



REPUBLIKA SLOVENIJA  
MINISTRSTVO ZA IZOBRAŽEVANJE,  
ZNANOST IN ŠPORT



Zavod  
Republike  
Slovenije  
za šolstvo

Učni načrt

Gimnazija

## **IZBRANA POGlavJA IZ BIOTEHNOLOGIJE**

Izbirni predmet (70/105 ur)

Učni načrt

Gimnazija; Splošna gimnazija

## **IZBRANA POGlavJA IZ BIOTEHNOLOGIJE**

Izbirni predmet (70/105 ur)

Učni načrt

Avtorji besedila:

prof. dr. **Marjanca Starčič Erjavec**, Biotehniška fakulteta Univerza v Ljubljani

dr. **Apolonija Bedina Zavec**, Kemijski inštitut, Ljubljana

dr. **Maja Paš**, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani

doc. dr. **Neža Čadež**, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani

izr. prof. dr. **Maruša Pompe Novak**, Nacionalni inštitut za biologijo

prof. dr. **Katja Drobnič**, Nacionalni forenzični laboratorij

doc. dr. **Nada Kraševc**, Kemijski inštitut, Ljubljana

dr. **Helena Črne Hladnik**, Gimnazija Šiška

**Borut Lazar**, Biotehniški center Naklo

Recenzenta:

doc. dr. **Jerneja Ambrožič Avguštin**, Biotehniška fakulteta Univerza v Ljubljani

**Mihael Tratnik**, Gimnazija Šentvid

Jezikovni pregled: Mira Turk Škraba

Izdala: Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport, Zavod RS za šolstvo

Za ministrstvo: dr. **Simona Kustec**

Za zavod: dr. **Vinko Logaj**

Prva spletna izdaja

Ljubljana, 2020

Sprejeto na 205. seji Strokovnega sveta RS za splošno izobraževanje 20. 2. 2020.

Objava na spletni strani:

[http://eportal.mss.edus.si/msswww/programi2020/programi/gimnazija/ucni\\_nacrti.htm](http://eportal.mss.edus.si/msswww/programi2020/programi/gimnazija/ucni_nacrti.htm)

-----  
Kataložni zapis o publikaciji (CIP) pripravili v Narodni in univerzitetni knjižnici v Ljubljani

[COBISS.SI-ID=17317891](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:si:coibis-17317891)

ISBN 978-961-03-0495-1 (Zavod RS za šolstvo, pdf)

-----

# VSEBINA

1	OPREDELITEV PREDMETA.....	1
2	SPLOŠNI CILJI .....	3
3	OPERATIVNI CILJI IN VSEBINE .....	4
3.1	Obvezni del (25 ur + 5 nerazporejenih ur) .....	4
3.1.1	Molekulska biologija .....	4
3.1.2	Bioinformatika .....	5
3.1.3	Biološka varnost.....	5
3.2	Izbirni del (40/80 ur): .....	6
3.2.1	Mikrobna in živilska biotehnologija (20 ur).....	6
3.2.2	Industrijska biotehnologija(20 ur).....	7
3.2.3	Medicinska in farmacevtska biotehnologija (20 ur) .....	9
3.2.4	Sintezna biologija (5 ur).....	11
3.2.5	Biologija in forenzična znanost (20 ur).....	11
3.2.5.1	Forenzične raziskave pri človeku .....	11
3.2.5.2	Forenzične raziskave pri ostalih organizmih .....	12
3.2.5.3	Entomologija v forenziki .....	12
3.2.6	Rastlinska biotehnologija (20 ur) .....	12
3.2.7	Okoljska biotehnologija – iz linearnega v krožno gospodarjenje (20 ur).....	14
4	STANDARDI ZNANJA IN MINIMALNI STANDARDI ZNANJA .....	17
4.1	Vsebinska znanja .....	17
4.1.1	Obvezni del .....	17
4.1.1.1	Molekulska biologija .....	17
4.1.1.2	Bioinformatika .....	17
4.1.1.3	Biološka varnost.....	18
4.1.2	Izbirni del:.....	18
4.1.2.1	Mikrobna in živilska biotehnologija .....	18
4.1.2.2	Industrijska biotehnologija .....	18
4.1.2.3	Medicinska in farmacevtska biotehnologija.....	19
4.1.2.4	Sintezna biologija .....	20
4.1.2.5	Biologija in forenzična znanost .....	20
4.1.2.5.1	Forenzične raziskave pri človeku .....	20
4.1.2.5.2	Forenzične preiskave pri drugih organizmih .....	20
4.1.2.6	Rastlinska biotehnologija.....	21
4.1.2.7	Okoljska biotehnologija – iz linearnega v krožno gospodarjenje .....	21
4.2	Proceduralna/procesna znanja .....	22
5	DIDAKTIČNA PRIPOROČILA .....	25
5.1	Predvidena organizacija in načrtovanje izvedbe učnega načrta.....	25
5.2	Uresničevanje ciljev in konceptov predmeta .....	26
5.3	Vrednotenje znanja/dosežkov .....	27
5.4	Povezave z osnovnim programom predmeta .....	27
5.5	Medpredmetne povezave .....	28
6	MATERIALNI IN POGOJI ZA IZVEDBO POUKA.....	29
7	ZNANJA IZVAJALK IN IZVAJALCEV .....	30

# 1 OPREDELITEV PREDMETA

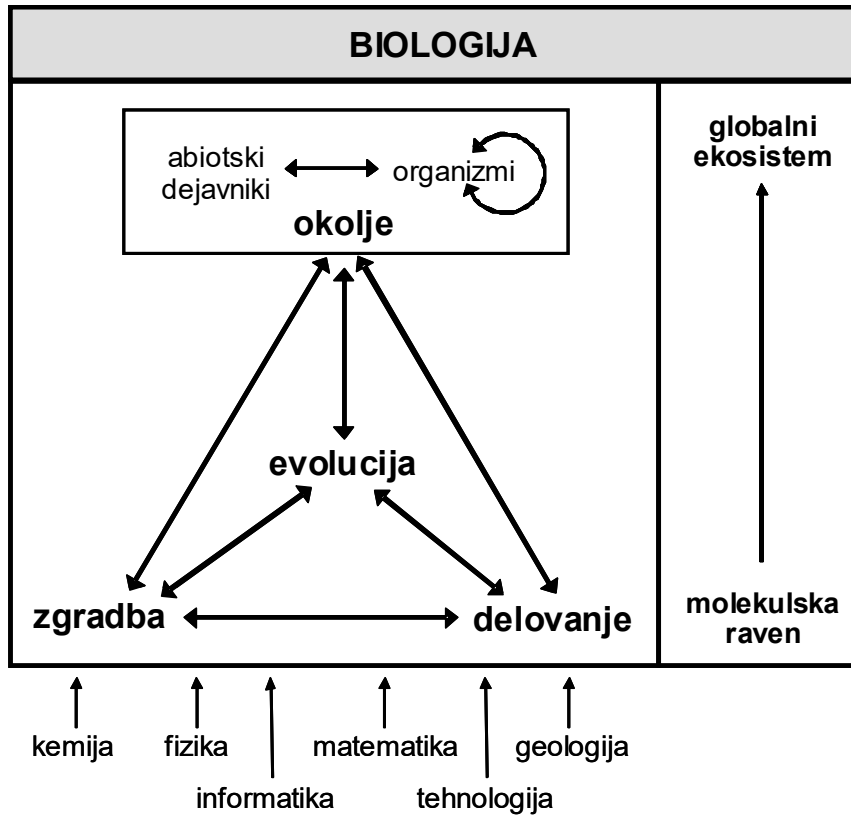
Izbirni predmet Izbrana poglavja iz biotehnologije je zasnovan kot nadgradnja in poglobljanje učnega načrta za biologijo – osnovni program gimnazije. Izhaja iz celostnega razumevanja temeljnih bioloških konceptov osnovnega programa predmeta (glej shemo Prikaz celostnega poučevanja biologije), ki jih dijakinje in dijaki v kompleksnejših primerih smiselno povežejo, uporabijo, poglobijo in nadgradijo s problemsko obravnavo in raziskovalno dejavnostjo.

V nenehni evoluciji z naravnim izborom procesi shranjevanja (zapisov DNA), branja in prenašanja informacij (navodil) na nove generacije ločujejo življenje od drugih procesov v vesolju. Poznavanje teh naravnih mehanizmov omogoča njihovo uporabo v biotehnologiji, kar je temelj preučevanja izbirnega predmeta.

V ospredju izvedbe predmeta je uporaba znanstvene metode dela, razvijanje sistemskega mišljenja, spoznavanje dela in sodobnih metodologij na področjih genetike, biotehnologije in molekulske biologije ter bioinformatike. Glede na predmet obravnave in uporabljene metodologije raziskovanja pri izvedbi pouka smiselno vključujemo znanje drugih predmetov.

Pri izvedbi pozornost namenjamo tudi varnemu delu, biološki varnosti in tveganjem pri poseganju v žive sisteme na vseh ravneh organizacije (od biomolekul, celic, organizmov, ekosistemov do biosfere) ter prednostim in zadržkom rabe spoznanj. V ospredju dejavnosti je etika pri raziskovalnem delu z organizmi in njihovi rabi za gospodarske namene ter odgovorna raba spoznanj v različnih kontekstih človekovega delovanja. Dijakinje in dijaki dobijo pri tem izbirnem predmetu vpogled v obstoječe in bodoče poklice s področja hitro razvijajočih se ved o življenju.

Izbirni predmet, ki obsega 70 do 105 ur, je zaključena celota povezanih tematskih sklopov (Molekulska biologija, Bioinformatika, Mikrobna in živilska biotehnologija, Medicinska in farmacevtska biotehnologija, Sintezna biologija, Rastlinska biotehnologija, Industrijska biotehnologija, Okoljska biotehnologija, Biologija in forenzična znanost ter Biološka varnost). Učiteljica/učitelj biologije strokovno avtonomno načrtuje izvedbo pouka izbirnega predmeta.



