanih teleskopov. Le 20 km zračne črte stran je Cerro Pachon, ki so ga ameriški astronomi izbrali za lokacijo 8,1-metrskega teleskopa Gemini South in Observatorija Vere C. Rubin, na katerem bo na 8,4-metrskem teleskopu potekal velik mednarodni projekt Legacy Survey of Space and Time (LSST), pri katerem sodeluje tudi Univerza v Novi Gorici.

Izvrstna lokacija v Čilu daje projektu obilico opazovalnega časa in pogled na velik del severne poloble ter hkrati na celotno južno poloblo neba – na nebesne objekte, ki iz Evrope niso vidni (na primer Mali in Veliki Magellanov oblak).

Prednost je tudi časovna razlika glede na Slovenijo, zaradi katere bodo lahko študenti in dijaki na začetku, ko se bodo še učili uporabljati teleskop, neposredna opazovanja nočnega neba v Čilu izvajali v slovenskem dopoldanskem času (ko je v Čilu še noč), torej v času rednega šolskega dela. V kasnejših fazah jim bo računalniško vode-



nje teleskopa omogočalo tudi samodejna opazovanja, pri katerih neposredno upravljanje teleskopa in prisotnost opazovalcev za računalnikom ne bosta nujno potrebni.

## Opazovanja z GoChile

Polovica opazovalnega časa pri projektu GoChile je namenjenega ljubiteljski astronomiji, polovica pa študentom študijske smeri Fizika in astrofizika na Univerzi v Novi Gorici in dijakom. Študenti in dijaki bodo v projektu pridobivali praktične izkušnje z astronomskimi opazovanji in upravljanjem sodobnih računalniško vodenih teleskopov in opreme na daljavo. Ker so teleskopa in vsa opazovalna oprema računalniško upravljani, se bodo lahko lotevali tudi projektov, ki jih je s klasičnimi teleskopi v Sloveniji težko izvesti. Tak primer je opazovanje dolgoperiodičnih spremenljivih zvezd, ki zahteva dolga obdobja jasnega in stabilnega vremena ter snemanje posnetkov veliko število zaporednih noči. Slednje je za opazovalca zelo naporno, z računalniško vodenim teleskopom, ki mu vnaprej določimo opazovanja, ki jih teleskop nato opravi avtonomno, pa je to izvedljivo brez bedenja ali vstajanja sredi noči. Nekateri drugi primeri mogočih opazovalnih projektov so: opazovanje vrtenja Jupitra, določanje tirnice asteroida, merjenje sprememb v svetlosti asteroida in določanje njegove rotacijske periode, določanje parametrov tira astrometričnih ali prekrivalnih dvojnih zvezd, merjenje orbitalnih parametrov

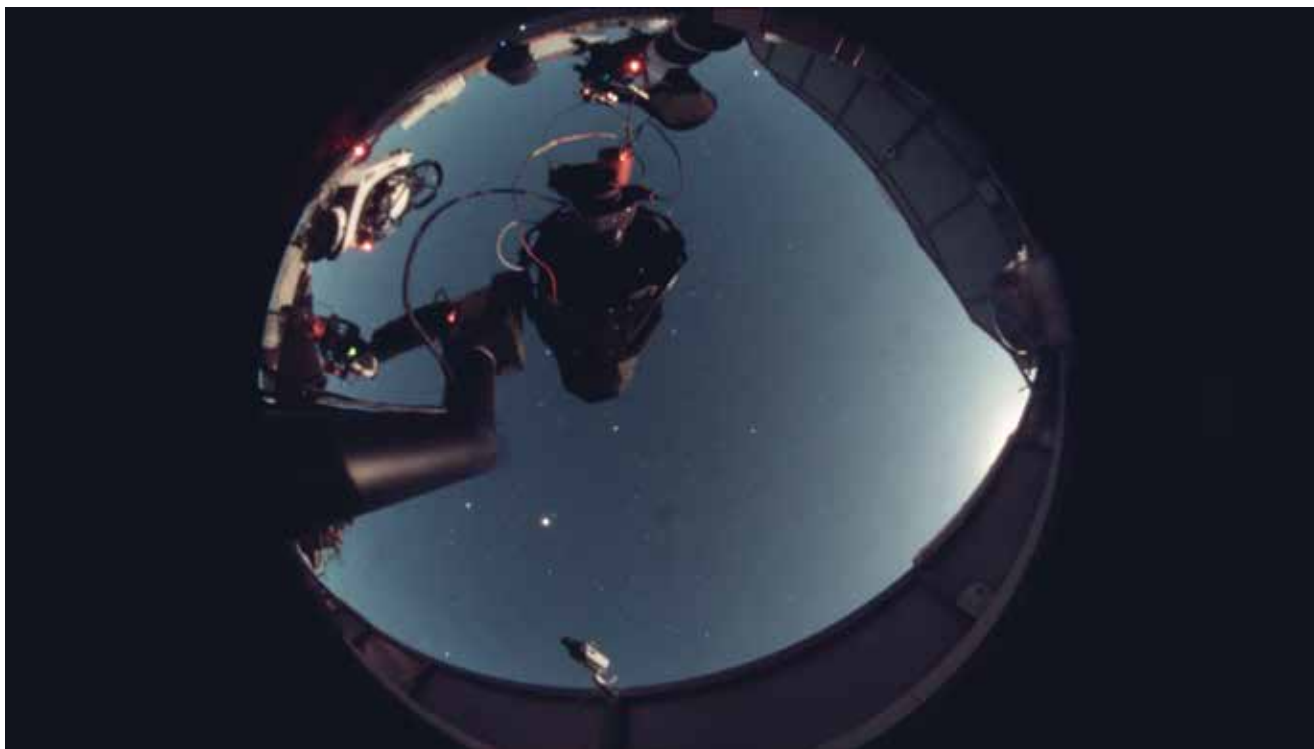
eksoplaneta, opazovanje različnih vrst spremenljivih zvezd, zvezdnih kopic, planetarnih kopic, galaksij, supernov idr.

Pri projektu GoChile si želimo, da bi študenti in dijaki oblikovali tudi lastne predloge opazovalnih projektov. Z GoChile imajo priložnost, da ob strokovni podpori Univerze v Novi Gorici pridobijo raziskovalne izkušnje – se naučijo načrtovati lastne raziskovalne projekte, jih izvesti in nato obdelati in analizirati zbrane podatke ter predstaviti rezultate. Na voljo je dovolj opazovalnega časa tudi za preizkušanje neobičajnih, drznih raziskovalnih idej. Tudi če te ne bodo pripeljale do zelenega rezultata, se lahko dijaki in študenti ob njih ogromno naučijo.

Glavne znanstvene raziskave Centra za astrofiziko in kozmologijo Univerze v Novi Gorici bodo še naprej potekale v okviru mednarodnih sodelovanj, z večjimi teleskopi in sateliti, bo pa projekt GoChile zanimiv tudi za proučevanje nekaterih svetlih astrofizikalnih tranzientnih dogodkov, kot so supernove, zasiji izbruhov sevanja gama in raztrganja zvezd v bližini črnih lukenj, ki jih raziskujemo, in v te raziskave z veseljem vpeljemo tudi dijake in študente.

Spletna stran projekta GoChile: <https://gochile.si/>

FB-profil: <https://www.facebook.com/GoChileTeleskop>



**Slika 2:** Pogled na južno nebo z vsenebno kamero. V ospredju je vidna silhueta montaže in teleskopa GoChile. Foto: GoChile

# Sobota za vedoželjne učence 8. razreda

Ksenija Božak

Osnovna šola Dob

## Izvleček

V prispevku so prikazane eksperimentalne vaje za učence 8. razreda, ki jih že nekaj let zapovrstjo izvajamo ob sobotah z učenci, ki si tega želijo. Vaje lahko uporabimo tudi za naravoslovni dan. Učenci imajo že v šestem in sedmem razredu možnost obiskati naravoslovne delavnice. Večinoma so zelo navdušeni in se delavnic radi udeležijo tudi v osmem in devetem razredu. Za sodelovanje na delavnicah ni nujno, da so učenci prepoznani kot nadarjeni. Naš namen v nižjih razredih je učence motivirati za naravoslovne vede, večinoma smo učitelji na naši šoli dokaj uspešni, dokaz je veliko število učencev na delavnicah. V osmem razredu na delavnicah svoje znanje utrjujejo, izboljšujejo in nadgrajujejo.

**Gljučne besede:** Uvod v fiziko, eksperimentalne vaje, sobota za vedoželjne

## Saturday for Eager-to-Learn Year 8 Pupils

### Abstract

The article presents experimental exercises for year 8 pupils, which we have been carrying out on Saturdays for several years in a row with the interested pupils. These exercises can also be used for a Science Day. Pupils are already given the option of attending science workshops in years 6 and 7. They are usually very excited and like to attend these workshops in years 8 and 9 too. The pupils need not be identified as gifted to participate in the workshops. Our purpose in the lower years is to motivate pupils for the sciences; the teachers at our school are usually quite successful at it, as corroborated by the large number of pupils attending the workshops. At the year 8 workshops, the pupils consolidate, enhance and upgrade their knowledge.

