

učenje z vesoljem

→ RAZISKOVANJE KAKOVOSTI VODE

Mini študija primera za Podnebne detektive



Avtorske pravice: Jean Baptiste Burne

→ RAZISKOVANJE KAKOVOSTI VODE

Mini študija primera za Podnebne detektive

PREGLED

Predmet: naravoslovje, biologija

Starostni razpon: 14–18 let

Tip: projektna dejavnost

Ključne besede: kakovost vode, podnebne spremembe, cianobakterije, opazovanje Zemlje, znanost, biologija

UČNI CILJI

- Sposobnost znanstvenega dela z zbiranjem in analizo podatkov, natančnim opazovanjem, iskanjem vzorcev in odnosov.
- Prepoznavanje dela vpliva podnebnih sprememb na vodne vire.
- Določanje cianobakterij kot bakterij, ki s fotosintezo pridobivajo energijo.
- Razumeti, kako je opazovanje Zemlje mogoče uporabiti za spremljanje kakovosti vode.

Kratek opis

Mini študije primerov za podnebne detektive učiteljem pomagajo določiti temo, ki jo bo raziskovala njihova ekipa podnebnih detektivov, in jih vodijo skozi različne faze projekta. V predlogi bodo učitelji našli nekaj idej za različne vrste podatkov, ki jih učenci lahko zbirajo in analizirajo. Predlogi niso popolni, zato se lahko učitelji odločijo za lastno specifično usmeritev znotraj danega raziskovalnega področja. Mini študijo primera je treba uporabiti v povezavi z [navodili za učitelje](#) in ne kot samostojen dokument.

Ta študija primera je posvečena **kakovosti vode**, učenci pa bodo raziskovali, kako lahko podnebne spremembe vplivajo na kakovost vode glede cianobakterij v jezerih.

O podnebnih detektivih

Projekt Podnebni detektivi je namenjen učencem in ga vodi Evropska vesoljska agencija (ESA) v sodelovanju z nacionalnimi uradi za vire na področju vesoljskega izobraževanja (ESERO) po vsej Evropi.

V tem projektu bodo učenci prevzeli vlogo podnebnih detektivov med spoznavanjem okolja na Zemlji. Za to bodo identificirali lokalni podnebni problem (Faza 1), ga raziskali z uporabo pravih satelitskih posnetkov ali lastnih zemeljskih meritev (Faza 2) in na koncu predlagali ukrepe za zmanjšanje ali spremljanje problema (Faza 3).



CLIMATE DETECTIVES

ZAČNITE
TUKAJ

Ali je vprašanje primerno
za temo podnebja?

Da, preučuje, kako
lahko sprememba
podnebja vpliva na
kakovost vode v
jezerih.

Ali je vprašanje osredotočeno na
en sam problem ali težavo?

Da, osredotočeno je
na kakovost vode,
povezano z razvojem
cianobakterij.

Je vprašanje preširoko
ali preveč specifično?

Ne, opredeljuje problem
lokalnega obsega, vendar
vzpostavlja povezavo s širšim
globalnim problemom.

Je vprašanje jasno in
jedrnato?

Je odgovor na vprašanje
preveč enostavno dostopen?

Da, definirano je jasno in
mogoče ga je raziskati s
pomočjo satelitskih
opazovanj in zemeljskih
meritev.

Ne, vključuje analizo podatkov
ter tudi teoretično
raziskovanje in zbiranje
informacij iz sekundarnih
virov.

Tema: Jezera in podnebje

Raziskovalno vprašanje

Kako podnebne spremembe
vplivajo na kakovost vode glede
cianobakterij v jezerih?



A – Uvod v temo (FAZA 1)