**Prikaz celostnega poučevanja biologije** (shema je objavljena v *Učni načrt. Biologija: gimnazija*; str. 62)

Razvijanje posameznih temeljnih konceptov biologije v vsebinski vertikali biologije je temelj za strukturiranje znanja in systemskega mišljenja o živem svetu. Systemsko razmišljanje omogoča dobro razumevanje vsakega dela le v relaciji z ostalimi deli in celotnim sistemom (vsak del je dobro razumljen le v relaciji z ostalimi deli in celotnim sistemom).

## 2 SPLOŠNI CILJI

Glavni cilji pouka izbirnega predmeta Izbrana poglavja iz biotehnologije so:

- poglobljanje razumevanja bioloških konceptov in povezav med njimi ter uporaba v različnih okoliščinah;
- nadgradnja znanja sklopov A, B, C in D iz učnega načrta za biologijo v obveznem programu;
- razvijanje sposobnosti za uporabo biološkega znanja na področjih človekovega udejstvovanja, katerih napredek temelji na razvoju bioloških ved in aplikacij (npr. medicina, farmacija, veterina, kmetijstvo, živilstvo, biotehnologija in gensko inženirstvo, bioinformatika);
- razvijanje sposobnosti za uporabo biološkega znanja pri reševanju problemov v zvezi s sonaravno rabo naravnih virov, ohranjanjem biotske pestrosti in kakovostnega okolja na lokalni, nacionalni in globalni ravni (*sposobnost za aktivno državljanstvo*);
- razvijanje sposobnosti za povezovanje ter uporabo znanja bioloških in drugih ved pri sistemskem reševanju kompleksnih problemov;
- z vidika blaginje družbe in posameznika presoјati prednosti in zadržke uporabe znanstvenih spoznanj v medicini, biotehnologiji, genskem inženirstvu in podobnih področjih (prednosti in omejitve pri poseganju v genome organizmov);
- aktivno vključevanje v družbene razprave in samostojno odločanje, ko gre za biološko varnost ter ohranjanje zdravja in ustreznih življenjskih razmer za človeštvo;
- spoznavanje in uporaba osnovnih metod raziskovanja v bioloških vedah in upoštevanje etike varnosti, ustrezne laboratorijske in terenske prakse;
- spoznavanje osnovnih biotehnoloških postopkov ter načrtovanje in izvedba izbranih biotehnoloških postopkov ob upoštevanju biološke varnosti;
- spoznavanje postopkov in procesov od uvedbe biotehnološkega postopka v proizvodnjo do shranjevanja, ustrezne uporabe proizvodov ter odlaganja ali predelave in ponovne uporabe odpadnih snovi.

### 3 OPERATIVNI CILJI IN VSEBINE

Učni načrt obsega vsebinske sklope s koncepti in cilji. Vsebinski sklop obravnava širše področje biotehnologije in obsega enega ali več konceptov. Koncepti vsebujejo temeljno celostno razumevanje biotskih procesov in mehanizmov v molekularni biologiji, genetiki in biotehnologiji ter povezave med njimi. Posamezni cilji so podrejeni konceptu – cilji vodijo do razumevanja koncepta (razumevanje konceptov zajema pričakovane dosežke na področju vsebinskih znanj ob zaključku pouka izbirnega predmeta).

Didaktična navodila, ki se nanašajo na posamezne vsebinske sklope ali koncepte, so navedena na ustreznih mestih v tem razdelku. Splošna didaktična priporočila so zbrana v razdelku Didaktična priporočila.

Vsebinski sklopi obveznega dela zajemajo znanja, ki so pomembna za razumevanje bistvenih bioloških konceptov, povezanih z biotehnologijo in bioinformatiko. Za njihovo uresničevanje sta potrebna različen obseg in uporaba ustreznih pristopov. Učitelj strokovno avtonomno v letni pripravi in pripravah na učne enote predvidi obseg časa za njihovo doseganje glede na zmožnosti dijakinj in dijakov ter izbrane načine poučevanja, preverjanja in ocenjevanja znanja.

Vsebinski sklopi izbirnega dela zajemajo specifična ali poglobljena znanja, ki jih učiteljica/učitelj biologije izbere ter obravnava glede na zmožnosti in interese dijakinj in dijakov.

V obsegu do 20 odstotkov pouka izbirnega predmeta učiteljica/učitelj biologije glede na aktualne teme in probleme strokovno avtonomno določi, katere koncepte in pripadajoče cilje bo obravnaval bolj poglobljeno.

#### 3.1 Obvezni del (25 ur + 5 nerazporejenih ur)

Didaktično navodilo: Cilje obveznega sklopa učiteljica/učitelj lahko načrtuje v povezavi s cilji izbranih izbirnih sklopov.

##### 3.1.1 Molekulska biologija

***Molekulska biologija je temeljna biološka veda, ki raziskuje razvoj in delovanje soodvisnih omrežij biotskih procesov na organizacijski ravni molekul. Izražanje različnih genov, ki usmerjajo razvoj različnih tipov celic in vplivajo na različno delovanje tipov celic, se lahko aktivira ali ustavi v specifičnih obdobjih. Delovanje genov in produktov njihovega izražanja je odvisno od okolja in drugih genov na eni ali več stopnjah v nastajanju določene lastnosti organizma. Za lastnosti, na katere vpliva en gen, lahko na podlagi kombinacij alelov napovemo pričakovani genotip in fenotipske vzorce dedovanja. Na poligenske (kompleksne) lastnosti vpliva mnogo genov in produktov njihovega izražanja. Poligenske lastnosti pogosto variirajo znotraj populacij in so manj predvidljive kot enogenske lastnosti. Spoznanja molekulske biologije so temeljna za sodobno biotehnologijo.***

Dijakinja/dijak:

- primerja in poveže temeljne koncepte molekulske biologije (glej koncepte B1, E1, J1, M1 in N1 iz osnovnega programa);
- spozna potek molekulskega kloniranja vključno z izolacijo nukleinskih kislin, ugotavljanjem količine, cepitvijo DNA z encimi, povezovanjem fragmentov DNA in selekcijo rekombinantnih klonov) in razume nastanek gensko spremenjenega organizma;
- pozna in razume osnovne mehanizme uravnavanja izražanja genov;
- spozna osnovne tehnike in metode, s katerimi lahko pridobimo informacije o uravnavanju izražanja genov (npr. enega izmed načinov, kako preučujemo uravnavanje izražanja genov).

### 3.1.2 Bioinformatika

***Bioinformatika je interdisciplinarno področje, ki biološke podatke analizira in predstavlja s pomočjo računalniško-informacijskih metod. Izsledki bioinformatične analize bioloških podatkov omogočajo predvidevanje bioloških dogodkov na vseh ravneh od iskanja genov, načinov uravnavanja genov do predvidevanja lastnosti organizmov. Bioinformatične analize so temeljne za vse »-omike« (genomiko, transkriptomiko, metabolomiko, proteomiko idr.). Bioinformatika je pomembna tudi v kriminalistiki in forenziki.***

Dijakinja/dijak:

- razume temeljne pojme iz bioinformatike (npr. podatkovna zbirka, zaporedja);
- spozna osnovni potek bioinformatične analize in sistema rudarjenja v bioloških podatkih;
- na primeru spozna izvedbo posameznih korakov v bioinformatični analizi in rudarjenju v bioloških podatkih.

### 3.1.3 Biološka varnost

***Didaktično navodilo:* Cilje sklopa na izvedbeni ravni smiselno vključujemo v obravnavo in izvedbo vseh sklopov.**

***Sistem biološke varnosti vključuje uporabo in ravnanje z gensko spremenjenimi organizmi (GSO) – organizmi z novimi kombinacijami genov, ki so bili narejeni z uporabo biotehnologije. Splošno znanje biologije in procesov v družbi pomeni konceptualni okvir za kritično presojo in odgovorno sodelovanje v procesih javnega odločanja in prepoznavanja možnih nevarnosti, ko gre za biološko varnost.***



Dijakinja/dijak:

- na Slovenskem portalu biološke varnosti razišče in spozna strukturo in delovanje sistema biološke varnosti pri nas in na mednarodni ravni;
- spozna namen Zakona o ravnanju z gensko spremenjenimi organizmi (npr. ko gre za možno uporabo gensko spremenjenih rastlin za živalsko krmo in hrano, namerno sproščanje v okolje, uporabo v izdelkih ali kot izdelkov) ter poznajo ustrezne označbe;
- razlikuje in razume glavne razlike med uporabo produktov gensko spremenjenih organizmov ter uporabo gensko spremenjenih organizmov;
- zaveda se pomena znanja in dostopnosti do bistvenih informacij, presoja in se samostojno odloča o vprašanih biološke varnosti v znanstvenoraziskovalnem delu in biotehnoloških postopkih v šolskem laboratoriju (dobra laboratorijska, raziskovalna in proizvodna praksa, npr. v biotehnologiji, sintezni biologiji);
- razume uporabo biotehnoloških postopkov ter pomen znanja biologije za oceno potencialnega tveganja, odgovorno ravnanje na lokalni in globalni ravni in sodelovanje v procesih javnega odločanja in sodelovanja v sistemu biološke varnosti;
- pozna načela biološke etike in njihovo uveljavljanje v predpisih.

***Zloraba znanja lahko vodi v kršenje človekovih pravic ali v pripravo biološkega orožja.***

Dijakinja/dijak:

- se seznanja z možnimi zlorabami, ki vodijo v kršitev človekovih pravic (npr. zlorabe v profitne namene, biološko orožje, bioterorizem);
- spozna nekaj najpogostejših povzročiteljev bolezni, ki jih uporabljajo kot biološko orožje (npr. povzročitelji črnih koz, rumene mrzlice, stekline, antraksa, poliomielitisa, ebole);
- razlikuje možne načine prenosa okužb na človeka (npr. z aerosoli, praški, okuženo vodo in hrano, predmeti; okužene živali; uporaba organizmov, ki le prenesejo patogene, npr. žuželk) in razišče možne načine zaščite;
- z uporabo literature razišče primere uporabe in posledic biološkega orožja v zgodovini ter kritično razmišlja o zlorabah bioloških informacij ter možnosti zaščite in ukrepanja ter obrambe.