**Keywords:** introduction to physics, experimental exercises, Saturday for the eager-to-learn

### Uvod

V sodelovanju z učiteljico za naravoslovje in kemijo sem pričela z delavnico za vedoželjne šestošolce. Delavnica je bila tako dobro obiskana, da sva jo z učiteljico moraliz izpeljati kar v dveh dneh, saj se je prijavilo čez 30 učencev. Potek delavnice za šestošolce sem opisala v prvi številki revije Fizika v šoli leta 2021 [1]. Motiviranost in zavzetost otrok za delo sta motivirali tudi naju z učiteljico. Tako sva se lotili še priprav za učence 7., 8. in 9. razreda. Delavnica za osmošolce je zasnovana na temo merjenja iz učnega načrta za fiziko. Zaradi tekmovalne naravnosti in raznolikosti nalog so učenci bolj motivirani za delo.

Delavnico je mogoče izvesti ob naravoslovnih dnevih, midve jo organizirava ob sobotah – pogosto septembra, ko učenci še niso preobremenjeni s šolskimi in obšol-

skimi obveznostmi. Učenci so razdeljeni v dve skupini. Po navadi prvo skupino sestavljajo osmošolci, drugo pa devetošolci. Prva skupina prične s fizikalnimi nalogami, druga pa s kemijskimi. Po 90 minutah se skupini zamenjata. Vmes imamo čas za malico.

### SPLOŠNI CILJI, ki jih želimo doseči z eksperimentalnimi vajami na fizikalni delavnici:

- učenci/učenke sistematično odkrivajo pomen eksperimenta pri spoznavanju in preverjanju fizikalnih zakonitosti,
- uporabljajo besedila s fizikalno vsebino, strokovno literaturo, e-gradiva, strokovne spletne strani in druge vire za pridobivanje znanja in podatkov,
- spoznavajo pomen in nepogrešljivost fizikalnega znanja za tehnološki razvoj in obvladovanje narave.



## OPERATIVNI CILJI, ki jih želimo doseči z eksperimentalnimi vajami na fizikalni delavnici:

- učenci/učenke izvedejo izbrane poskuse, pri katerih spoznajo in uporabijo metode in oblike dela pri fiziki s poudarkom na opazovanju, eksperimentiranju, merjenjih ter interpretaciji meritev in izidov poskusov,
- opredelijo pojme fizikalna količina, fizikalna enota in merska priprava, prepoznajo izbrane fizikalne količine,
- uporabijo ustrezne enote za izbrane fizikalne količine.

### Priporočila za učitelje

- Za pomoč k sodelovanju povabite tudi nekaj devetsošolcev.
- Potrebovali boste sedem učilnic, lahko tudi manj, če boste v nekaj učilnicah imeli po dve nalogi.
- Pred izvedbo pripravite vse pripomočke v izbranih učilnicah.

### Okvirni potek delavnice

Učenci se zberejo v prvi učilnici, kjer bo že prva postaja. Razdelite jih v pare ali trojice in jih seznanim, kako bodo dejavnosti potekale. Povejte jim, da med seboj tekmujejo in da bodo prve tri skupine simbolično nagrajene. Ekipa morajo pravilno opraviti vse naloge v čim krajšem času. **Pri tem poudarite, da osnovni cilj ni tekmovanje, temveč učenje na zabavnejši način.** Zato naj bodo vaši pomočniki (učenci 9. razreda) radodarni pri dajanju napotkov in manj strogi pri dodeljevanju »kazenskih minut«.

V prvi učilnici učenci prejmejo žepna računalna, ki jih ves čas nosijo s seboj in jih morajo na zadnji postaji vrniti. Vsi učenci hkrati prejmejo nalogo 1. Učitelju pokažejo rešitev, v primeru napačne rešitve rešujejo tako dolgo, da dobijo pravilen rezultat. Če učitelj tako presodi, skupini ponudi namig. Za vsak namig, ki ga skupina dobi, predlagam dodatno minuto h končnemu času prihoda na zadnjo postajo. Takoj ko skupina reši nalogo 1, dobi zapis zanimivosti o Eifflovem stolpu. Te zanimivosti naj učenci zbrano preberejo, saj bodo en podatek potrebovali v nadaljevanju. Zatem dobijo nalogo 2. Ko jo uspešno rešijo, gredo v naslednjo učilnico. Tako gredo skozi vse predvidene učilnice in na koncu spet pridejo v prvo, kjer jih čaka učitelj.

Da je bilo tekmovanje še zanimivejše, si učilnice niso sledile v ustaljenem vrstnem redu po številkah, temveč je bil vrstni red učilnic naključno pomešan. Ko je ekipa rešila nalogo, je dobila še uganke, rešitev uganke pa je bila na sliki vrat ene izmed učilnic, kjer je ekipa nadaljevala tekmovanje. Zanimive uganke in rešitve najdete na spletu: [sl.wikisource.org/wiki/Sto\\_ugank](http://sl.wikisource.org/wiki/Sto_ugank) [2]. Tudi slike za namestitve na vrata učilnic z lahkoto najdete z brskalnikom Google.

V vsaki učilnici sta en ali dva učenca 9. razreda, ki sta učiteljeva pomočnika. Tudi pomočniki lahko dajejo tekmovalcem namige in s tem dodajajo »kazenske« minute. Če imate premalo učencev pomočnikov, lahko ti nadzorujejo tekmovanje najprej v eni učilnici, ko pa vse ekipe dokončajo naloge v tej učilnici, gredo v eno od naslednjih učilnic. Ko prvo učilnico zapustijo vsi učenci in preden se vrnejo, učitelj hodi med učilnicami in spremlja delo tekmovalcev in učencev nadzornikov.

## Potrebni pripomočki v posameznih učilnicah

V vsaki učilnici pripravite toliko nalog, kolikor je skupin, in še nekaj za rezervo.

### UČILNICA 1:

- žepna računalna (za vsako skupino),
- prazni beli listi za reševanje nalog,
- naloga 1 (za vsako skupino),
- list z zanimivostmi o Eifflovem stolpu (za vsako skupino),
- naloga 2.

### UČILNICA 2:

- naloga 3,
- listi formata A4 (297 mm x 210 mm),
- svinčniki (za vsako skupino).

### UČILNICA 3:

- nalogi 4 a in 4 b,
- ravnilo z dolžino 20 ali 30 cm.

### UČILNICA 4:

- naloga 5,
- tehtnice (za vsako skupino),
- štiri čaše za vsako skupino,
- pesek za vsako skupino.

### UČILNICA 5:

- nalogi 6 a in 6 b,
- prazni beli listi,
- svinčniki,
- rute za oči, ustrezajo tudi zaščitne maske proti novemu koronavirusu (za vsakega učenca ena maska),
- lističi z rimskimi številkami (dobi pomočnik).

### UČILNICA 6:

- naloga 7 (za vsako skupino).

### UČILNICA 7 (za vsako skupino):

- 8. naloga (a, b, c),
- kopija gosto popisane strani iz knjige.

### UČILNICA 8 (to je ponovno 1. učilnica):

- naloga 9 (za prve tri skupine),
- tri skrinje s ključavnico (lahko tudi samo ena skrinja),
- dodatna naloga za hitre,
- merilnik dolžine,
- časopisna stran, na kateri so tudi fotografije.

## Priloga Eifflov stolp [5]

Dobro preberite spodnje besedilo, saj boste podatke še potrebovali.

Eifflov stolp je visok 274 metrov. Od tal do vrha je treba prehoditi 1710 stopnic. Na srečo ima devet dvigal.

Stolp je bil zgrajen iz kovinskih delov z maso 7300 ton ter spojen z dvema in pol milijona zakovic, skupna masa stolpa je približno 10.000 ton.

Eifflov stolp se pozimi skrči do 15 cm.

Ko je bil Eifflov stolp leta 1889 zgrajen, je bil najvišja stavba na svetu.

Restavracija v Eifflovem stolpu sprejme 200 ljudi.

Da bi zaščitili Eifflov stolp pred rjo, ga vsakih sedem let prebarvajo in pri tem uporabijo približno 50 ton barve.

Na vrhu stolpa se skriva majhno, a udobno stanovanje, ki si ga je uredil **Gustave Eiffel**. Vrhunski inženir in konstruktor, po katerem se pariška znamenitost tudi imenuje, se je tam sproščal s prijatelji ob zvokih klavirja.

## Rešitve nalog

### 1. a naloga

165 cm; 1. c 3130 jardov, 9390 čevljev (*feet*).