Postavitev scene

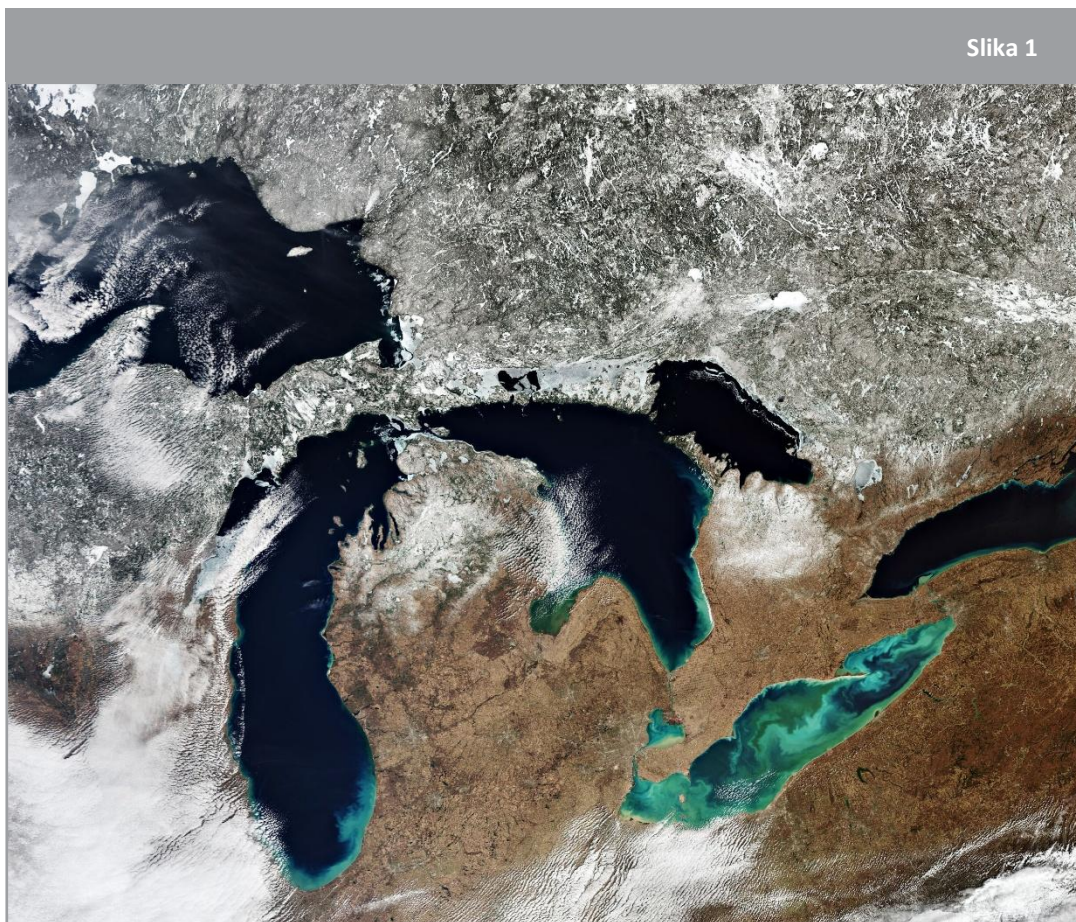
»Razumevanje zapletenega delovanja jezer v spreminjajočem se okolju je bistvenega pomena za učinkovito upravljanje vodnih virov in blažitev učinkov podnebnih sprememb.« [Projekt ESA CCI Lakes](#)

Luksemburška vlada je septembra 2021 [objavila opozorilo](#) o cianobakterijah v največjem jezeru v Luksemburgu, jezu Esch-Sur-Sûre. [Vodni sindikat jezu Esch-Sur-Sûre](#) (SEBEL) je situacijo komentiral:

»Od leta 1986 opažamo postopno povečanje prisotnosti Cyanophyceae v jezu Esch-sur-Sûre. Vode so razvrščene kot »mezoetrofične«, kar pomeni, da je opaženo cvetenje v bistvu posledica prekomerne oskrbe s hranili, kot sta dušik in fosfor.

Interakcija med različnimi oblikami hranil in cvetovi Cyanophyceae je zelo kompleksna in še vedno predmet razprav. Drugi meteorološki dejavniki, kot so podnebne spremembe, mirujoče vode in naraščajoče temperature ter padajoči pretoki poleti, so dodatno spodbudili razvoj Cyanophyceae pred drugimi vrstami fitoplanktona. Ta pojav, ki ga opažamo v jezu, opažamo tudi po vsem svetu.«

Ta študija primera govori o tem dogodku. Ekipe podnebnih detektivov iz Luksemburga lahko izberejo to jezero ali drugo vodno telo v državi. Ekipe iz drugih držav spodbujamo, naj raziščejo lokalno vodno telo.



↑ Satelitski podatki lahko pomagajo spremljati rast in širjenje cvetenja cianobakterij. To [sliko](#) je zajel [Copernicus Sentinel-3](#) in jasno prikazuje cvetove zelenih alg, ki se vrtničijo v jezeru Erie (Severna Amerika), ker so se nabrali na vodni gladini. Ta slika vsebuje spremenjene podatke satelita Copernicus Sentinel (2020), ki jih je obdelala ESA, [CC BY-SA 3.0 IGO](#).