### **3.2 Izbirni del (40/80 ur):**

#### **3.2.1 Mikrobna in živilska biotehnologija (20 ur)**

***V biotehnoloških procesih imajo ključno vlogo mikroorganizmi. Večina bioprocsov proizvodnje fermentirane hrane poteka z mešanimi biokulturami, ki morajo delovati usklajeno, če želimo proizvesti živilo z določenimi lastnostmi. Z namernim uživanjem živih mikroorganizmov ali probiotikov vplivamo na mikrobioto našega prebavnega trakta, s čimer verjetno vplivamo na naše zdravje.***

Dijakinja/dijak:

- pozna definicijo mešane biokulture in razume njeno vlogo pri proizvodnji fermentirane hrane in pijač (npr. mlečnih izdelkov, pekovskih izdelkov, piva, vina);
- razlikuje med dvema vrstama mlečnokislinskih bakterij, pozna njun metabolizem ter razume njuno vlogo pri proizvodnji fermentiranih živil, npr. jogurta;
- spozna glavne lastnosti ter prepozna in opiše morfološke lastnosti obeh vrst mlečnokislinskih bakterij na mikroskopskem preparatu;
- načrtuje izvedbo biotehnološkega postopka proizvodnje fermentiranih živil (npr. jogurta) v laboratoriju;
- spozna definicijo starterske kulture ter razume njeno uporabo v biotehnološkem postopku priprave fermentiranih živil;
- spozna metodo, s katero ocenimo število bakterij v fermentiranem živilu z določanjem kolonijskih enot (CFU – Colonyformingunits);
- pozna definicijo probiotikov, njihov potencialni vpliv na mikrobioto prebavnega trakta in s tem na človekovo zdravje in se zna kritično opredeliti do njihove rabe;
- razpravlja o metodah za preverjanje preživetja izbranega mikroorganizma kot probiotika v različnih delih človeškega prebavnega trakta.

### 3.2.2 Industrijska biotehnologija(20 ur)

***Industrijska biotehnologija vključuje uporabo mikroorganizmov in encimov za predelavo različnih obnovljivih virov (biomase) v produkte z višjo dodano vrednostjo. Njen nagli razvoj je povezan tudi z reševanjem problemov povečane energetske potrošnje, izpusti toplogrednih plinov in velikimi količinami proizvodnih in drugih ostankov/odpadkov.***

***Tradicionalni vir biomase je les, ki ga človek kot vir energije uporablja od iznajdbe ognja. Z razvojem intenzivnega kmetijstva in industrije so se pojavile še velike količine ostankov kmetijske proizvodnje, ostanki/odpadki prehranske industrije in komunalni biološki odpadki. Kot obetaven vir biomase so čedalje bolj v ospredju alge.***

***Različne vire biomase lahko z biotehnološkimi procesi predelamo v številne visokovredne bioproducte ali pretvorimo v goriva ali toploto.***

***Les in ostanki kmetijske proizvodnje (npr. stebela koruze, otrobi) – s skupnim imenom lignocelulozna biomasa – so pomemben substrat za gojenje industrijskih mikroorganizmov. Nekateri lignocelulolitični mikroorganizmi, ki so v naravi (npr. v prsti), izločajo encime celulaze, ki jih lahko uporabimo za encimsko razgradnjo lignocelulozne biomase in proizvodnjo lignoceluloznega bioetanol.***

Dijakinja/dijak:

- razume, da je biomasa lahko vir energije in drugih produktov;
- raziše vrsto in količino ostankov/odpadkov v kmetijski proizvodnji, živilski industriji, menzah (npr. šolski) in gospodinjstvih ter možnosti uporabe kot vira bioproizvodov

in energije; spozna procese proizvodnje bioetanola in bioplina ter pretvorbe v električno, gorivo ali toploto (npr. s pirolizo, kurjavo);

- s pomočjo virov (npr. spletnih) razišče stanje proizvodnje in porazdelitve hrane pri nas in v svetu ter smotrnost predelave kmetijskih rastlin v biogoriva;
- pozna pojem in problematiko lignoceluloznega bioetanola;
- spozna pomen in razume razliko med encimatskim in kislinjskim načinom razgradnje celulozne biomase;
- spozna različne vrste celulozolitčnih mikroorganizmov in glavne producente celulaz;
- spozna in uporabi metodo izolacije mikroorganizmov iz vzorcev prsti;
- se seznanja z metodami za uvrščanje mikroorganizmov v taksonomske skupine (npr. bakterije, aktinomicete, nitaste glive) in spozna njihovo celulazno aktivnost.

***Alge naseljujejo vse vodne ekosisteme in tako kot rastline s fotosintezo prek prehranjevalnih spletov zagotavljajo energijo za njihovo delovanje. Alge so preprosti organizmi in se hitro namnožijo, zato so obetaven vir biomase.***

Dijakinja/dijak:

- razišče zgradbo in delovanje alg ter možnosti gojenja v zaprtih in odprtih sistemih;
- spozna, da rastline in alge poleg uporabe za hrano in krmo lahko v biorafinerijah predelamo v številne produkte (npr. maščobne kisline, beljakovine, vitamine, barvila), ostanke pa oddamo v energetske predelavo;
- spozna prednosti in izzive gojenja biomase alg ter osnovne postopke in procese v biorafineriji.

***Encimi so eden glavnih proizvodov industrijske biotehnologije. Za proizvodnjo nekaterih organskih kislin in encimov, orientalske hrane itn. uporabljamo bioprocese, ki potekajo na ostankih pridelave žit. Plesni so primerni mikroorganizmi za tak način kultivacije, ker rastejo pri nizki vrednosti vodne aktivnosti (aw). Če jih gojimo na škrobnih substratih, izločajo amilolitične encime, ki so uporabni v številnih vejah živilske industrije.***

Dijakinja/dijak:

- spozna pomen in aktualnost amilolitičnih encimov kot biotehnološkega proizvoda;
- poglobi razumevanje zgradbe škrobne molekule, loči različne amilolitične encime ter pozna njihovo delovanje na molekulo škroba;
- spozna glavne principe kultivacije mikroorganizmov na trdih in v tekočih gojiščih;
- spozna glavnega producenta amilolitičnih encimov, plesen *Aspergillus oryzae*, opiše njene morfološke lastnosti in način razmnoževanja;
- načrtuje izvedbo biotehnološkega postopka proizvodnje amilaz v laboratoriju;
- spozna analitsko metodo za spremljanje sinteze amilolitičnih encimov med bioprosesom;
- ovrednoti uspešnost izvedbe biotehnološkega postopka proizvodnje amilolitičnih encimov.

### 3.2.3 Medicinska in farmacevtska biotehnologija (20 ur)

**Farmacevtska biotehnologija je hitro razvijajoče se področje, ki obsega znanstvene metode za razvoj in proizvodnjo zdravil na podlagi izkoriščanja biokultur (mikroorganizmov, tkivnih kultur). Biološka zdravila so farmacevtske učinkovine, pridobljene s pomočjo živih sistemov. V poteku bioprocesa s pomočjo biokulture in substrata v bioreaktorju pridobimo produkt. Produkt izoliramo in očistimo, odpadne snovi pa odstranimo.**

Dijakinja/dijak:

- pridobi osnovno znanje o bioprocesu, izoliranju produkta in čiščenju produkta;
- na praktičnem primeru razvije znanje o pridobivanju učinkovin v živih sistemih ter čiščenju teh učinkovin;
- spozna možnosti in prednosti uporabe gensko spremenjenih organizmov pri proizvodnji zdravil.

**Zunajcelični vezikli (ZV) so z lipidno membrano obdani vezikli, ki jih izločajo celice v okolje, druge celice pa jih sprejmejo. Ker so ZV napolnjeni z vsebino izvorne celice (proteini, nukleinske kisline, lipidi), so izjemno pomembni za medcelično komuniciranje. Imajo pomembno vlogo v patogenezi, zato so zanimivi za diagnostiko in zdravljenje. Liposomi so podobni ZV, vendar jih ne naredijo celice, temveč jih pripravimo v laboratoriju. Tudi liposomi so z lipidno membrano obdani vezikli, ki so napolnjeni z različnimi učinkovinami. Ker jih celice sprejmejo vase in ker so biorazgradljivi, so pomemben sistem za dostavo različnih učinkovin v medicini in kozmetiki.**

Dijakinja/dijak:

- poglobi razumevanje zgradbe in delovanja liposomov;
- spozna funkcijo in pomen zunajceličnih veziklov (npr. eksosomi, mikrovezikli, apoptotska telesa);
- spozna mehanizem transporta molekul s pomočjo veziklov tako znotraj celice kot med celicami;
- spozna možnosti uporabe membranskih veziklov za dostavo učinkovin v medicini in kozmetiki.

**Genska diagnostika pomeni ugotavljanje napak na dednem materialu človeka. Določitev mutacij je pomembna zaradi čimprejšnjega in natančnega diagnosticiranja bolezni. Genske nepravilnosti je mogoče ugotavljati tudi pred rojstvom otroka.**

Dijakinja/dijak:

- spozna prednosti in potencialne slabosti/nedorečenosti genetskih testov;
- pozna pojma predimplantacijska in predrojstvena diagnostika;
- spozna možnosti predrojstvene diagnostike in predimplantacijske diagnostike;

- spozna metode, ki jih uporabljamo pri predrojstveni in predimplantacijski diagnostiki;
- razmisli in razpravlja o etičnih dilemah rabe postopkov genske diagnostike v različnih kontekstih.