### 2. naloga

Predpona	Oznaka predpone	Desetiška potenca	Vrednost
deci-	d	$10^{-1}$	0,1
mega-	M	$10^6$	1.000.000
deka-	da	$10^1$	10
mikro-	$\mu$	$10^{-6}$	0,000001
kilo-	k	$10^3$	1000
giga-	G	$10^9$	1.000.000.000
centi-	c	$10^{-2}$	0,01
hekto-	h	$10^2$	100
mili-	m	$10^{-3}$	0,001

### 3. naloga

Npr.: Preštejemo, koliko celih dolžin lista lahko postavimo na dolžino mize, ter pomnožimo z 29,7 cm. Za ostane dolžine lahko uporabimo polovico širine lista (10,5 cm) itd.

### 4. a naloga

Najprej eden od učencev napravi daljši korak, drugi učenec pa z ravnilom izmeri dolžino koraka. Nato izmerimo dolžino in širino učilnice s koraki. Višino bolje ocenimo tako, da se učenec z znano višino postavi k steni.

### 4. b naloga

Čas nogometne tekme je 5400 sekund.

Šolska ura traja 0,75 h.

### 5. naloga

1. čaša – 0,2 dag = 2 g peska.

2. čaša – 10 000 mg = 10 g peska.

3. čaša – 0,15 kg = 150 g peska.

4. čaša – 0,000005 t = 5 g peska.

1. čaša < 4. čaša < 2. čaša < 3. čaša.

### 6. a naloga

Vse rešitve so pravilne. Pomembno je, da sta se učenca pozabavala, sprostila in miselno odpočila.

### 6. b naloga

MUCA COPATARICA SE NAJBOLJ ZABAVA PRI POUKU FIZIKE.

MCCCLVIII – 1359

### 7. naloga

6	4	5	7	3	8	1	9	2
8	3	1	9	2	5	7	6	4
2	7	9	1	6	4	8	5	3
1	2	7	8	5	9	4	3	6
3	9	8	6	4	7	5	2	1
4	5	6	2	1	3	9	8	7
5	6	2	4	8	1	3	7	9
9	8	4	3	7	6	2	1	5
7	1	3	5	9	2	6	4	8

### 8. naloga

Preštejemo število črk v eni vrstici in pomnožimo s številom vrstic.

### 9. naloga

200 ljudi.

## ODZIVI UČENCEV

»Na delavnico ‚Sobota za vedoželjne‘ sem prišel, ker mi je bila všeč že pretekla leta. Všeč sta mi fizika in kemija, prav tako učiteljici, ker se izjemno potrudita za nas.«

»Super sem se imela. Delavnice so bile totalno zabavne. Sploh nisem imela občutka, da sem se učila. ☺«

»Všeč mi je bilo skupinsko delo.«

## Viri

- [1] Božak, K. (2021). Sobota za vedoželjne. *Fizika v šoli*, 26(1), 54–59.
- [2] [https://sl.wikisource.org/wiki/Sto\\_ugank](https://sl.wikisource.org/wiki/Sto_ugank); (25. 8. 2021)
- [3] Paravina, E. (1976). *Stokrat 5 minut za razvedrilo*. Ljubljana: Zveza prijateljev mladine Slovenije.
- [4] Jagodic, A. (2012). *Brihtna glavca, Fizika: zbirka nalog z rešitvami za 8. razred osnovne šole*. Ljubljana: Mladinska knjiga.
- [5] [https://sl.wikipedia.org/wiki/Eifflov\\_stolp](https://sl.wikipedia.org/wiki/Eifflov_stolp); (25. 8. 2021)

## Naloge

Na naši šoli smo naloge iz leta v leto spreminjali. Nekajkrat smo uporabili zanimive naloge iz knjig *Stokrat 5 minut za razvedrilo* [3] in *Brihtna glavca, zbirka nalog za fiziko rešitvami za 8. razred osnovne šole* [4].

Sledi primer nalog, ki niso prevzete iz drugih virov.

### 1. naloga

V svetu še vedno uporabljajo različne enote za merjenje dolžin. Angleži in Američani na primer še vedno uporabljajo enote, podobne tistim, ki jih je pred približno 900 leti predpisal angleški kralj Henrik Angleški. Mersko enoto čevlj pa so uporabljali že precej pred novim štetjem.

Jard je enak trem čevljem (ang. *foot*, množina *feet*), čevlj pa 12 palcem (ang. *inch*). Po mednarodnem merskem sistemu čevlj meri približno 0,305 metra.

Prva kitica Prešernove pesmi »Soldaška« se glasi:

*Pet čevljev merim, palcov pet;  
adijo, ljubca, starši,  
in zbogom ví, tovarši!  
Dopolnil sem devetnajst let,  
pet čevljev merim, palcov pet  
in čvrste sem postave  
od nog do glave.*

1. a Kolikšno višino fanta iz pesmi bi v centimetrih izračunali Angleži?

Opomba: Fant v pesmi je bil v resnici višji, saj so v Prešernovih časih uporabljali dunajski čevlj, ki je meril 0,316 m.

1. b Izmerite dolžino svojega čevlja.

1. c Kolikšna je višina Triglava v jardih in koliko v čevljih?

1. d Preberite zanimivosti o Eifflovem stolpu, en podatek boste potrebovali v nadaljevanju. Podatke si lahko tudi izpišete, vendar s tem izgubljate čas. List z zanimivostmi vrnite takoj, ko presodite, da ste ga temeljito predelali.

### 2. naloga

Dopolnite tabelo predpon

Predpona	Oznaka predpone	Decimalna vrednost	Desetiška potenca
deci-	d	0,1	$10^{-1}$
mega-			$10^6$
deka-	da		$10^1$
mikro-			$10^{-6}$
kilo-			$10^3$
giga-	G	1.000.000.000	$10^9$
centi-			$10^{-2}$
hekto-		100	$10^2$
mili-			$10^{-3}$

### 3. naloga

Na približno 3 cm natančno izmerite dolžino in širino šolske mize, pri čemer lahko uporabite le list formata A4 (297 x 210 mm) in svinčnik. Iz zapisa mora biti razvidno, kako ste prišli do rezultata. Pišete lahko le po listu, ne pa po mizi.

Izračunajte tudi, koliko  $\text{dm}^2$  meri ploščina zgornje plošče šolske mize.

### 4. naloga

4. a S koraki na približno meter natančno izmerite dolžino in širino učilnice, višino pa na približno 0,5 metra natančno ocenite po občutku.

Izračunajte, koliko litrov bi držal vodni rezervoar, ki bi imel enako obliko kot učilnica.

4. b Med danimi časovnimi zapisi: 0,9 h; 5400 s; 4,45 h; 0,75 h; 0,03 dneva ugotovite, kateri podatek ustreza dani trditvi:

- Čas nogometne tekme je ...
- Šolska ura traja ...

### 5. naloga

Pred seboj imate štiri enake posodice in tehtnico.  
V prvo posodico natehtajte 0,2 dag peska.  
V drugo posodico natehtajte 10 000 mg peska.  
V tretjo posodico natehtajte 0,15 kg peska.  
V četrto posodico natehtajte 0,000005 tone peska.  
Rezultate pokažite pomočniku, ki bo preveril pravilnost.

### 6. naloga

6. a Pomočnik vam bo zavezal oči. Po dva tekmovalca primita isti svinčnik in brez dogovarjanja narišita kvadrat, pravokotnik, enakostranični trikotnik in krog.
6. b V spodnjem besedilu poiščite vse rimske številke, nato najprej zapišite vse tisočice skupaj, potem stotice, desetice in enice ter število zapišite z arabsko številko. Če ste pozabili rimske številke, lahko pogledate na svetovni splet ali dobite listič z rimskimi številkami od pomočnika.

MUCA COPATARICA SE NAJBOLJ ZABAVA PRI  
POUKU FIZIKE.

### 7. naloga

7. a Najprej za segrevanje rešite mali sudoku, tako da v prosta polja vpišete števila od ena do štiri, toda tako, da se nobeno število ne ponovi v vrstici in v stolpcu.

2			
	1		2
		3	
			4

7. b Nato rešite še »pravi« sudoku. Da ne boste izgubili preveč časa, lahko trije manjši kvadrati (velikosti 3 x 3, ki so omejeni s poudarjeno črto) ostanejo nedokončani.

Navodilo: Sudoku izpolnite tako, da v prosta polja vpišete števila od ena do devet, pri tem pa se nobeno število ne sme ponoviti v vrstici, stolpcu ali manjšem kvadratu, ki je omejen s poudarjeno črto.

	4	5		3	8			
8			9		5			
	7	9		6	4			3
1		7	8	5	9	4	3	6
3	9		6		7	5		1
4		6	2	1	3	9	8	7
5		2	4		1		7	
9	8	4	3	7			1	
7		3	5	9		6		

### 8. naloga

8. a Na hitro po občutku ocenite, koliko črk je na priloženi gosto popisani strani kopije iz knjige.
8. b Premislite in napravite nekaj »meritev« ter natančneje ocenite število črk na listu.
8. c Pojdite v učilnico, kjer se je tekmovanje pričelo.

### 9. naloga (v začetni učilnici)

Odgovor na naslednje vprašanje je številka, ki odpre ključavnico skrinje.

Koliko ljudi sprejme restavracija na Eifflovem stolpu?