Osnovni podatki:

Kaj so cianobakterije?

Cianobakterije so bakterije, ki s fotosintezo pridobivajo energijo. Svetlobo absorbirajo s pomočjo fikobilinskih pigmentov (fotosintetskih pigmentov), ki jim dajejo edinstveno modrozeleno barvo, da ogljikov dioksid in vodo pretvorijo v kisik in glukozo. Cianobakterije so zgodnje in s kisikom revno Zemljino atmosfero spremenile v današnjo atmosfero, bogato s kisikom.

Cianobakterije skupaj z algami tvorijo osnovo vodne prehranjevalne mreže. [Ta članek](#) na strani Microbiology Society ponazarja pomembno vlogo, ki jo imajo mikroorganizmi, kot so cianobakterije, in sicer kot primarni proizvajalci v prehranski verigi.

Ime cianobakterije se nanaša na njihovo barvo (iz stare grščine **κυανός** (kuanós), kar pomeni 'modra'), kar jim daje drugo ime, »modrozelenke alge«.

Zakaj se razvijejo cianobakterije?

Cianobakterije so pomembne kot primarne proizvajalke organskih snovi in oskrbovalke kisika za drugo vodno in kopensko življenje, lahko pa tudi prispevajo k umrljivosti drugih organizmov – v primerih intenzivnega cvetenja. Izraz cvetenje se uporablja za dogodke, ko fitoplankton – alge ali cianobakterije, ki živijo v vodnem okolju – raste veliko hitreje, kot se odstrani (s prehranjevanjem ali drugimi oblikami razpadanja). Cvetovi predstavljajo težavo, ko porušijo ravnovesje v prehranjevalni mreži, prehitro propadejo (povzročajo nizko vsebnost kisika) ali proizvajajo strupene snovi. Na žalost so vrste cianobakterij, ki najverjetneje tvorijo cvetove, tudi tiste, ki povzročajo znatne težave, vključno s kopičenjem na vodni gladini v mirnem vremenu (»pena«) in so včasih strupene. To povzroča težave pri oskrbi s pitno vodo in pri rekreaciji. Visoke temperature vode so bile povezane z razvojem cvetenja cianobakterij v zmernih in polsušnih regijah. Naraščajoče temperature zaradi podnebnih sprememb spodbujajo rast nekaterih vrst cianobakterij, s čimer se povečujejo tveganja, povezana s cvetenjem. Čeprav je temperatura dejavnik, ki vpliva na kinetiko rasti bakterij, je razpoložljivost hranil kot fosfor glavni pogoj za rast alg in cianobakterij.¹

Glede na [Interaktivni atlas IPCC](#) podnebne spremembe v zahodni Evropi povzročijo povišanje temperature in večjo hidrološko sušo, kar povzroči zmanjšanje izpustov rek in dotokov vode v jezerih. Zaradi tega imajo lahko cianobakterije prednost in rastejo hitreje kot preostali fitoplankton in poslabšajo kakovost vode.

Raziskave razvoja cianobakterij

Kot začetno dejavnost in krepitev znanja učencev, povezanega s temo, predlagamo naslednje:

- Ogled **kratkega dokumentarnega filma** oz. **videa** na to temo.
- Izvedba **spletne raziskave** za raziskovanje dejavnikov, ki spodbujajo razvoj cianobakterij, in poveza s podnebnimi spremembami. [Interaktivni atlas IPCC](#) ponuja regionalne informacije o podnebnih spremembah. [Tukaj](#) bodo ekipe našle informacije o cvetenju alg in uporabi daljinskega zaznavanja za odkrivanje in spremljanje teh dogodkov.
- Raziskovanje **lokalnih medijev** in iskanje člankov, ki razkrivajo določen problem v lastni skupnosti.
- Preverjanje morebitnih **poročil**, ki lahko pomagajo določiti ustrezne informacije. To poročilo lahko preverite pri [Svetovni zdravstveni organizaciji](#), ki predstavlja raven cianobakterij v vodi, ki velja za nezdravo.
- Obrnite se na **lokalne raziskovalne organizacije**, ki delujejo na tem področju, in zaprosite za informacije in lokalno strokovno podporo.