***Genska terapija omogoča zdravljenje gensko pogojenih bolezni z vnosom izbranega dednega materiala v okvarjene celice z namenom popravljanja ali nadomeščanja okvarjenih genov in ponovne vzpostavitve normalne funkcije celic.***

Dijakinja/dijak:

- spozna možnosti genskega zdravljenja in poznajo osnovne postopke v procesu genskega zdravljenja;
- na izbranem primeru razišče uporabo genskega zdravljenja in se seznanijo z njegovo uporabnostjo.

***Matične celice se lahko preoblikujejo v različne tipe celic v organizmu. Embrionalne matične celice (totipotentne) se lahko razvijejo v katerikoli tip celice, matične celice odraslega človeka (multipotentne) pa se lahko razvijejo le v določene celične tipe. Matične celice so zaradi sposobnosti regeneracije tkiv izjemnega pomena za medicino.***

Dijakinja/dijak:

- razširi znanje o matičnih celicah in poglobi razumevanje procesa diferenciacije;
- pozna možnosti pridobitve matičnih celic in njihovega gojenja in vitro;
- razišče in spozna možnosti uporabe matičnih celic v medicini, veterini in kozmetiki;
- razume prednosti, omejitve in zadržke uporabe matičnih celic.

***Biosenzorji so analitske naprave, ki omogočajo zaznavanje biološko pomembnih molekul. Združujejo biološki element za prepoznavanje tarčne snovi in fizikalni prenašalec (transducer), ki generira merljivi signal. Ta signal je sorazmeren s koncentracijo snovi, ki jo zaznavamo. V zdravstvu uporabljajo biosenzorje za zaznavanje bolezenskih anomalij, v okoljevarstvu in prehrani pa za zaznavanje kemikalij v vodi in hrani.***

Dijakinja/dijak:

- spozna definicijo biosenzorjev;
- spozna osnovni mehanizem delovanja biosenzorjev;
- spozna različne tipe biosenzorjev (npr. celični biosenzorji, biomimetiki, biosenzorji z molekularno vtisnjenimi polimeri);
- s pomočjo virov razišče primere potencialne uporabnosti biosenzorjev.

### 3.2.4 Sintezna biologija (5 ur)

***Sintezna biologija združuje inženirske pristope z biološkim znanjem. Je veda o spreminjanju delovanja celic na tak način, da novonastale celice lahko opravljajo novo, za človeka koristno funkcijo (npr. od proizvodnje zdravil do obnovljivih energetskih virov).***

Dijakinja/dijak:

- razume mehanizme delovanja anabolnih procesov;
- spozna inženirske principe za načrtovanje umetno sestavljenih biosinteznih poti;
- spozna in razišče potencialno uporabnost sintezne biologije;
- razmisli in razpravlja o varnosti in etični sprejemljivosti sintezne biologije.

### 3.2.5 Biologija in forenzična znanost (20 ur)

#### 3.2.5.1 Forenzične raziskave pri človeku

***Forenzična znanost združuje znanja biologije in prava.***

Dijakinja/dijak:

- spozna pomen in vlogo forenzičnih znanosti ter razume, na katera vprašanja lahko odgovori;
- razišče, katere biološke sledi puščamo in katere so primerne za forenzične preiskave ter spozna kriterije in postopke zavarovanja teh sledi;
- spozna časovno omejenost/stabilnost biološkega materiala (npr. );
- predvideva in razišče, v katere v namene se uporabljajo preiskave DNA (npr. reševanje kaznivih zadev, spornega očetovstva, sorodstvenih razmerij, ugotavljanje identitete pogošenih v množičnih nesrečah, žrtev genocida, krivolova, v prometnih nesrečah);
- spozna etična vprašanja v zvezi s forenzičnimi genetskimi preiskavami, se seznanj s ključno zakonodajo in njenim namenom, razmišlja o izvajanju zakonskih podlag za varovanje osebnih podatkov pri genetskih preiskavah (npr. odvzem biološkega vzorca ter vnos, hramba in izbris iz evidence DNA ali zbirk profilov DNA, varovanje biometričnih podatkov).

***Na podlagi razvoja sodobnih metod analize DNA in RNA v humani genetiki lahko preiskujemo različna področja v človeškem genomu.***

Dijakinja/dijak:

- pojasni, da se človeški genom razlikuje od genomov drugih organizmov, in razlikuje med genskimi in genetskimi preiskavami;
- spozna, katera področja/nukleotidna zaporedja v človeškem genomu lahko preiskujemo za forenzične namene (npr. ugotavljanje identitete donorja biološke sledi, posmrtnih ostankov in sorodstvenih razmerij);
- spozna, da telesne tekočine lahko identificiramo z analizo informacijske RNA in to dejstvo poveže z uporabo v forenzičnih preiskavah.

### 3.2.5.2 Forenzične raziskave pri ostalih organizmih

***Izjemna raznolikost in enotnost organizmov je rezultat nenehne evolucije. Raziskovanje genomov drugih organizmov je pomembno za razvoj temeljnih spoznanj genetike in za njihovo uporabo na drugih področjih, tudi v forenziki.***

Dijakinja/dijak:

- spozna različna področja genetskih preiskav pri drugih organizmih ter njihovo možno uporabo v kazenskih zadevah (npr. rastlinske vrste, mikroorganizmi, živalske vrste – pes, mačka).

### 3.2.5.3 Entomologija v forenziki

***Entomologija je biološka veda, katere spoznanja uporabljamo na mnogih področjih, tudi v forenziki.***

Dijakinja/dijak:

- spozna možnosti in namene uporabe entomologije v forenziki in postopke pridobitve vzorcev;
- spozna možnosti in pomanjkljivosti obstoječih metod in tehnik preiskovanja in s tem povezane težave (npr. čas, razlika med morfološkimi in molekulskimi preiskavami za namene klasifikacije žuželk, možne zlorabe).

### 3.2.6 Rastlinska biotehnologija (20 ur)

***Rastlinske tkivne kulture imajo ključno vlogo pri žlahtnjenju rastlin, namnoževanju rastlin in v rastlinski biotehnologiji. Tkivne kulture so nepogrešljiv korak pri regeneraciji rastlin pri genski manipulaciji. Dobra učinkovitost regeneracije rastlin je predpogoj za uspešno aplikacijo tkivne kulture in za genske inženirske tehnologije z namenom izboljšave pridelkov.***

Dijakinja/dijak:

- opredeli rastlinske tkivne kulture in rastlinske celične kulture ter pozna njihove značilnosti;

- spozna snovi, ki jih rastline potrebujejo za rast, in jih poveže s sestavinami gojišča za rastlinske tkivne kulture;
- razume, zakaj je pred vzpostavitvijo tkivne kulture potrebna sterilizacija rastlinskega tkiva;
- spozna postopke sterilizacije in razloži, kateri postopek uporabljamo za sterilizacijo česa;
- pozna pogoje za rast in diferenciacijo celic in organov v rastlinski tkivni kulturi;
- spozna dejavnike, ki vplivajo na diferenciacijo celic in organov;
- opiše razmnoževanje rastlin v tkivni kulturi;
- spozna pomen in potek privajanja rastlin iz tkivne kulture na naravno okolje;
- razloži, katere značilnosti rastlin v tkivni kulturi otežujejo prenos rastlin iz tkivne kulture v zemljo;
- razume lastnosti totipotentnih celic;
- pozna pojem mikropropagacija;
- razloži uporabo rastlinskih tkivnih kultur v sodobni biotehnologiji;
- poveže rastlinske celične kulture s produkcijo sekundarnih metabolitov.

***Pridelava zadostne količine hrane je eden ključnih izzivov za človeštvo. Povečanje kmetijskih površin na račun naravnih ekosistemov ali pridelava večje količine hrane na enakih kmetijskih površinah s povečano uporabo gnojil in pesticidov prizadeneta okolje. Povečanje donosa je možno tudi z uporabo sort z večjo odpornostjo proti škodljivcem, povzročiteljem bolezni in dejavnikom neživega okolja. Poleg klasičnega žlahtnjenja je možno nove sorte pridobiti tudi s postopki genskega spreminjanja rastlin.***

Dijakinja/dijak:

- opiše postopek klasičnega žlahtnjenja rastlin;
- razume, kako na rastline vplivata žarčenje in kemična mutageneza;
- spozna razliko med klasičnim žlahtnjenjem rastlin in genskim spreminjanjem rastlin;
- spozna, katere lastnosti se vnašajo v rastline z gensko tehnologijo;
- opiše nekaj primerov gensko spremenjenih rastlin in spozna, katere gensko spremenjene rastline so trenutno na svetu najpogostejše;
- se seznanja, kako deluje v rastlino vneseni gen (npr. za odpornost proti herbicidu ali za odpornost proti žuželkam) ter kaj to pomeni za pridelovalce in končne uporabnike;
- spozna namen predpisov o označevanju gensko spremenjenih organizmov v EU in zna iz oznak na živilu razbrati, ali izdelek vsebuje gensko spremenjene organizme in če jih, katere;
- spozna, da so za odobritev uporabe določenih gensko spremenjenih organizmov potrebni postopki;
- zna poiskati v spletnih bazah podatkov, katere gensko spremenjene rastline so v EU in Sloveniji dovoljene za gojenje, krmo in prehrano;



- pozna metode, s katerimi lahko določimo, ali so v izdelku prisotni gensko spremenjeni organizmi;
- spozna možne prednosti in zadržke uporabe gensko spremenjenih organizmov ter gospodarske, naravovarstvene, družbene in etične vidike njihovega sproščanja v naravo.