Uporabite lahko tudi druga vprašanja, npr.: Izračunajte maso zakovic v tonah in rezultat delite z 10.

### Dodatna naloga za hitre

Ocenite število črk na časopisni strani, kjer je tudi velika fotografija. Namig: Če so črke enako velike in razmiki med vrsticami enaki, je število črk sorazmerno ploščini.

# Kako predstavljamo sile

dr. Mojca Čepič

Pedagoška fakulteta, Univerza v Ljubljani

Pri predavanjih iz mehanike in didaktike fizike se s študenti pogosto zapletemo v debato, kako sile narisati nazorno, brez dvomov o njihovi velikosti, smeri, prijemališču in podobno.

Priznati moram, da odgovor ni popolnoma enostaven, saj upoštevanje samoumevnih pravil včasih vodi do zelo nepreglednih slik. Ker se prezentacije sil neposredno navezujejo na prejšnjo komunikacijo o silah, se jim posvetimo.

## Splošna pravila za risanje sil

Najprej povejmo nekaj splošnih pravil za risanje, ki vključuje sile. Silo predstavimo z usmerjeno daljico, torej s črto določene dolžine in smeri, ki ima označeno prijemališče sile in s puščico označeno smer delovanja sile. Puščica je običajno na enem koncu, a najdemo tudi predstavitev, kjer so puščice narisane na sredini črte, ki predstavlja silo, ali celo kjerkoli, kjer je na skici ostal prostor. O kraju, kjer je sila narisana glede na telo, na katero deluje, in prijemališču nekoliko kasneje.

Učenci zelo radi rišejo majhne slike. Smiselno je, da so slike dovolj velike, da je mogoče uporabiti primerna merila in so dobro vidne razlike med dolžinami vektorjev. Tako čez prst, enostavna slika naj zasede četrtno lista A4, nekoliko bolj kompleksna pa vsaj polovico lista v zvezku.

Poznamo tri načine prezentacij (slik, risb, skic):

- Slike so lahko *kvalitativne*, torej kažejo le, da na telo neka sila deluje, ne sprašujemo pa se o njeni velikosti. Običajno je informacija o smeri vseeno predstavljena. Kvalitativne slike so med fiziki redke.
- Ker se pri silah običajno pogovarjamo tudi o njihovih primerjalnih velikostih, torej ali so večje, manjše ali enake od nekega izbranega standarda na sliki, vsebuje mnogo več informacij *semikvantitativna* predstavitev. Taka predstavitev sicer ne omogoča razbiranja, kako velike sile dejansko so, iz puščic, a omogoča primerjavo sil, ugotavljanje, ali so sile med seboj enake ali ne, in podobno. Semikvantitativna prezentacija zahteva tudi, da so sile, ki se močno razlikujejo po velikosti, močno različnih dolžin tudi na sliki. Kadar so sile močno različne, npr. teža je desetkrat večja od vzgona, je semikvantitativno risanje kot ilustracija pojava tudi edino mogoče.
- *Kvantitativne* slike vsebujejo podrobnosti. Predstavljeno je merilo: npr. puščica, dolga 1 cm, predstavlja silo z velikostjo 1 N. Vse sile so narisane v skladu z merilom. Njihove vsote ali komponente so narisane natančno, sledeč navodilom za risanje sestavljenih rezultat in razstavljenih komponent, iz slike lahko izmerimo dolžine neznanih sil ali njihovih komponent in iz teh dolžin izračunamo njihove dejanske velikosti.



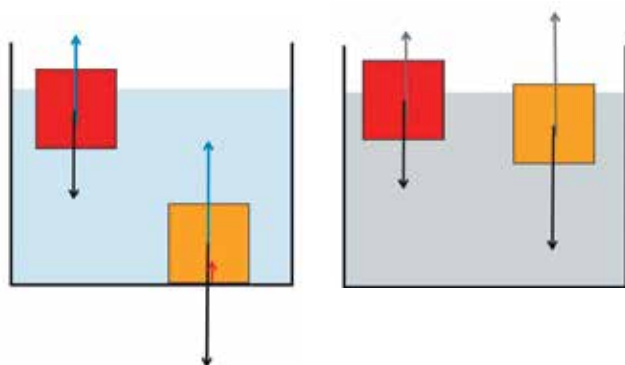
Moje izkušnje kažejo, da je semikvantitativno risanje zahtevnejše od kvantitativnega. Pri zadnjem učenci in študentje to sledijo pravilom, ki jih vodijo do rezultata. Semikvantitativna skica zelo pogosto zahteva tudi razmislek, ocene, primerjave in podobno. Taki razmisleki so mnogo lažji s konkretnimi številkami, zato se učenci pogosto raje zatečejo k računom. Najlepše se težavnost razmisleka pokaže pri standardni predstavitvi vzgona, ki ga kaže slika 1.

#### Naloga je enostavna

Kocki z enakim robom z gostoto  $1,2 \text{ kg/dm}^3$  in gostoto  $0,8 \text{ kg/dm}^3$  vržemo najprej v vodo. Iz vode kocki prestavimo v koncentrirano slanico z gostoto  $1,3 \text{ kg/dm}^3$ .

V semikvantitativnem merilu narišite vse sile, ki na telesi delujejo v vodi in v slanici.

Vse sile iz obeh primerov hkrati uredite po naraščajoči velikosti, uporabite znaka  $<$  in  $=$ .



(a) Kocki v vodi.

(b) Kocki v slanici.

**Slika 1:** Rdeče telo ima gostoto  $0,8 \text{ kg/dm}^3$ , rumeno pa  $1,2 \text{ kg/dm}^3$ . Sile so označene z barvno kodo, teža je črna, vzgon v vodi moder, sila podlage rdeča, vzgon v slanici pa siv.

Prvi problem je konsistentnost obeh slik. Tudi v učbenikih pogosto vidimo zelo različno narisane predstavitve plavajočih in potopljenih teles. Dejansko avtorji obravnavajo različna telesa v različnih tekočinah, a to pogosto vodi do napačnih zaključkov, če iz ene v drugo tekočino prestavimo isto telo. Naslednja težava je izbira »standarda«, ker naloga nima podatkov o velikostih stranic. Nekateri rešijo težavo tako, da si velikost stranic izmislijo, drugim je treba pomagati, le redkim poznavanje nekaterih podatkov in umanjkanje drugih ne dela težav.

Pravilna semikvantitativna slika vsebuje naslednje komponente:

- Puščica, ki ponazarja težo rumenega telesa, je približno polovico daljša od puščice za težo rdečega.
- Velikosti vzgonov na plavajoča telesa morajo biti enake težam teh teles.
- Velikost vzgona na potopljeno telo mora biti večja od velikosti vzgona na plavajoče telo, a manjša od teže

tega istega telesa. Manjkati ne sme približno pravilna sila podlage.

Konsistentnost slike preverja še urejanje sil. Poimenujmo telesi A (rdeče) in B (rumeno), tekočini pa 1 (voda) in 2 (slanica). Sile pa  $F_g$  (teža),  $F_v$  (vzgon) in  $F_p$  (podlaga). Indeksi se podaljšajo s poimenovanji, npr.  $F_{v,1B}$  je vzgon na telo B v vodi. Sil je sedem, v naraščajočem zaporedju si sledijo tako:

$$F_{p,B} < F_{gA} = F_{v,1A} = F_{v,2A} < F_{v,1B} < F_{g,B} = F_{v,2B}.$$

Naloga ima variacije, spreminjamo lahko razmerja stranic, gostote materialov predmetov, gostote tekočin, oblike predmetov, npr. valj namesto kocke, kjer lahko enostavno podvojimo prostornino. Presenetljivo je, kako hitro tudi študentje bleknejo, da ima kocka z robom  $2a$  dvakratnik prostornine. Linearno razmišljanje res sedi zelo globoko v možganih.

## Točkovne sile

Za začetek se lotimo risanja sil, o katerih smo razpravljali zadnjič. Kjer lahko prihaja do problemov z nazornostjo ali s ponazarjanjem fizikalnih zakonitosti, bomo o morebitnem problemu pod tabelami še razpravljali.

**Tabela 1:** Točkovne sile

Vrsta sile	Slika
poteg, vlek	
potisk, stisk	

O točkovnih silah smo že govorili kot o aproksimaciji, da je površina, na katero deluje sila, zelo majhna v primerjavi s površino predmeta. Zato položaj prijemališča sile ni problematičen. Prijemališče sile se nahaja na delu telesa, kjer sila deluje. Toda ali je ta točka tudi nujno »začetek« puščice, ki ponazarja silo? Tukaj so mnjenja deljena. Glede na to, da je vektor sile abstraktna predstavitev, ki ga v mnogih postopkih predstavljamo sem in tja po papirju, npr. pri seštevanju sil ali pri risanju diagrama sil na telo, ki ni točkasto, je morda smiselno sprejeti drugačen dogovor. Prijemališče se vedno nahaja v točki, kjer sila deluje. Vektorsko ponazoritev sile pa narišemo tako, da slika ostane nazorna. V drugem primeru, torej pri ponazoritvi »potiska«, je analiza dogajanja lažja, če je okoli sile prostor – pa še ponazoritev opozarja učenca v skladu z njegovimi izkušnjami, da telo potiskamo. Alternativna ilustracija na desni zelo hitro vodi do zaključkov, da predmet vlečemo od znotraj, da je skozi predmet napeljana vrstica itd. Za analizo to sicer ni pomembno, a ker ni v skladu z izkušnjami, učence kaj hitro utrdi v mnenju, da šolska fizika nima povezave z realnostjo.