¹https://www.researchgate.net/publication/330944730_Cyanobacteria_Growth_Kinetics

Načrt preiskave

Zdaj, ko smo obdelali temo in raziskovalno vprašanje, je čas za načrtovanje podatkov, ki jih mora ekipa zbrati. Zadnji korak v prvi fazi programa Podnebni detektivi je predložitev načrta preiskave. Poiščite ideje za zbiranje podatkov v razdelku B, kar vam lahko pomaga pri oddaji načrta preiskave za vašo ekipo.

B – Zbiranje in analiza podatkov (FAZA 2)

Za raziskovanje teme kakovosti vode in razvoja cianobakterij lahko učenci zbirajo in analizirajo podatke iz več virov.

Satelitski podatki

Podatke iz satelitov, ki opazujejo Zemljo, je mogoče uporabiti za spremljanje jezer in drugih vodnih teles. S satelitskimi podatki Copernicus Sentinel-2 in [skripto za analizo kakovosti vode](#) lahko vidimo problem cianobakterij v jezeru Esch-sur-Sûre v Luksemburgu septembra 2021.

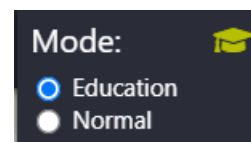
Za to vajo bomo uporabljali brskalnik EO (<https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>); spletno orodje, ki omogoča brezplačen dostop do satelitskih posnetkov iz različnih misij opazovanja Zemlje. [Tukaj](#) in [tukaj](#) lahko najdete več informacij o uporabi brskalnika EO.

Več informacij

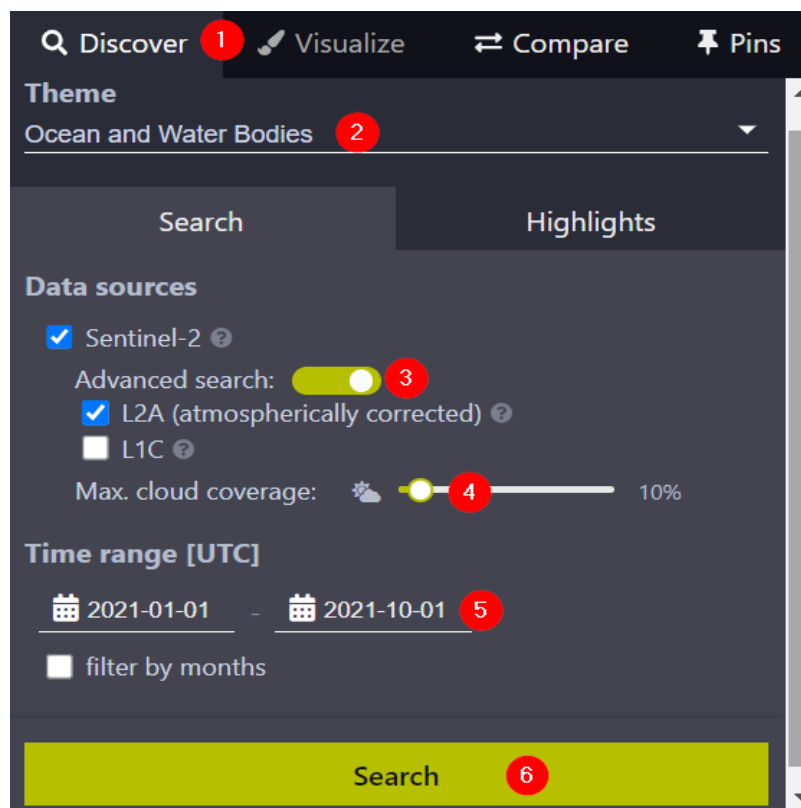
Copernicus Sentinel-2 je misija dveh satelitov. Vsak satelit ima kamero visoke ločljivosti, ki zajema zemeljsko površino v vidnem, bližnjem infrardečem in kratkovalovnem infrardečem območju, ki obsega 13 spektralnih pasov. Misija se večinoma uporablja za spremljanje sprememb v načinu uporabe tal in spremljanje zdravja naše vegetacije. Čeprav je bila optimizirana za uporabo na kopnem, je tudi dragoceno orodje za spremljanje barve oceanov in biološke aktivnosti. Preberite več o zgodbi »[Sentinel-2 pade v sredico nevihte alg](#)«.