### 3.2.7 Okoljska biotehnologija – iz linearnega v krožno gospodarjenje (20 ur)

***Rast človeške populacije v konceptu obstoječih proizvodnih odnosov linearnega gospodarstva (vzemi, predelaj, odloži) ima za posledico povečano porabo virov in energije, večje pomanjkanje surovin ter večanje količine odpadkov.***

Dijakinja/dijak:

- razume definicijo odpadnih voda;
- spozna izvor odpadnih voda;
- pozna problem organskega in anorganskega onesnaženja vodnih teles (odpadnih voda) in to poveže z vplivi na vodne in sosednje ekosisteme;
- razume osnovne spremenljivke za določanje kakovosti odpadnih voda in jih upošteva pri načrtovanju in izvedbi poskusa.

***Odpadne vode pomembno vplivajo na delovanje vseh vodnih ekosistemov in ogrožajo njihovo stabilnost. Zato moramo dobro poznati in nenehno razvijati tehnologijo obdelave odpadnih voda (najbolje na viru, sicer pa centralizirano). Tako lahko iz odpadnih voda trajnostno pridobimo aktivno blato in hkrati zmanjšamo onesnaževanje okolja (vplive na delovanje biosfere).***

Dijakinja/dijak:

- razume pomembnost obdelave odpadnih voda za okolje, zdravje ljudi in gospodarstvo ter pri tem upošteva varnost in ranljivost živih sistemov;
- razume razliko med sestavo komunalnih in industrijskih odpadnih vod;
- pozna primere industrijskih odpadnih vod v svoji okolici in širše ter njihove vplive na vodne ekosisteme;
- spozna nekatere možnosti ponovne varne uporabe produktov obdelave in čiščenja odpadnih vod.

***Koncept krožnega gospodarjenja temelji na izhodišču, da so viri omejeni, zato natančno sledi toku bioloških produktov, ki se lahko neškodljivo vrnejo v biosfero, in toku tehničnih materialov, ki naj kot visokokakovostni produkti krožijo znotraj proizvodnih sistemov brez možnosti vstopa v biosfero.***

Dijakinja/dijak:

- spozna in loči uporabljene mehanizme v različnih postopkih obdelave in biološkega čiščenja odpadnih vod in išče možnosti za izboljšave;

- razume mehanizme delovanja biološke čistilne naprave ter to znanje poveže s kroženjem snovi v ekosistemih in biosferi;
- na primeru npr. prikaza delovanja biološke čistilne naprave razume koncept krožnega gospodarstva, pri katerem upošteva odgovorno ravnanje z naravnimi viri.

***Snovi (npr. toksične težke kovine) so v prsti do določene mere lahko vezane na delce in zato nedostopne organizmom (biodosegljivost). V onesnaženih tleh večji del toksičnih kovin ni vezan na talne delce, zato lahko te v biotskih procesih vstopajo v organizme in se akumulirajo prek prehranjevalnih spletov. Veter in človek raznašata delce onesnažene suhe prsti, ki se usedajo na površine organizmov in druge površine.***

Dijakinja/dijak:

- razume pomen ohranjanja talnih delov ekosistemov za zdravo hrano, pitno vodo in kakovost življenjskih pogojev;
- razume vlogo organizmov v talnih delih ekosistemov za rodovitnost prsti, delovanje ekosistemov in celotne biosfere;
- se seznanja z viri onesnaženja talnih delov ekosistemov s strupenimi težkimi kovinami in pozna pogoste načine neposrednega in posrednega vnosa težkih kovin iz prsti v prehranjevalne spletne in človeka;
- spozna pogoste posledice vnosa težkih kovin v organizem (npr. svinca, kadmija) za zdravje in razume, zakaj je treba onesnažena tla kot odpadke odstraniti in shraniti na ustrezno odlagališče.

***Za zmanjšanje deleža nekaterih težkih kovin (npr. nevezanega svinca, kadmija) lahko uporabljamo tehnične postopke, če kovine niso vezane na delce onesnažene prsti. Poleg tehničnih postopkov se vedno bolj uveljavljajo postopki odstranjevanja težkih kovin iz prsti s pomočjo organizmov (npr. z nekaterimi vrstami rastlin).***

Dijakinja/dijak:

- s pomočjo virov razišče možne načine odstranjevanja strupenih težkih kovin in drugih onesnažil iz onesnaženih odpadnih tal v zaprtih procesnih tehnoloških zankah;
- sklepa in razišče, kaj se med postopki odstranjevanja onesnažil iz tal lahko zgodi z organizmi, ki živijo v talnih delih ekosistemov;
- razume, da se po obdelavi in po ponovni uporabi prsti v ekosistemih vanjo iz okoliških delov postopno naseljujejo organizmi, ki tvorijo življenjske združbe talnih delov ekosistemov;
- spozna mehanizem odstranjevanja težkih kovin s pomočjo organizmov (npr. določenih vrst rastlin) ter prednosti v primerjavi s tehničnimi postopki;
- razpravlja o možnih rešitvah za odlaganje ali nadaljnjo uporabo organizmov, ki v postopkih čiščenja iz prsti privzemajo težke kovine, rešitvah za preprečevanje

onesnaževanja tal s strupenimi snovmi ter možnih postopkih in izboljšavah za njihovo odstranjevanje iz že onesnaženih tal v zaprtih procesnih zankah.

## 4 STANDARDI ZNANJA IN MINIMALNI STANDARDI ZNANJA

Ob zaključku izbirnega predmeta dijakinje in dijaki izkažejo poglobljeno razumevanje ter sposobnost povezovanja in uporabe bioloških konceptov iz osnovnega programa.

Standardi znanja izhajajo iz vsebinskih konceptov in ciljev izbirnega predmeta. Glede na sposobnosti je želeno doseganje znanja na čim višji zahtevnostni ravni. **Minimalni standard znanja** oziroma pogoj za napredovanje v višji razred je, da dijakinje in dijaki vsaj na **zahtevnostni ravni 1\*** izkažejo razumevanje v učnem načrtu navedenih standardov znanja (glej tabelo z opisi zahtevnostnih stopenj doseganja standardov znanja, str. 23).

### 4.1 Vsebinska znanja

Dijakinje in dijaki po zaključku predmeta razumejo biološke koncepte, jih znajo med seboj povezati in znanje uporabiti v različnih kontekstih.

#### 4.1.1 Obvezni del

##### 4.1.1.1 Molekulska biologija

#### Dijakinja/dijak:

- ve, da je molekulska biologija temeljna biološka veda, ki raziskuje razvoj in delovanje soodvisnih omrežij biotskih procesov na organizacijski ravni molekul;
- razume, da se izražanje različnih genov, ki usmerjajo razvoj različnih tipov celic in vplivajo na različno delovanje tipov celic, lahko aktivira ali ustavi v specifičnih obdobjih;
- razume, da je delovanje genov in produktov njihovega izražanja odvisno od okolja in drugih genov na eni ali več stopnjah v nastajanju določene lastnosti organizma;
- ve, da za lastnosti, na katere vpliva posamezni gen, lahko na podlagi kombinacij alelov napovemo pričakovani genotip in fenotipske vzorce dedovanja;
- razume, da na poligenske (kompleksne) lastnosti vpliva mnogo genov in produktov njihovega izražanja in da poligenske lastnosti pogosto variirajo znotraj populacij in so manj predvidljive kot enogenske lastnosti;
- ve, da so spoznanja molekulske biologije temeljna za sodobno biotehnologijo.

##### 4.1.1.2 Bioinformatika

#### Dijakinja/dijak:

- ve, da je bioinformatika interdisciplinarno področje, ki biološke podatke analizira in predstavlja s pomočjo računalniško-informacijskih metod;
- razume, da izsledki bioinformatične analize bioloških podatkov omogočajo predvidevanje bioloških dogodkov na vseh ravneh od iskanja genov, načinov uravnavanja genov do predvidevanja lastnosti organizmov;

- ve, da so bioinformatične analize temeljne za vse »-omike« (genomiko, transkriptomiko, metabolomiko, proteomiko idr.) in da je bioinformatika pomembna tudi v kriminalistiki in forenziki.

#### 4.1.1.3 Biološka varnost

Dijakinja/dijak:

- ve, da sistem biološke varnosti vključuje uporabo in ravnanje z gensko spremenjenimi organizmi (GSO) – organizmi z novimi kombinacijami genov, ki so bili narejeni z uporabo biotehnologije;
- razume, da splošno znanje biologije in razumevanje procesov v družbi pomenita konceptualni okvir za kritično presojo in odgovorno sodelovanje v procesih javnega odločanja in prepoznavanja možnih nevarnosti, ko gre za biološko varnost;
- ve, da zloraba znanja lahko vodi v kršenje človekovih pravic ali pripravo biološkega orožja.

#### 4.1.2 Izbirni del:

##### 4.1.2.1 Mikrobna in živilska biotehnologija

Dijakinja/dijak:

- ve, da imajo v biotehnoloških procesih ključno vlogo mikroorganizmi;
- ve, da večina bioprocsov proizvodnje fermentirane hrane poteka z mešanimi biokulturami, ki morajo delovati usklajeno, če želimo proizvesti živilo z določenimi lastnostmi;
- razume, da z namernim uživanjem živih mikroorganizmov ali probiotikov lahko vplivamo na mikrobioto našega prebavnega trakta, s čimer verjetno vplivamo na naše zdravje.