## Površinske sile

Površinske sile so večja težava. Pojem »prijemališče« je bolj abstrakten in zahteva dogovor. Sile včasih delujejo vzdolž površin, npr. trenje in lepenje, kar otežuje nazorno risanje. Čeprav so sile površinske, je včasih prijemališče v samem telesu.

Posvetimo se najprej prijemališču. Prijemališče se načeloma nahaja v točki, v kateri bi rezultanta površinsko razporejenih sil imela enak učinek, če bi delovala točkovno. To pravzaprav pomeni, da bi v tej točki rezultanta povzročala enak navor okoli poljubne osi kot prostorsko razporejena sila. V tabelah 2 in 3 so prijemališča označena, a niso vedno enakih barv. Razlika v barvah je nastala zgolj zaradi kontrasta oziroma nazornosti in nima drugega pomena.

Sila podlage je nedvomno površinska sila. Razprave o tem, ali vanjo vključiti tudi lepenje oziroma trenje, ker je zanj vzrok isto telo, ne bom ponavljala [1]. Posvetimo se raje risanju. Sila podlage je za učence vedno problematična, ker ni omejena samo na silo, ki nasprotuje teži, ampak ima lahko poljubno smer in velikost. Pomislimo le na udarec loparja po žogici, »podlaga« udari žogico. Podlaga je zelo splošen pojem in ni nujno povezan z velikimi površinami, ki so le v delnem stiku s predmetom. Zadnja slika v prvi vrsti kaže obrnjeno situacijo, za tla ima vlogo »podlage« predmet, saj povzroča silo na tla zaradi deformacije ob stiku. Dokler je sila podlage omejena

na silo, ki je na podlago pravokotna, je risanje enostavno. Prijemališče sile podlage je v geometrijskem središču stične ploskve. To seveda ne velja popolnoma, če je telo asimetrično obremenjeno, a naj bo to izjema.

Risanje pa postane bolj težavno pri ponazoritvah lepenja in trenja. Na slikah v drugi in tretji vrstici Tabele 2 je najprej predlog, da se lepenje in trenje vedno ponazarjata skupaj z vzrokom zanju. Pri lepenju so to sile, katerih komponente so vzporedne s podlago. Seveda to še ni vse. Lepenja brez sile podlage tudi ni. Ali dodajati še silo podlage povzročeno od sil na telo, ki imajo komponente pravokotne na podlago, je vprašanje. Za popolno in nazorno obravnavo problema seveda morajo biti prisotne. A ob razmišljanju, kaj naj ponazoritev lepenja vsebuje, verjetno zahteva po celoviti sliki dogajanja presega sam dogovor, kako silo risati. Podobno velja za trenje, menim, da slika mora vsebovati relativno smer gibanja enega predmeta na drugega.

Drug problem je prijemališče. Če je stik med ploskvama homogen, torej obe površini stika sta po celotnem stiku enaki, potem je prijemališče sile v »geometrijskem težišču« površine stika. Če narišemo začetek puščice, ki ponazarja lepenje, v tej točki, leži puščica vzdolž črte, ki omejuje telo, kot vidimo pri prvi ponazoritvi lepenja. Na beli tabli je precej enostavno narisati obarvano črto prek črne, v zvezku pa ne. Zato menim, da se je bolje z učenci dogovoriti in puščico premakniti na rob predmeta. Pri

tem je treba vedno ozaveščati, da je tak način namenjen zgolj lažjemu in bolj nazornemu risanju ter opozarjati, da prijemališče sile lepenja/trenja še vedno ostaja, kjer je bilo. Prijemališče je sicer označeno na sliki v Tabeli 2 in je fizično ločeno od ponazoritve sile, vendar menim, da je v tem posebnem primeru bolje izpustiti označevanje prijemališča.

Podoben razmislek velja za upor sredstva, potrebna je oznaka hitrosti z ustrezno označenim vektorjem. Za prijemališče upora sredstva velja podobno kot za potisk, zato predlagam, da je prijemališče v »središču« površine (vsaj za simetrična telesa to velja), puščica, ki ponazarja velikost in smer upora sredstva, pa ima vrh v prijemališču. Na ta način je slikovno ponazorjeno dejansko dogajanje pri premikanju teles skozi sredstvo, sile v prostoru okoli telesa pa so v tem primeru bolj nazorne.

Tabela 2: Površinske sile

Vrsta sile	Slika
sila podlage	
lepenje	
trenje	
upor sredstva	
vzgon	

Zadnja površinska sila je vzgon. Vzgon povzroča tlak tekočine okoli predmeta, rezultanta vseh »delnih« sil na dele predmeta pa je enaka teži izpodrinjene tekočine in usmerjena nasprotno teži. O teži lahko govorimo v posplošenem smislu. V pospešenih sistemih se prav tako pojavijo vzgonske sile, ki imajo nasprotno smer od sistemskih sil. A pri risanju obravnavajmo le osnovni primer, kjer se vzgon pojavi zaradi gravitacije. Čeprav je sila površinska, je njeno prijemališče v težišču izpodrinjene tekočine. Natančno narisane slike dobro pokažejo, zakaj se lahko nenadoma obrnejo ledene gore. Pri enostavnih telesih, kot so kocke in krogle, pa pogosto naletimo na težavo. Prijemališče teže in prijemališče vzgona ležita razmaknjeno na isti premici. Smiselno je, da ponazoritvi nekoliko zamaknemo, a se o tem dogovorimo podobno, kot smo se dogovorili za ponazarjanje trenja in lepenja.

## Prostorske sile

Nadaljujmo še s prostorskimi silami, ki smo se jih pri vzgonu že nekoliko dotaknili. Sile v homogenih poljih, npr. gravitacijskem, električnem ali magnetnem, so preproste. Prijemališča sil sovpadajo s težiščem telesa, tudi kadar se pojavi influenza. V nehomogenih poljih pa postane pomembno ponazarjanje prijemališč, saj se lahko pojavijo navori in podobno.

Najprej se posvetimo teži. V homogenem gravitacijskem polju oziroma krajše, na Zemlji, pa seveda na planetih in njihovih lunah, je ta sila enostavna. Kaže vedno proti središču nebesnega telesa, prijemališče ima v sredini homogenega telesa oziroma v masnem središču nehomogenega. Za nehomogeno telo je treba to točko določiti s poskusom ali računom. Na zemlji je s smerjo teže določena navpičnica. Različnost smeri navpičnice v različnih krajih pa lahko opazimo šele na veliki sliki, npr. pri Era-

tostenovem določanju polmera Zemlje ali z opazovanjem sence ob istem času na različnih krajih na Zemlji.

Med telesi v vesolju je gravitacijska sila enostavna, dokler so telesa krogelno simetrična. Teda je njeno prijemališče v središču telesa. Če pa telesa niso krogelno simetrična, se težišče, kjer je prijemališče gravitacijske sile, in masno središče telesa, ki določa, kako se bo telo gibalo pod vplivom sil, lahko razmakneta. Ta podrobnost je zahtevna za dojetje učencev, a razprava o padanju v črno luknjo včasih zahteva tudi take podrobnosti.

Tudi pri električnih silah veljajo podobni razmisleki in jih lahko z upoštevanjem smeri zaradi privlaka ali odboja kar preslikamo iz gravitacije. A to velja le tako dolgo, dokler so nabita telesa idealni izolatorji z dielektričnostjo 1. A takih teles ni. V vsakem realnem telesu se pod vplivom električnega polja naboji nekoliko ali močno preporazporedijo in spet: razmakneta se masno središče telesa in središče naboja, kot je nakazano na tretji sliki v vrsti. Naboji se namreč pomaknejo proti nasprotno predznačenim nabojem drugega telesa ali odmaknejo od enako predznačenih zaradi influence in polarizacije. Tudi to je eden od razlogov, da je težko z demonstracijskim eksperimentom pokazati, da se električna sila med nabitima kroglicama zmanjšuje s kvadratom razdalje.

Nazadnje omenimo še risanje magnetnih sil. Pri magnetih se enaki poli odbijajo, nasprotni pa privlačijo, kar kaže slika. A opazimo tudi, da so prijemališča magnetnih sil pomaknjena proti robu paličastih magnetov. Razlog je enak kot pri gravitacijski sili. Magnetna sila je na bližnje dele magnetov večja kot na medsebojno bolj oddaljene, kar premakne prijemališči bližje skupaj. Podobno velja za silo med magnetom in feromagnetnim materialom, le da je premik prijemališča proti magnetu še večji, saj se feromagnet v magnetnem polju najprej magnetizira, nato pa sila deluje med »novonastalim« magnetom v npr. železu in magnetom, ki je magnetizacijo povzročil.