Vaja

1. Odprite brskalnik EO.
2. V zgornjem desnem kotu zaslona vašega brskalnika EO s klikom izberite Mode (Način): Education (Izobraževanje).



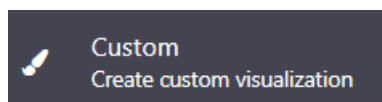
3. V iskalnem polju izberite lokacijo jezera  esch-sur-sure.
4. Na zavihku »Discover« (odkrij – 1):
 - Izberite temo »Ocean and Water bodies« (Ocean in vodna telesa – 2);
 - Aktivirajte »Advanced search« (Napredno iskanje – 3);
 - Nastavite »Max cloud coverage« (Največja oblačnost) na 10 % (4);
 - Izberite zeleno časovno obdobje (5);
 - Pritisnite »Search« (Iskanje – 6).



5. Na zavihku »Visualize« (Vizualiziraj) izberite sliko in kliknite gumb »Visualize« (Vizualiziraj).



6. Kliknite gumb »Custom« (Po meri).

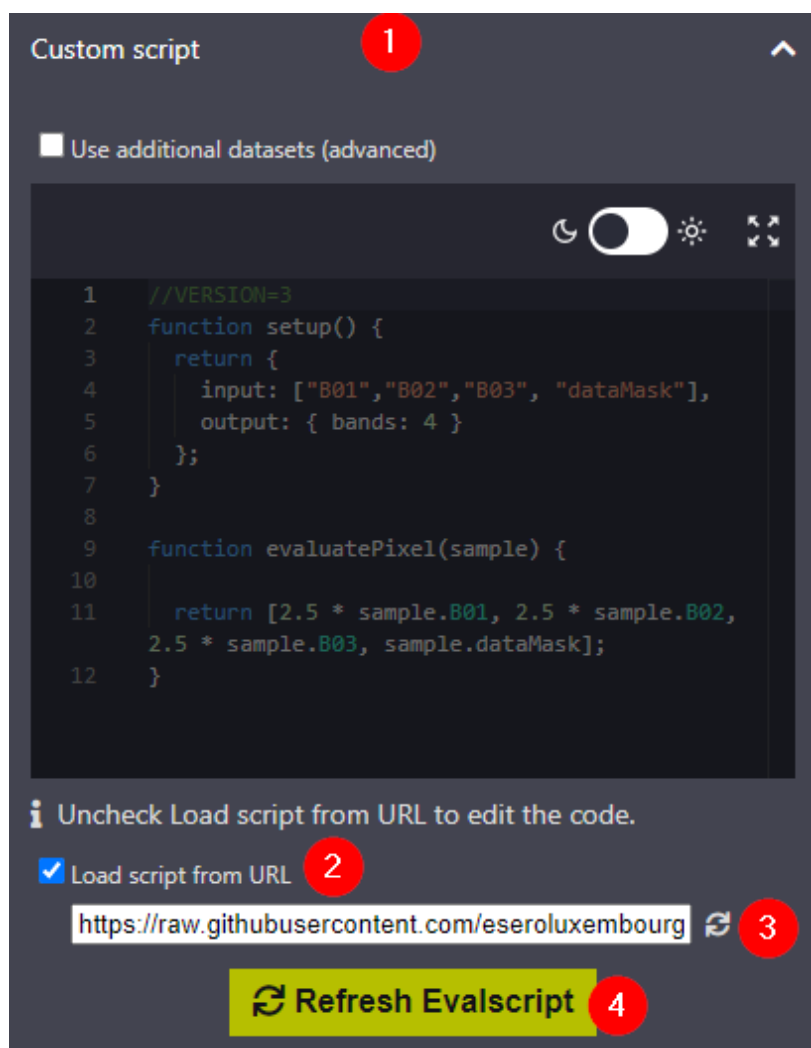