##### 4.1.2.2 Industrijska biotehnologija

Dijakinja/dijak:

- ve, da industrijska biotehnologija vključuje uporabo mikroorganizmov in encimov za predelavo različnih obnovljivih virov (biomase) v produkte z višjo dodano vrednostjo in da je njen nagli razvoj povezan tudi z reševanjem problemov povečane energetske potrošnje, izpusti toplogrednih plinov in velikimi količinami ostankov/odpadkov;
- ve, da je tradicionalni vir biomase les, ki ga človek kot vir energije uporablja od iznajdbe ognja, in da so se z razvojem intenzivnega kmetijstva kot dodatni viri pojavile velike količine ostankov kmetijske proizvodnje, ostanki/odpadki prehranske industrije in komunalni biološki ostanki/odpadki;
- ve, da so kot obetaven vir biomase čedalje bolj v ospredju alge;
- razume, da različne vire biomase lahko z biotehnološkimi procesi predelamo v številne visokovredne bioprodukte ali pretvorimo v goriva ali toploto;

- ve, da so les in ostanki kmetijske proizvodnje (npr. stebela koruze, otrobi) – s skupnim imenom lignocelulozna biomasa – pomemben substrat za gojenje industrijskih mikroorganizmov;
- ve, da nekateri lignocelulolitični mikroorganizmi, ki so v naravi (npr. v prsti), izločajo encime celulaze, ki jih lahko uporabimo za encimsko razgradnjo lignocelulozne biomase in proizvodnjo lignoceluloznega bioetanolola;
- ve, da alge naseljujejo vse vodne ekosisteme in tako kot rastline s fotosintezo prek prehranjevalnih spletov zagotavljajo energijo za njihovo delovanje;
- razume, da so alge preprosti organizmi, ki se hitro množijo in so zato obetaven vir biomase;
- razume, da so encimi eden glavnih proizvodov industrijske biotehnologije;
- razume, da za proizvodnjo nekaterih organskih kislin in encimov, orientalske hrane itn. uporabljamo bioprocese, ki potekajo na ostankih pridelave žit in da so plesni primerni mikroorganizmi za tak način kulture, ker rastejo pri nizki vrednosti vodne aktivnosti ( $a_w$ ) ter če jih gojimo na škrobnih substratih, izločajo amilolitične encime, ki so uporabni v številnih vejah živilske industrije.

#### 4.1.2.3 Medicinska in farmacevtska biotehnologija

Dijakinja/dijak:

- ve, da je farmacevtska biotehnologija hitro razvijajoče področje, ki obsega znanstvene metode za razvoj in proizvodnjo zdravil na podlagi izkoriščanja biokultur (mikroorganizmov, tkivnih kultur);
- razume, da so biološka zdravila farmacevtske učinkovine, pridobljene s pomočjo živih sistemov, in da v poteku bioprocasa s pomočjo biokulture in substrata v bioreaktorju pridobimo produkt, ki ga izoliramo in očistimo, odpadne snovi pa odstranimo;
- razume, da so zunajcelični vezikli (ZV) z lipidno membrano obdani vezikli, ki jih izločajo celice v okolje, druge celice pa jih sprejmejo; ker so ZV napolnjeni z vsebino izvorne celice (proteini, nukleinske kisline, lipidi), so izjemno pomembni za medcelično komuniciranje; imajo pomembno vlogo v patogenezi, zato so zanimivi za diagnostiko in terapijo;
- ve, da so liposomi podobni ZV, vendar jih ne naredijo celice, temveč jih pripravimo v laboratoriju;
- razume, da so tudi liposomi z lipidno membrano obdani vezikli, ki so napolnjeni z različnimi učinkovinami; ker jih celice sprejmejo vase in ker so biorazgradljivi, so pomemben sistem za dostavo različnih učinkovin v medicini in kozmetiki;
- ve, da genska diagnostika pomeni ugotavljanje napak na dednem materialu bolnika in da je določitev mutacij pomembna zaradi čimprejšnjega in natančnega diagnosticiranja bolezni ter da je genske nepravilnosti mogoče ugotavljati pred rojstvom otroka;

- razume, da genska terapija omogoča zdravljenje gensko pogojenih bolezni z vnosom nekega dednega materiala v okvarjene celice z namenom popravljanja ali nadomeščanja okvarjenih genov in ponovne vzpostavitve normalne funkcije celic;
- razume, da se matične celice lahko preoblikujejo v različne tipe celic v organizmu ter da se embrionalne matične celice (totipotentne) lahko razvijejo v kateri koli tip celice, matične celice odraslega človeka (multipotentne) pa se lahko razvijejo le v določene celične tipe;
- razume, da so matične celice zaradi sposobnosti regeneracije tkiv izjemnega pomena za medicino;
- ve, da so biosenzorji analitske naprave, ki omogočajo zaznavanje biološko pomembnih molekul, da združujejo biološki element za prepoznavanje tarčne snovi in fizikalni prenašalec (transducer), ki generira merljivi signal ter da je ta signal sorazmeren s koncentracijo snovi, ki jo zaznavamo;
- ve, da v zdravstvu uporabljajo biosenzorje za zaznavanje bolezenskih anomalij, v okoljevarstvu in prehrani pa za zaznavanje kemikalij v vodi in hrani;
- ve, da sodna medicina poleg drugih metod uporablja analizo DNA.

#### 4.1.2.4 Sintezna biologija

Dijakinja/dijak:

- ve, da sintezna biologija združuje inženirske pristope z biološkim znanjem;
- razume, da je sintezna biologija veda o spreminjanju delovanja celic na tak način, da novonastale celice lahko opravljajo novo, za človeka koristno funkcijo (od npr. proizvodnje zdravil do obnovljivih energetskega virov).

#### 4.1.2.5 Biologija in forenzična znanost

##### 4.1.2.5.1 Forenzične raziskave pri človeku

Dijakinja/dijak:

- ve, da forenzična znanost združuje znanja biologije in prava;
- razume, da forenzična znanost na podlagi razvoja sodobnih metod analize DNA in RNA v humani genetiki lahko preiskuje različna področja v človeškem genomu.

##### 4.1.2.5.2 Forenzične preiskave pri drugih organizmih

Dijakinja/dijak:

- razume, da je izjemna raznolikost in enotnost organizmov rezultat nenehne evolucije;
- ve, da je raziskovanje genomov drugih organizmov pomembno za razvoj temeljnih spoznanj genetike in za uporabo spoznanj na drugih področjih, tudi v forenziki.

#### 4.1.5.3 Entomologija v forenziki

Dijakinja/dijak:

- ve, da je entomologija biološka veda in na primeru razloži, kako lahko njena spoznanja uporabljamo na mnogih področjih (npr. v forenziki).

#### 4.1.2.6 Rastlinska biotehnologija

Dijakinja/dijak:

- ve, da imajo rastlinske tkivne kulture ključno vlogo pri žlahtnjenju rastlin, namnoževanju rastlin in v rastlinski biotehnologiji in da so nepogrešljiv korak pri regeneraciji rastlin pri genski manipulaciji;
- razume, da je dobra učinkovitost regeneracije rastlin predpogoj za uspešno aplikacijo tkivne kulture in za genske inženirske tehnologije z namenom izboljšave pridelkov;
- ve, da pridelava zadostne količine hrane za človeštvo pomeni enega ključnih izzivov; razume, da povečanje kmetijskih površin na račun naravnih ekosistemov ali pridelava večje količine hrane na enakih kmetijskih površinah s povečano uporabo gnojil in pesticidov prizadeneta okolje;
- razume, da je povečanje donosa možno tudi z uporabo sort z večjo odpornostjo proti »škodljivcem«, povzročiteljem bolezni in dejavnikom neživega okolja;
- ve, da je poleg klasičnega žlahtnjenja možno nove sorte pridobiti tudi s postopki genskega spreminjanja rastlin.

#### 4.1.2.7 Okoljska biotehnologija – iz linearnega v krožno gospodarjenje

Dijakinja/dijak:

- razume, da ima rast človeške populacije v konceptu obstoječih proizvodnih odnosov linearnega gospodarstva (vzemi, predelaj, odloži) za posledico povečano porabo virov in energije, večje pomanjkanje surovin in večanje količine odpadkov;
- ve, da odpadne vode pomembno vplivajo na delovanje vseh vodnih ekosistemov in ogrožajo njihovo stabilnost, in razume, da je zato je treba dobro poznati in nenehno razvijati tehnologijo obdelave odpadnih voda (najbolje na viru, sicer pa centralizirano) in, da na ta način lahko iz odpadnih voda trajnostno pridobimo pomembne vire in hkrati zmanjšamo onesnaževanje okolja (vplive na delovanje biosfere);
- razume, da koncept krožnega gospodarjenja temelji na izhodišču omejenosti virov, zato natančno sledi toku bioloških produktov, ki se lahko neškodljivo vrnejo v biosfero, in toku tehničnih materialov, ki naj kot visokokakovostni produkti krožijo znotraj proizvodnih sistemov brez možnosti vstopa v biosfero;
- ve, da so snovi (npr. toksične težke kovine) v prsti do določene mere lahko vezane na delce in zato nedostopne organizmom (biodosegljivost);



- razume, da v onesnaženih talnih delih ekosistemov večji del toksičnih kovin ni vezan na talne delce, zato lahko v biotskih procesih vstopajo v organizme in se akumulirajo prek prehranjevalnih spletov;
- ve, da veter in človek raznašata delce onesnažene suhe prsti, ki se usedajo na površine organizmov in druge površine;
- razume, da za zmanjšanje deleža nekaterih težkih kovin (npr. nevezanega svinca, kadmija) lahko uporabljamo tehnične postopke, če niso vezani na delce onesnažene prsti, in da se poleg tehničnih postopkov vedno bolj uveljavljajo postopki odstranjevanja težkih kovin iz prsti s pomočjo organizmov (npr. z nekaterimi vrstami rastlin).

## 4.2 Proceduralna/procesna znanja

Dijakinje in dijaki pri pouku izbirnega predmeta razvijajo poglobljeno sistemsko znanje, kompleksno mišljenje, zmožnost uporabe znanstvenega pristopa in kritične refleksije, oblikovanja in uporabe modelov, metodologij bioloških ved, tehnologij, samostojnega in skupinskega dela in komuniciranja (urejanja in izmenjave znanstvenih informacij) ter razvijajo odgovoren odnos.