## Zaključek

Na tem mestu bi razpravo o risanju sil končala. Ko sem se članka lotila, se mi je zdelo, da ni o ničemer razpravljati, a čim bolj sem razmišljala o podrobnostih, več problemov se je porajalo in več razmislekov o rešitvah je bilo potrebnih. Prispevek berite zgolj kot predlog za razmislek, pogovorimo se o teh predlogih in skupaj najdimo učinkovite rešitve.

Tabela 3: Prostorske sile

Vrsta sile	Slika
teža	
gravitacijska sila	
električna sila	
magnetna sila	

# Poučevanje fizike v osnovni šoli na daljavo

Katja Oder

Osnovna šola Braslovče

## Izvleček

V spodnjem prispevku bo opisana moja osebna izkušnja s poučevanjem fizike na daljavo v osnovni šoli. Opisane bodo metode in oblike dela, ki so bile uporabljene pri poučevanju fizike. Navedeni in opisani bodo različni spletni pripomočki, s katerimi se nazorno pokažejo določeni naravni in fizikalni pojavi, ki jih srečujemo pri fiziki. Želja je pritegniti učenčovo pozornost. Tako kot se v življenju srečujemo s težavami in jih skušamo reševati, je bilo tudi pri pouku fizike na daljavo. Ta ima pozitivne in negativne lastnosti, zagotovo pa močno vpliva na učenčovo znanje, pojmovanje fizike ter nasploh na njegovo razumevanje fizikalnih pojmov.

**Ključne besede:** metode fizike, oblike fizike, grafična predstavitev sodelovanja, fizikalni pojavi

## Teaching Physics in Primary School – at a Distance

### Abstract

The article will describe my personal experience with teaching primary school physics at a distance. It will describe the methods and forms of work that were used in teaching physics. It will mention and describe various online tools that illustrate certain natural and physical phenomena encountered in physics. The aim is to attract the pupil's attention. Just as we encounter problems in our daily lives and attempt to solve them, so did we during distance physics lessons. Distance education had positive and negative effects. And it most certainly affected the pupils' knowledge, understanding of physics, and their overall understanding of physical concepts.

**Keywords:** physics methods, forms of physics, graphic presentation of participation, physical phenomena

### Uvod

Pri pouku fiziki v šoli uporabljamo različne metode in oblike dela. Pri vseh učnih urah ne moremo uporabljati vseh učnih metod in oblik. Poskušamo pa učne teme razložiti na čim bolj pester in zanimiv način. Pouk fizike na daljavo je na samem začetku prinesel številne težave, ki smo jih postopoma reševali in premoščali, saj je naša tehnologija že tako napredna, da nam s sprotnim učenjem in razvojem lahko uspe marsikaj. Največja težava pri fiziki, ki temelji na eksperimentih, je bila, da učenci niso mogli izvajati eksperimentov. Pouk fizike na daljavo pa ima tudi nekaj prednosti, kot so vsakdanje delo z računalnikom, vsakdanja uporaba gradiva in interaktivnih gradiv, ki so na voljo na spletu, pravilna in varna uporaba interneta ter uporaba spletne učilnice. Vsega tega, kar smo lahko učencem pokazali na daljavo (interaktivna gradiva, videoposnetki, posnete razlage, dokumentarne oddaje, fizikalne spletne strani), pri rednem pouku mogoče ne bi izvedli, saj se velikokrat držimo svojih rednih učnih ur, ki vsekakor prehitro minejo.

### Pouk na daljavo

Oblike in metode dela so se vsekakor razlikovale od tistih, ki jih uporabljamo v razredu ob fizični prisotnosti učencev. Vsi skupaj smo se morali hitro navaditi na spletne učilnice in majhne zaslone, ko smo bili fizično prisotni le vsak v svojem prostoru. Tehnika in tehnologija pa se dandanes tako hitro razvijata, da so učenci po mojem mnenju kar hitro dojemali, kdaj, kaj in kako klikniti z miško ter se prestaviti iz ene spletne učilnice v drugo.

### Prednosti in slabosti frontalnega pouka na daljavo

Učna oblika, ki sem jo pogosto uporabljala pri pouku na daljavo, je bila vsekakor frontalni pouk, kjer sem bila kot učiteljica prenašalka znanja. Pripomoček, ki sem ga uporabljala, da sem učence videla prek kamere, pa mi je omogočal tudi, da sem jih lahko razdelila v skupine za tako imenovano skupinsko delo. Velikokrat sem se pri določeni učni snovi posvetila tudi individualni obliki

dela. Pri skupinski in individualni obliki dela sem učence usmerjala in jih sproti motivirala. Prednosti frontalnega pouka na daljavo so bile, da sem lahko poučevala večjo skupino učencev. Na zaslonu sem videla vse učence, saj so po navodilih imeli vklopljene kamere. Opazovala sem lahko njihovo mimiko in odnos do svoje razlage; večinoma sem nadzorovala vse sodelujoče v razredu. Lahko sem prilagajala tudi zvok. Pri frontalnem delu na daljavo z vsemi učenci sem večkrat naletela na več negativnih kot pozitivnih situacij, kot so pasivnost nekaterih učencev, nezainteresiranost, nemir med učenci, vpliv zunanjega (domačega okolja) na delo učencev, odsotnost učencev in odhajanje od ure zaradi zunanjih motečih dejavnikov (npr. oglašanje hišnih ljubljencev, prihod poštarja ipd.) Pri pouku fizike v osmem razredu sem na daljavo lažje predstavila nekatere učne vsebine kot pa v devetem razredu, kjer je fizika zelo povezana z matematiko. V osmem razredu sem zato uporabljala interaktivna gradiva, ki mi jih je nudil splet (videoposnetki, izvedbe različnih eksperimentov, različni kratki filmi in dokumentarne oddaje). Pri učni temi, kjer morajo učenci že znati reševati preproste enačbe, kot pri učni temi »gibanje«, pa sem poleg računalnika uporabljala tudi grafično tablico. Z njeno pomočjo so učenci lažje razumeli izpeljave različnih fizikalnih količin in izračune pri besedilnih nalogah. Tu se je pojavljal problem učenčeve spremljave, saj so zaslon videli, sama pa nisem imela vpogleda, ali me vsi spremljajo in razumejo razlago moje učne snovi oziroma izpeljavo določenega obrazca. V devetem razredu, kjer je večji del učne snovi zelo povezan z matematično pismenostjo in razumevanjem, je bilo težav še več, saj je tako potekal večji del pouka na daljavo.

## Prednosti in slabosti skupinskega pouka na daljavo

Večkrat sem uporabljala tudi skupinsko delo, pri katerem učenci delajo in razpravljajo po skupinah. V aplikaciji Zoom sem za skupinsko delo uporabila funkcijo Breakout Rooms. Ta mi je omogočila, da sem učence razdelila v manjše skupine, kjer je bila komunikacija lažja. Učence sem lahko razdelila že pred začetkom pouka. Vsako skupino sem lahko tudi spremljala, ko sem se vključila vanjo. Prednost skupinskega dela so bile predvsem manjše skupine učencev, ki pa so nujno morale biti nadzorovane, sicer ni bilo pravega učinka. Pomembno je bilo, da sem učence v skupine lahko razporedila sama (po različnih kriterijih) in v posamezni skupini tudi sodelovala. Učence sem razporedila po njihovih učnih sposobnostih glede na posamezni učni predmet. Slabost skupinskega dela se pokaže takrat, ko vsi učenci v skupini niso aktivni in problem rešuje/-ta samo en ali dva učenca. Večinoma sem pouk na daljavo izvajala frontalno; učenci pa so individualno reševali probleme in naloge. Skupinsko delo na daljavo sem uporabljala predvsem, kadar smo utrjevali znanje, da so si lahko učenci med seboj pomagali, ali pa pri razreševanju določenih problemskih situacij kot

uvod v novo učno snov. Rezultati so bili različni glede na aktivnost učencev. Učno manj uspešni učenci so imeli večje težave kot tisti, ki so bili uspešnejši.

## Prednosti in slabosti individualnega pouka na daljavo

Individualni pouk na daljavo sem uporabljala predvsem, kadar je določen učenec potreboval individualno razlago. Predvsem sem jo nudila učencem, ki so potrebovali dodatno strokovno pomoč. Moje izkušnje so se pri učno uspešnejših učencih pokazale za zelo pozitivne, saj so bili pri urah aktivni, samostojni in so radi prihajali na uro, medtem ko so učno slabši učenci na uro zamujali. Velikokrat so imeli različne izgovore, da so k učni uri zamudili ali bili odsotni. Pri individualnem delu so mi učenci povedali, katere učne snovi še ne razumejo. Velika prednost individualnega dela na daljavo se mi je zdela dostopnost in samostojna izbira ure poučevanja s strani učenca. Slabost takega poučevanja pa je, da tudi tu nastopijo zunanji in domači moteči dejavniki, ki zmotijo zbranost učenca in njegovo aktivno vlogo.