7. Kliknite »Custom script« (Skript po meri – 1), nato potrdite polje »Load script from URL« (Naloži skript iz URL – 2).

8. Izpolnite polje z naslednjim URL (3):

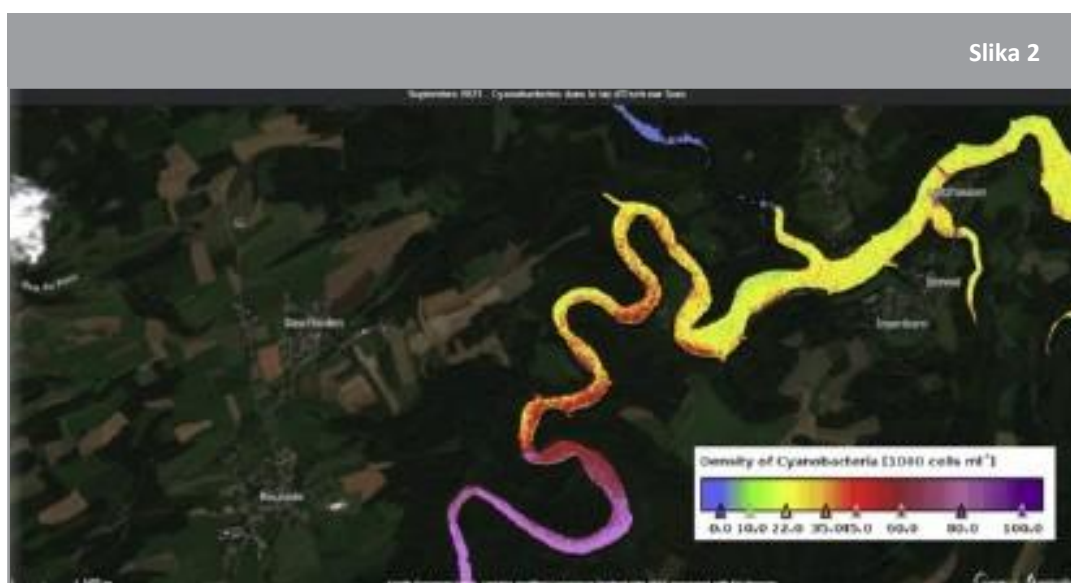
<https://raw.githubusercontent.com/eseroluxembourg/sentinel-scripts/master/sentinel-2/se2waq/script.js>.

9. Kliknite gumb »Refresh Evalscript« (Osveži Evalscript – 4).



Rezultati

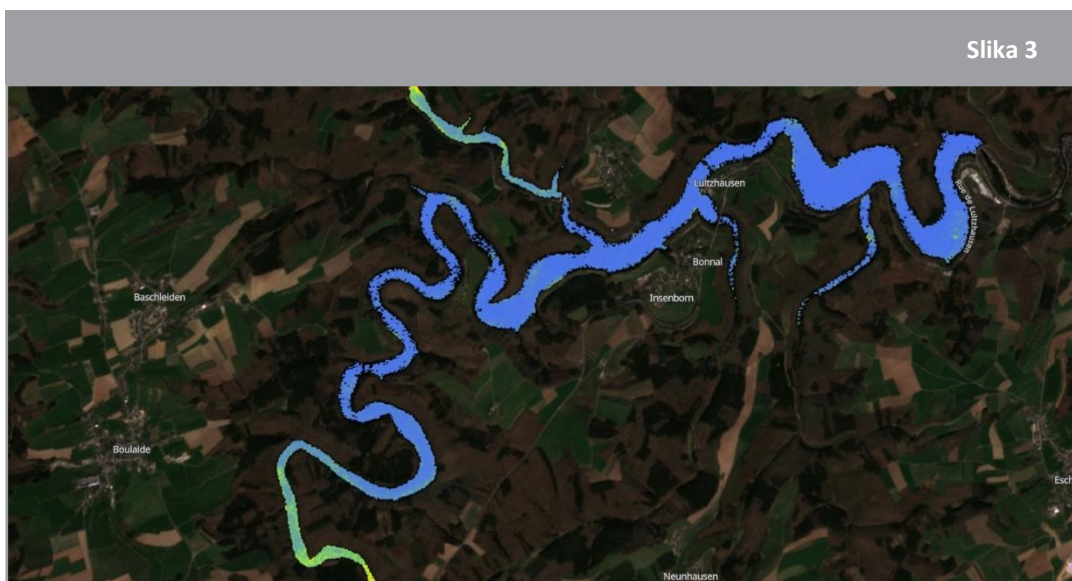
- September 2021 (poglejte sliko neposredno v [brskalniku EO](#)).



↑ Gostota cianobakterij v jezeru Esch-sur-Sûre, Luksemburg, septembra 2021.

Učenci lahko ponovijo zgornjo vajo in dobijo novo sliko istega jezera v drugem letnem času, npr. aprila 2021.

- April 2021 (poglejte sliko neposredno v [brskalniku EO](#)).