Dijakinje in dijaki so ob zaključku pouka izbirnega predmeta zmožni:

- samostojno ali v skupini načrtovati in opraviti biološke raziskave in biotehnološke postopke, ki so jih spoznali, ter varno uporabiti ustrezne metode, jih analizirati in v slovenskem strokovnem jeziku predstaviti ugotovitve ter kritično ovrednotiti biološko raziskavo in ugotovitve (lastne raziskave in raziskave, ki so jih izvedli in opisali drugi);
- v skladu s pridobljenim znanjem v različnih socialnih okoliščinah ustrezno komunicirati, argumentirati in ustrezno navajati vire ter uporabiti ustrezne sheme, diagrame in simbolni jezik;
- poiskati relevantne in verodostojne informacije s področij, ki so jih spoznali (ločijo znanstveno oziroma strokovno besedilo od poljudnega oziroma laičnega);
- znanje biologije uporabiti v različnih kontekstih za vrednotenje lastnega ravnanja in ravnanja drugih ter kritično presoditi preventivne ukrepe za ohranjanje lastnega zdravja in zdravja drugih;
- v skladu s pridobljenim znanjem predvidevati možne posledice neposrednih in posrednih posegov v sisteme (tudi v človeški organizem) in se zavzemati za strokovne rešitve, ki upoštevajo meje zmogljivosti sistemov na vseh ravneh organizacije narave kot soodvisno povezane dinamične celote;
- glede na raven pridobljenega znanja z vidika blaginje družbe in posameznika presoditi znanstvena spoznanja in njihovo uporabo v medicini, biotehnologiji, genskem inženirstvu in podobnih področjih (npr. oceniti možnosti ustrezne uporabe in zlorabe biometričnih in genetskih podatkov, prednosti in omejitve pri poseganju v genome organizmov);

- z vidika odgovornega odnosa do organizmov v skladu s pridobljenim znanjem argumentirano razmišljati o gojenih organizmih (npr. laboratorijskih) in njihovih bližnjih sorodnikih v naravi ter predlagati izboljšave za gojenje organizmov.

## Ravni izkazanega znanja

	Zahtevnostna raven 1* <i>Sposobnost za reproduciranje strokovnega znanja in ponovno uporabo metod in spretnosti</i>	Zahtevnostna raven 2 <i>Sposobnost za uporabo strokovnega znanja, metod in spretnosti v novih kontekstih (vključno z uporabo strokovnega znanja, pridobljenega zunaj predmeta biologija)</i>	Zahtevnostna raven 3 <i>Sposobnost za samostojno obdelavo in vrednotenje novih strokovnih vsebin in problemov na podlagi prej pridobljenega znanja; sposobnost za samostojno razlaganje, raziskovanje, izdelavo modelov in zavzemanje stališč o problemih na podlagi strokovnih argumentov</i>
<b>Strokovno znanje</b>	<i>Razumevanje temeljnih bioloških konceptov v povezavi s poznavanjem živih sistemov, bioloških pojavov, strokovnih izrazov, principov in dejstev</i>		
	<b>Poznavanje temeljnih bioloških konceptov in njihova razlaga na podlagi znanih primerov</b> <b>Reprodukcija strokovnega znanja in povezovanje tega znanja s koncepti</b>	Uporaba biološkega znanja v preprostih novih kontekstih Opisovanje in razlaganje novih bioloških vsebin v povezavi z biološkimi koncepti Razlaganje bioloških vsebin na različnih ravneh organizacije živih sistemov Razlaganje znanih bioloških pojavov v povezavi s temeljnimi koncepti in znanimi dejstvi	Samostojna uporaba biološkega znanja v kompleksnih kontekstih Razlaganje novih strokovnih vsebin z različnih bioloških in naravoslovnih vidikov Samostojna uporaba, povezovanje in prehajanje na različne ravni organizacije bioloških sistemov pri razlaganju pojava
<b>Raziskovanje</b>	<i>Opazovanje, primerjanje, izvajanje poskusov, uporaba modelov in različnih metod dela</i>		
	<b>Izvedba poskusa oz. raziskave na podlagi navodil</b> <b>Strokovno ustrezno pisanje poročil o izvedbi poskusa oz. raziskave</b> <b>Ustrezna uporaba osnovnih metod dela</b> <b>Poznavanje in uporaba raziskovalnih metod in modelov</b> <b>Primerjava na podlagi postavitve ustreznih kriterijev</b> <b>Izdelava modelov</b>	Postavljanje bioloških raziskovalnih vprašanj in hipotez Načrtovanje, izvedba in razlaga rezultatov poskusov oz. raziskav Analiza zbranih podatkov Uporaba bioloških metod dela v novih okoliščinah Analiza podobnosti in razlik na podlag postavitve ustreznih kriterijev Razlaga bioloških vsebin na osnovi modelov	Samostojno iskanje in postavljanje bioloških vprašanj oz. hipotez Interpretacija podatkov v povezavi z vprašanjem oz. hipotezo in z možnimi viri napak Samostojna izbira in priredba metod dela Kritično vrednotenje prednosti in omejitev modelov kot orodja za ponazoritev naravnih pojavov
<b>Komuniciranje</b>	<i>Urejanje in izmenjava strokovnih informacij</i>		
	<b>Poročanje drugim o lastnih spoznanjih in rezultatih dela</b> <b>Uporaba strokovnega jezika</b> <b>Ekstrakcija informacij iz lahko razumljivih besedil, shem in drugih virov ter predstavitev tako pridobljenih informacij drugim</b>	Uporaba različnih načinov prikazovanja pri strokovnem komuniciranju v pisni oz. ustni obliki Uporaba strokovnega jezika v novih kontekstih Prevajanje strokovnega jezika v vsakdanji jezik in obratno Razlikovanje med predstavami iz vsakdanjega življenja in naravoslovnimi znanstvenimi razlagami	Samostojno iskanje in uporaba različnih virov informacij pri učenju novih bioloških vsebin in reševanju bioloških problemov Samostojno argumentirano razpravljanje z uporabo strokovnega znanja in strokovno utemeljevanje predlogov za rešitev bioloških problemov

\* Zahtevnostna raven 1 je minimalni standard znanja.

## 5 DIDAKTIČNA PRIPOROČILA

Izbirni predmet izhaja iz systemskega pristopa osnovnega programa predmeta in omogoča poglobljanje ter uporabo znanja osnovnega programa na kompleksnejših, poglobljenih primerih.

Na izvedbeni ravni predvidimo ustrezen delež pristopov za izvedbo čim več neposrednega raziskovanja in spoznavanja postopkov in metodologij s področja biotehnologije in bioinformatike ob upoštevanju biološke varnosti.

### 5.1 Predvidena organizacija in načrtovanje izvedbe učnega načrta

Področje biotehnologije je široko razvejeno na vsa področja človekovega delovanja. Zato je učni načrt za izbirni predmet zasnovan po sklopih, kar omogoča strokovno avtonomen izbor ciljev za poglobljanje bioloških konceptov osnovnega programa, spoznavanje konceptov, metodologij raziskovanja ter postopkov v biotehnologiji, sintezni biologiji in bioinformatiki.

Izvedba predmeta je možna v obsegu **70 ali 105 ur**.

<b>OBSEG IZBIRNEGA PREDMETA</b>	<b>NAČRTOVANJE IZVEDBE</b>
<b>70 ur</b>	<b>Obvezni del (25 ur + 5 nerazporejenih ur) in najmanj dva izbirna sklopa (40 ur)</b>
<b>105 ur</b>	<b>Obvezni del (25 ur + 5 nerazporejenih ur) in najmanj štiri izbirni sklopi (80 ur)</b>

V obeh primerih načrtovanja izvedbe (70 ali 105 ur izbirnega predmeta) je obravnavo treba v luči evolucije navezati na systemske učinke spreminjanja genomov na vseh ravneh organizacije biosfere, prednosti in zadržke uporabe ter sproščanja gensko spremenjenih organizmov ali njihovih produktov (biološka varnost). Glede na možnosti vzpostavimo sodelovanje s strokovnimi ustanovami, ki se ukvarjajo z molekularno biologijo, bioinformatiko, biološko varnostjo in sintezno biologijo ter biotehnologijo, in ob tem tudi spoznavanje poklicev s področja biotehnologije.

Izvedba naj bo v čim večji meri zastavljena tako, da bodo cilji predmeta doseženi pretežno z raziskovalnim pristopom, samostojnim in skupinskim delom ter smiselno kombinacijo pristopov za doseganje pričakovanih dosežkov (eksperimentalno delo, raziskovalne naloge, projektno delo idr.).

Vsebinski sklopi Molekularna biologija, Bioinformatika in Biološka varnost zajemajo temeljne koncepte in cilje, ki jih učiteljica/učitelj biologije lahko strokovno avtonomno razporedi in poveže z obravnavo izbirnih sklopov (oz. področij) biotehnologije, ki jih vključi v obravnavo, ter glede na zahtevnost načrtovane metodologije, trajanje raziskovanja in postopkov, interese, predznanje in zmožnosti dijakinj in dijakov.

Vsak od izbirnih sklopov (področij biotehnologije) s koncepti in cilji zajema splošne mehanizme ter specifične postopke in znanja.

Cilje sklopa Biološka varnost smiselno obravnavamo znotraj vseh drugih sklopov. Ker so vsebine izbirnih sklopov učnega načrta raznolike, tudi v smislu biološke varnosti, lahko cilje biološke varnosti obravnavamo še samostojno v širšem smislu. Tako si bodo dijakinje in dijaki lahko ustvarili celostno sliko problematike biološke varnosti. Zelo pomembno je vključevanje razprav o prednostih, ki jih morda včasih zaradi splošnih stališč v družbi zanemarjamo. Kot bodoči tvorni in odločujoči del družbe bodo dijakinje in dijaki tako seznanjeni s čim več neodvisnimi, predvsem pa strokovnimi mnenji o prednostih in slabostih gensko spremenjenih organizmov.

Učiteljica/učitelj biologije strokovno avtonomno načrtuje izvedbo izbirnega predmeta (v obsegu 70 ali 105 ur) ter za obravnavo lahko izbere tudi področja biotehnologije, ki sicer v učnem načrtu niso posebej opredeljena ali navedena.