V delo na daljavo sem poskušala vključevati kar nekaj učnih metod. To so metoda razlage, metoda razgovora, metoda razprave in metoda s fotografijami in videoposnetki.

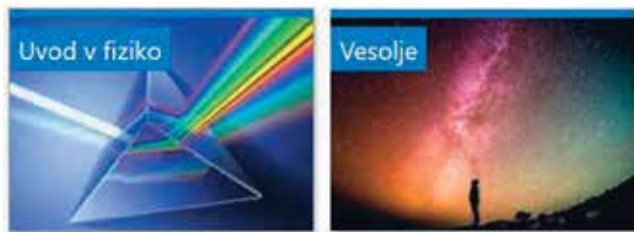
Največkrat sem učno snov razlagala s pomočjo različnih učnih vsebin, ki sem jih našla na spletu. Fizikalne vsebine za osmi in deveti razred sem poučevala s pomočjo spletne strani i-Učbeniki. Seveda sem uporabljala tudi učbenika Moja prva fizika 1 in Moja prva fizika 2. Spletna stran i-Učbeniki mi je pomagala predvsem z različnimi videoposnetki, razlago določenih pojavov in grafičnimi predstavitvami fizikalnih vsebin. Učencem sem pokazala razne zanimive povezave do tujih spletnih strani in revij. Gradiva sem pripravljala s pomočjo orodij Office. To so bile učne vsebine na powerpointovih predstavitev ter učni list v wordovi obliki. Pri metodi razgovora sem uporabljala i-Učbenike, kjer smo lahko reševali in utrjevali naloge ter sproti preverjali rešitve. Metodo razprave sem uporabila v uvodu v novo učno snov, kjer smo najprej v skupinah razreševali določene fizikalne probleme, nato pa smo razpravljali o pridobljenih informacijah in zapisanih povzetkih. Veliko več kot pri pouku v šoli sem uporabljala metode s fotografijami in videoposnetki, saj sem tako učencem lažje prikazala določeno fizikalno vsebino. V šoli bi tako učno snov prikazala s fizikalnimi eksperimenti.

## Interpretacija učne ure fizike na daljavo (učna tema: ravnovesje sil)

Učenci so en dan prej dobili učno vsebino v spletno učilnico (spletne učilnice Arnes). Učno snov so si lahko pregledali, prebrali in prepisali v zvezke. Pri fiziki je bila prikazana s pomočjo orodja Office (predstavitev v Powerpointu).



Spletna učilnica za fiziko je delovala tako, da so bile posamezne fizikalne teme predstavljene s ploščicami (slika 1).



Slika 1: Fizikalne učne vsebine v obliki ploščic.

Učenci so tako točno vedeli, kje poiskati določeno učno gradivo. Predstavila bom učni temi ravnovesje sil in prvi Newtonov zakon. Uporabila sem frontalno učno oblike ter metodo razlage in razgovora. Ob razlagi učne snovi sem uporabljala i-Učbenike.

### Uvodna motivacija v učno uro

V uvodu smo opazovali visečo kroglico iz plastelina na videoposnetku in ugotavljali, katere sile delujejo na to kroglico ter kaj povzročijo sile na kroglico. Učenci so sami ugotovili, da lahko viseči kroglici s silo spremenimo hitrost, obliko in lego. Hitrost in lego ji spremenimo, če jo z roko sunemo; obliko pa, če jo v roki stisnemo. Na kroglico vedno deluje sila roke. Nato so ugotavljali, kdaj kroglica miruje oziroma je v ravnovesju. Hitro so ugotovili, da se to zgodi takrat, ko sta dve sili nasprotno enaki oziroma je njuna vsota enaka 0. Učenci so eksperiment izvedli tudi sami doma ter zapisali ugotovitve.

Slabosti in težave, ki so se pojavljale pri opazovanju viseče kroglice: učenci so govorili drug čez drugega, učno uspešnejši učenci so preglasili učno slabše učence; učno slabši učenci so bili tihi, imeli so izklopljene kamere ali pa zvoka ni bilo, ko bi morali o čem poročati. Kot učiteljica nisem imela ves čas pregleda nad vsemi učenci. Pri izvajanju eksperimenta niso sodelovali vsi učenci, saj niso imeli vnaprej pripravljenih in dogovorjenih učnih pripomočkov.

### Osrednji del

V zvezke so si učenci napisali naslov »Ravnovesje sil in 1. Newtonov zakon«, nato pa vsak zase opisali, kaj so v uvodu ugotavljali. Težava se je pojavila, ko sem od njih zahtevala, da mi pokažejo svoje zapiske. Nekaterim ni delovala kamera, spet drugi so zvezke pokazali v kameri, vendar se zapis ni videl dovolj razločno, tretji so zapis prebrali ali pa ne. Nato smo skupaj rešili primer in ugotavljali, katera telesa so v ravnovesju. Posamezne učence sem lahko poklicala, da so mi povedali odgovore. Tisti, ki tega niso želeli, so po navadi imeli tehnične težave.

Nato smo si pogledali videoposnetek na spletni strani <https://eucbeniki.sio.si/fizika8/155/index2.html>, ki prikazuje poskus z vozičkom na zračni drči. Tu smo ugotavljali, ali se voziček giblje enakomerno, katere sile delujejo na voziček, ko voziček miruje in ko se giblje enakomerno. Učenci so sodelovali. Posnetek smo si večkrat ogledali. Prednost tega je, da so si lahko učenci posnetek večkrat zavrteli tudi po moji učni uri. Slabost pa je, da bi v šoli lahko izvedli eksperiment, ki bi bil učencem verjetno zanimivejši, saj bi lahko tudi sami sodelovali.

### Utrjevanje znanja

Reševali smo nalogo, kjer so morali učenci narisati vse sile, ki delujejo na zaboj. Sama sem uporabljala grafično tablico in program StarBoard Software, ki ponuja številna orodja za geometrijsko razlago določenih učnih snovi. Učenci so tako na zaslonu videli, kako rišemo sile. Učenci so sledili temu, kar sem načrtovala.

Slabosti in težave: Sama nisem imela vpogleda v slike in načrtovanje učencev. Prav tako ne v to, ali vsi uporabljajo geometrijsko orodje ali pa načrtujejo prostoročno. Slike na zaslonu, ki so mi jih pokazali, so bile nenatančne in popačene. Nisem mogla natančno načrtovati sil v merilu, saj mi tega program ni omogočal. Pri risanju sil so se pri pouku na daljavo pojavljale številne težave, ki jih pri pouku v razredu ni opaziti. Tam lahko vsakemu učencu posebej pokažem, kako narisati silo, določiti merilo ipd. To sem lahko preverjala le z oddajo domačih nalog, ko so učenci v spletno učilnico oddajali svoje domače delo.

Učenci so proti koncu ure samostojno reševali naloge v delovnem zvezku Moja prva fizika 1. Rešitve sem jim pripela v spletno učilnico. Učenci so morali svoje delo fotografirati in mi oddati rešene naloge v spletno učilnico. Ob začetku naslednje ure prek aplikacije Zoom smo pregledali domačo nalogo in razrešili morebitne nejasnosti.

### Zaključek

V tem članku sem želela predvsem poudariti pomembnost pouka v razredu, kjer smo vsi fizično prisotni. Predstavila sem prednosti in slabosti učenja na daljavo s svojega vidika. Pouk na daljavo je potekal zelo dolgo. Ugotovila in naučila sem se uporabljati vso tehnologijo malo drugače. Pri rednem pouku bom zato lahko več fizikalnih pojavov prikazala s pomočjo videoposnetkov, interaktivnih gradiv, ki so nastajala med samim poukom na daljavo, različnih učnih gradiv in spletnih animacij, saj nam čas in pomanjkljivost ustreznih pripomočkov na šolah ne omogočata izvedbe vseh eksperimentov pri pouku fizike. Tudi učenci so začeli računalnik uporabljati kot sredstvo za učenje in iskanje znanja. Pa vendarle je poučevanje fizike na daljavo zahtevalo tako od učitelja kot tudi od učenca zelo veliko truda, sodelovanja in medsebojne pomoči. Znanje fizike, ki so ga učenci pridobili na daljavo, pa zagotovo ni primerljivo z znanjem, ki ga učenci dobijo v fizikalni učilnici in z eksperimenti,

v katerih lahko aktivno sodelujejo. Učenci so pri pouku bolj zbrani. Učitelj lažje spremlja njihovo sodelovanje pri pouku. Učencem je učna snov zanimivejša, če je podkrepljena z zanimivimi eksperimenti. Menim, da si učenci tudi veliko več zapomnijo, če pri učnih urah ak-

tivno sodelujejo, kot pa če zgolj poslušajo razlago. Vsekakor pa bi bilo zanimivo v prihodnosti narediti kakšno raziskavo (primerjavo) znanja fizike osnovnošolcev, ki so imeli pouk na daljavo, in tistih, ki se s takim učenjem in pridobivanjem znanja še niso srečali.