Pri tem naj nameni dovolj časa za skupno načrtovanje obravnave z dijakinjami in dijaki ter izvedbo vseh faz raziskovanja (ob upoštevanju predznanja, zmožnosti, materialnih pogojev za izvedbo, trajanja biotskih procesov in biotehnoloških postopkov idr.).

Pri načrtovanju in v izvedbenem delu pri dejavnostih posebno pozornost nameni varnosti, odgovornemu ravnanju, ranljivosti uporabljenih organizmov in drugih živih sistemov, biološki varnosti in etiki.

Učiteljica/učitelj biologije glede na izbor področij biotehnologije, predznanje, zmožnosti dijakinj in dijakov, raziskovalna vprašanja in trajanje raziskovanja in biotehnoloških postopkov strokovno avtonomno smiselno razporedi koncepte ter pripadajoče cilje in ustrezno kombinira raziskovalni pristop z drugimi pristopi.

## **5.2 Uresničevanje ciljev in konceptov predmeta**

Izbirni predmet temelji na znanstvenih spoznanjih. Izvedba pouka naj bo v čim večji meri zastavljena z raziskovanjem delovanja obravnavanih področij biotehnologije.

Dijakinje in dijaki naj opravijo vse faze raziskovanja in raziskave predstavijo tako, da bodo na podlagi poročil mogoče ponovitve. Poročila oz. rezultate raziskav po vsaki izvedbi zberejo in ustrezno shranijo. Tako lahko primerjajo metode, postopke in rezultate.

Učiteljica/učitelj biologije pri obravnavi izbranih ciljev in poglobljanju razumevanja bioloških konceptov v izbirnem predmetu izhaja iz znanstvenih vprašanj in razvijanja razumevanja delovanja znanosti in tehnologije. Obravnava naj bo razumljiva, čim bolj zanimiva, aktualna in privlačna.

Na podlagi poglobljenega razumevanja in povezovanja bioloških konceptov bodo dijakinje in dijaki glede na sposobnosti, vrednote in interese zmožni prepoznati potenciale ter prednosti in zadržke uporabe izsledkov sodobnih bioloških ved v novih kontekstih.

Na podlagi poglobljenega znanja biotehnologije in bioinformatike bodo dijakinje in dijaki znali:

- v skladu z ravno pridobljenega znanja prepoznati psevdoznanosti, prikrite zlorabe, zavajanja, manipulacije, ki lahko vodijo v škodo za zdravje in kršitve človekovih pravic;
- predvideti neučinkovitost in škodljivost sprejemanja ponudbe poenostavljenih hitrih rešitev za reševanje kompleksnih problemov razvoja človeštva (npr. na podlagi primerov iz zgodovinskih virov);
- kot državljani sodelovati pri iskanju predlogov kompleksnih biotehnoloških rešitev v prid osnovnih potreb človeštva in ohranjanja biosfere;
- kritično presoditi in ravnati v skladu z znanjem, vrednotami, etiko in civilizacijskimi normami, se samostojno odločati na osebni in družbeni ravni (aktivno državljanstvo).

Za dijakinje in dijake s posebnimi potrebami po veljavni zakonodaji načrtujemo ustrezne pristope poučevanja glede na njihove zmožnosti.

### **5.3 Vrednotenje znanja/dosežkov**

Glede na razvoj bioloških ved, pedagoške stroke in sodobnega biološkega izobraževanja učiteljica/učitelj biologije strokovno avtonomno spremlja napredek dijakinj in dijakov pri razumevanju vsebinskih konceptov izbirnega predmeta, doseganju spretnosti in veščin ter razvoju vrednot.

Zahtevnostno raven doseganja pričakovanih dosežkov (glej preglednico Ravni izkazanega znanja, str. 23) preverja in vrednoti v skladu z izvedenimi pristopi pri pouku. Izkazane dosežke naj čim bolj celostno preveri in oceni. Pri tem strokovno avtonomno uporabi ustrezne načine preverjanja izkazanega systemskega znanja (systemske razumevanje mehanizmov delovanja biotehnoloških postopkov ter s tem povezano razumevanje, povezovanje in uporaba temeljnih bioloških konceptov v različnih kontekstih) v skladu z zmožnostmi in individualno raznolikostjo dijakinj in dijakov (poudarek predvsem na razumevanju konceptov, ne pa reprodukciji definicij in drugih podrobnosti).

Spremljanje doseganja procesnih (proceduralnih) ciljev naj bo usmerjeno v razumevanje delovanja znanosti, varno uporabo tehnologij, rabo ustreznih virov in kritično presojo njihove strokovne korektnosti, zmožnost predstavitve bioloških informacij v strokovnem jeziku, odgovoren odnos in podobno.

### **5.4 Povezave z osnovnim programom predmeta**

Izbirni predmet omogoča razvijanje in poglobljanje systemskega znanja genetike in biotehnologije v luči evolucije ter spoznavanje dela in sodobnih metodologij na področju genetike, biotehnologije in sintezne biologije. Nadgradi obravnavo vsebinskega sklopa D Geni in dedovanje in poglobi razumevanje bioloških konceptov

D1, D2 in D3 iz veljavnega učnega načrta za biologijo v obveznem programu in povezave med njimi. Z uporabo biološkega znanja v različnih kontekstih omogoča povezovanje in nadgradnjo znanja sklopov A, B, E, L in F.

Omogoča veliko možnosti za krepitev sposobnosti povezovanja in uporabe systemskega znanja biologije na vseh ravneh organizacije živih sistemov.

## **5.5 Medpredmetne povezave**

Biologija pri obravnavi živih sistemov smiselno integrira znanja drugih ved. Zato tako kot v obveznem, osnovnem programu tudi pri izbirnem predmetu dijakinje in dijaki spoznajo interdisciplinarno naravo znanosti in sodelovanje različnih disciplin ter spoznavajo odnos med znanostjo in družbo. Spoznajo, kako lahko znanje evolucije pomaga pri reševanju problemov sodobne družbe (npr. molekularna evolucija pri biotehnološki sintezi funkcionalnih biomolekul).

Pri izvedbi pouka izbirnega predmeta smiselno vključimo uporabno predznanje drugih predmetov, npr. pri obravnavi in poglobljanju izbranih bioloških konceptov in mehanizmov ter reševanju kompleksnih vprašanj, povezanih z biotehnologijo in sintezno biologijo. Dobra priložnost za razvijanje procesnih znanj oz. zmožnosti in smiselno povezovanje z drugimi predmeti ter kroskurikularnimi področji je načrtovanje in izvedba bioloških raziskav in biotehnoloških postopkov (npr. z uporabo projektnega pristopa).

Izbirni predmet razvija poglobljeno razumevanje in vpogled v biotske procese ter postopke v biotehnologiji, bioinformatiki in sintezni biologiji. S tem omogoča veliko možnosti smiselnega povezovanja systemskega znanja in razvijanja systemskega mišljenja.

Systemsko razumevanje bioloških vprašanj, povezanih z biotehnologijo, bioinformatiko in sintezno biologijo ter vplivi na dejansko stanje živih sistemov, dijakinjam in dijakom pomaga pri presoji vplivov njihove uporabe ob upoštevanju različnih perspektiv ved o življenju in drugih ved. Pri izvedbi kompleksne teme in vprašanja smiselno medpredmetno povezujemo in uporabimo predznanja posameznih naravoslovnih in družboslovnih ved.

Tako kot osnovni program biologije tudi izbirni predmet vključuje pristope, postopke in znanstveni način razmišljanja, ki segajo čez disciplinarne meje (npr. systemski pristop, uporaba modelov, konstant in spremenljivk ter velikostnih razponov, merjenje, preučevanje vzorcev vedenja sistemov, pojav emergenc na višjih ravneh organizacije živih sistemov).

Z raziskovalnim pristopom odpiramo veliko možnosti za krepitev sposobnosti uporabe systemskega znanja biologije na vseh ravneh organizacije živih sistemov in povezovanja z drugimi vedami. Omogoča postavljanje znanja v kontekst vrednot, etike, biološke varnosti odgovornega ravnanja (npr. z biometričnimi podatki, pri poseganju v genome). Izvedba pouka vključuje varnost pri delu, skrb za zdravje in zdrave življenjske razmere ter uporabo znanja za aktivno državljanstvo.

## **6 MATERIALNI IN POGOJI ZA IZVEDBO POUKA**

Za izvedbo pouka izbirnega predmeta Izbrana poglavja iz biotehnologije uporabimo že obstoječo učilnico za biologijo v osnovnem obveznem programu predmeta biologija, opremljeno z računalnikom, povezanim s projektorjem in dostopom do interneta, demonstracijskim mikroskopom s kamero in drugimi sodobnimi učnimi pripomočki, ki so stalno nameščeni v učilnici.

Za izvedbo laboratorijskega dela, pri katerem dijakinje in dijaki delimo v skupine po veljavnih standardih in normativih, uporabimo ustrezno specializirano biološko učilnico z obstoječo opremo za izvedbo osnovnega programa biologije, prostor za pripravo na izvedbo laboratorijskega in terenskega dela pouka ter shranjevanje opreme in ustrezen prostor za varno skladiščenje kemikalij (skladno z veljavnimi predpisi).

Laboratorijsko in terensko raziskovanje je podlaga za razvijanje ciljev izbirnega predmeta. Pri izvedbi tega dela pouka dijakinje in dijake delimo v skupine. Glede na možnosti jih v urnik vključimo kot blok ure ali delno fleksibilno načrtujemo del izvedbe raziskovalne dejavnosti, ki traja več kot dve uri.



## 7 ZNANJA IZVAJALK IN IZVAJALCEV

PREDMET	IZVAJALEC	ZNANJA s področij
Izbrana poglavja iz biotehnologije	učitelj	s katerih mora imeti znanja učitelj predmeta biologija
	laborant	Srednješolskega izobraževanja biologije