## Viri

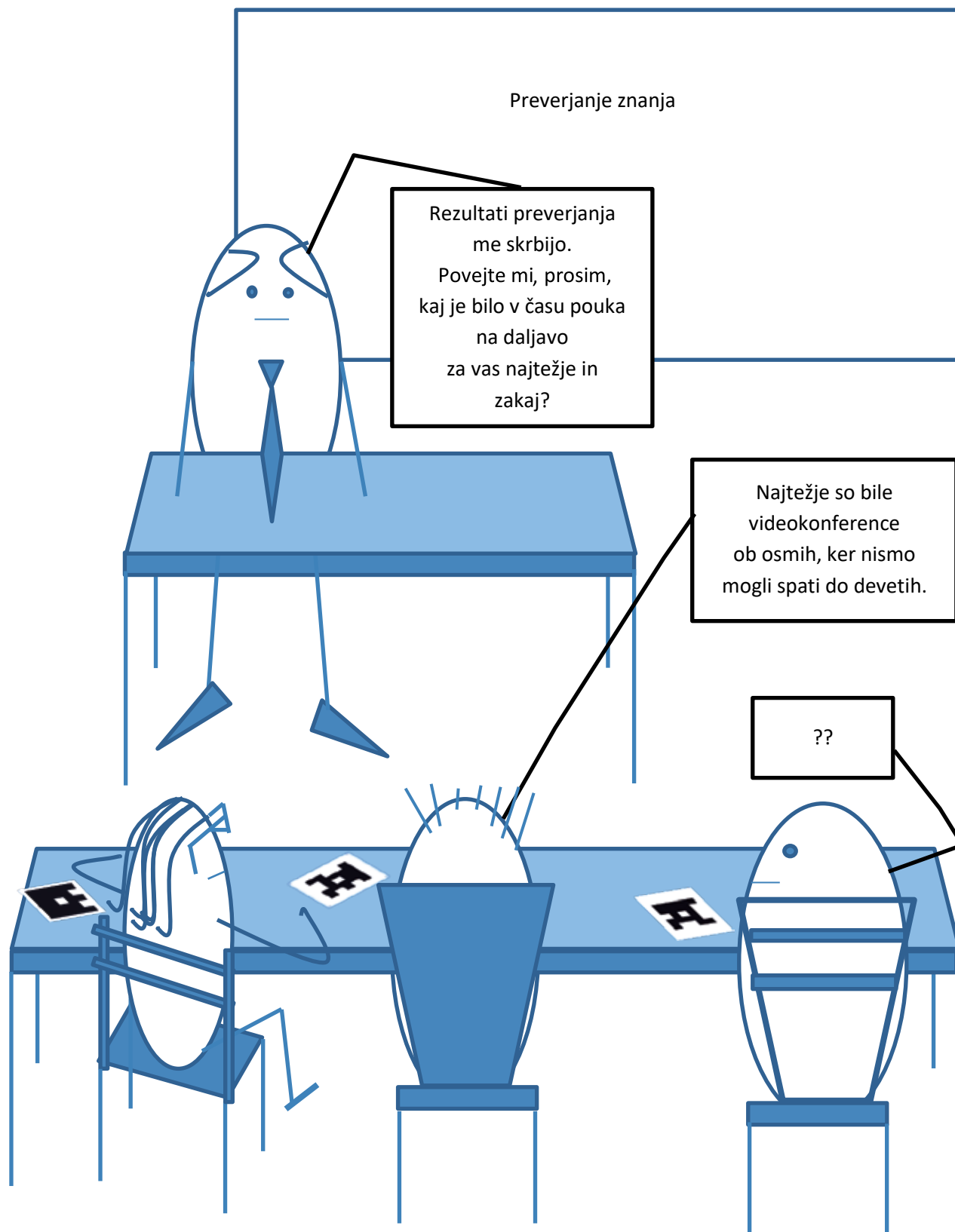
- [1] <https://eucbeniki.sio.si/fizika8/155/index2.html> (12. 10. 2021)
- [2] <https://ucilnice.arnes.si/course/view.php?id=37739&section=5> (12. 10. 2021)
- [3] Beznec, B., Cedilnik, B., Černilec, B., Gulič, T., Lorger, J., Vončina, D. (2012). Moja prva fizika 1. Ljubljana: Modrijan.

# Iz digitalne bralnice ZRSŠ

[www.zrss.si/digitalna-bralnica/](http://www.zrss.si/digitalna-bralnica/)

V digitalni bralnici lahko prelistate najrazličnejše strokovne publikacije: monografije in priročnike, ter druge publikacije, ki so izšle na Zavodu RS za šolstvo in so vam BREZPLAČNO dosegljive tudi v PDF obliki.

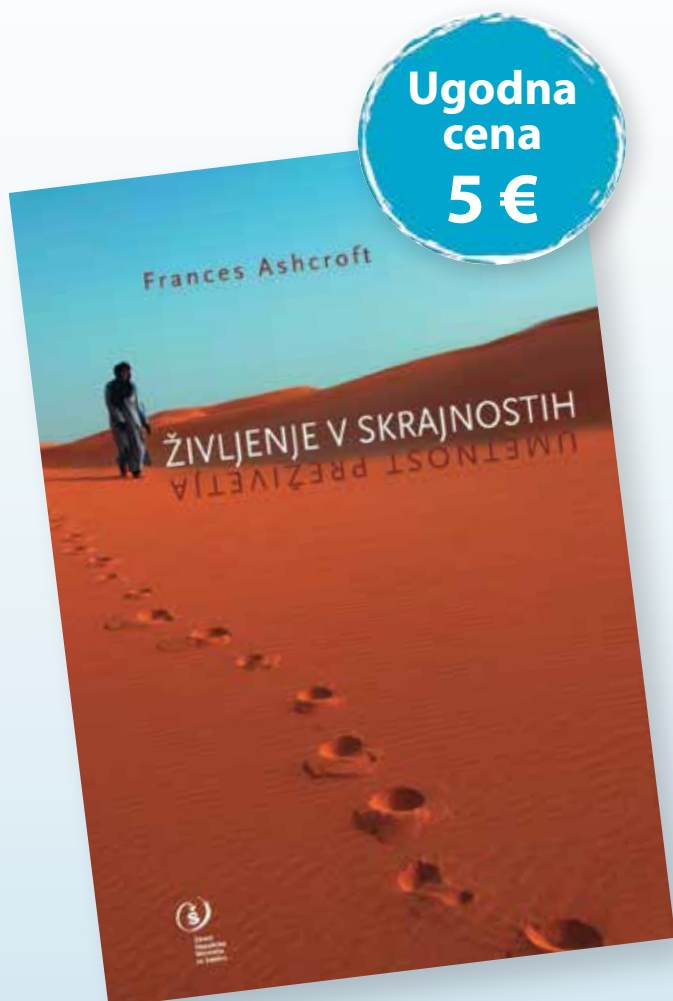




## Življenje v skrajnostih: umetnost preživetja

Frances Ashcroft

Ugodna  
cena  
**5 €**



**Monografija**

**leto izida: 2011 / 292 str.**

**ISBN 978-961-234-991-2**



- Kaj se zgodi, če se znajdete zaklenjeni v hladilniku, ujeti pod ledom ali izgubljeni v puščavi brez vode?
- Zakaj lahko vrhunski alpinist spleza na vrh Everesta brez dodatnega kisika?
- Zakaj astronauti, ko se po daljšem času vrnejo na Zemljo, le s težavo stojijo pokonci, ne da bi izgubili zavest?
- Zakaj imajo globinski potapljači težave s kostmi?
- Kako deluje naše telo v izrednih razmerah?

Danes mnogi živimo na »robu«, pa čeprav se tega velikokrat niti ne zavedamo. Letalski poleti na velikih višinah, kjer življenje ni možno, so nam postali nekaj povsem vsakdanjega. Podobno velja za jadranje v ledeno mrzlih morjih ali izpostavljanje nevarnostim dekompresijske bolezni pri potapljanju. Namesto da bi v prostem času poležavali ali drugače lenarili, se mnogi raje lotevajo adrenalinskih športov. Vseh teh podvigov se lahko lotevamo na razmeroma varen način, zasluge za to imajo na eni strani fiziologi, ki se ukvarjajo z delovanjem človeškega telesa, in na drugi neustrašni pustolovci, ki so meje človeških sposobnosti potiskali čedalje dlje. V knjigi avtorica opisuje fiziološke odzive telesa na skrajne razmere in odkriva meje človeškega preživetja.

**Naročanje:**

- po pošti (Zavod RS za šolstvo, Poljanska c. 28, 1000 Ljubljana)
- po faksu (01/3005-199)
- po elektronski pošti (zalozba@zrss.si)
- na spletni strani (<http://www.zrss.si>)

ISSN 1318-6388



9 771318 638001