↑ Gostota cianobakterij v jezeru Esch-sur-Sûre, Luksemburg, aprila 2021.

Analiza in razprava

Po vizualizaciji rezultatov morajo učenci sliki primerjati in razmisliti, kaj podatki prikazujejo ter opaziti morebitne razlike. Učenci lahko raziščejo, kako se prisotnost cianobakterij spreminja skozi čas in kako je to povezano npr. s temperaturo vode, vremenskimi pojavi in podnebnimi spremembami.

Razvoj cianobakterij je močno povezan z razpoložljivostjo hranil, zlasti fosforja. Hranila imajo lahko veliko različnih virov – kmetijstvo in industrija sta le dva. Zanimivo je raziskati območje okrog vodnega telesa. Ali so v okolici intenzivno uporabljena polja? Ali obstaja v okolici industrijska proizvodnja?

Treba je opozoriti, da ima daljinsko zaznavanje cianobakterij svoje omejitve. Veliko lažje je zaznati cianobakterije, ki se nabirajo na vodni gladini, kot pa jih prepoznati iz alg, ko se voda meša. Zaradi tega so tudi meritve iz zemeljskih opazovalnih mrež ključnega pomena.

Podatki o tleh

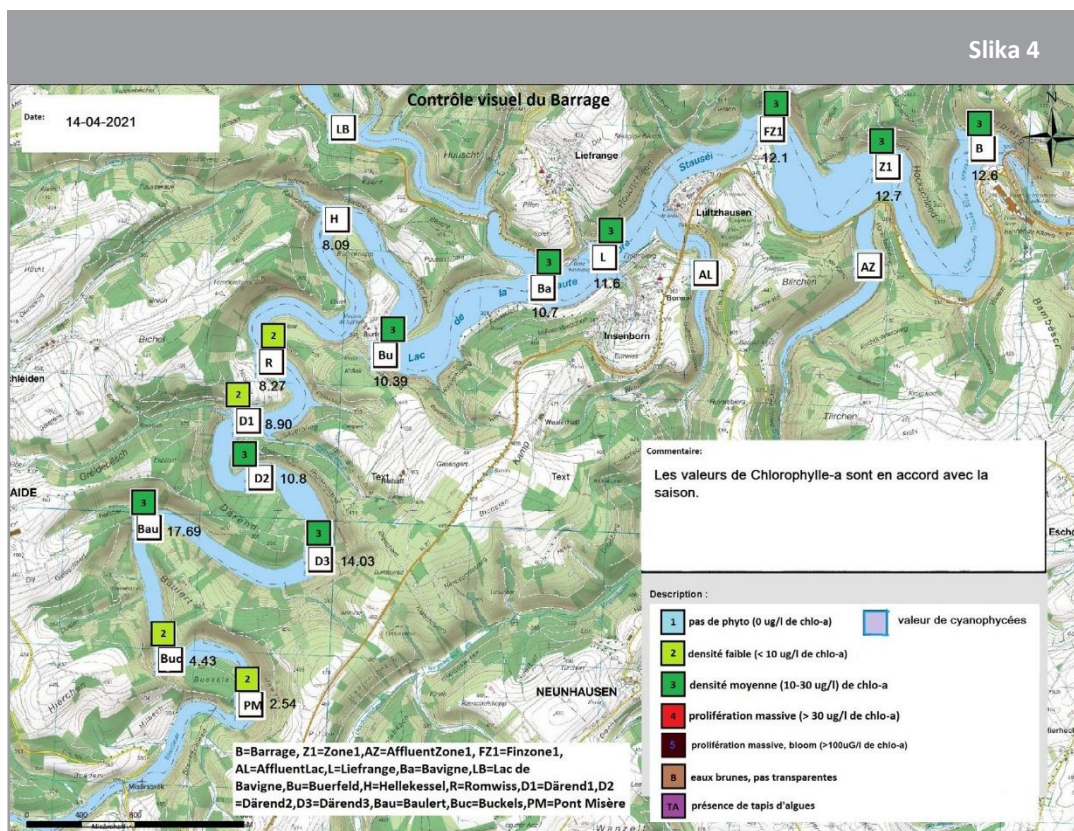
Opazovanja Zemlje je mogoče pridobiti s platform za daljinsko zaznavanje, kot so sateliti, ali jih zajeti na tleh. Te meritve imenujemo »zemeljski podatki« ali »in situ« (na kraju samem).

Nacionalni podatki

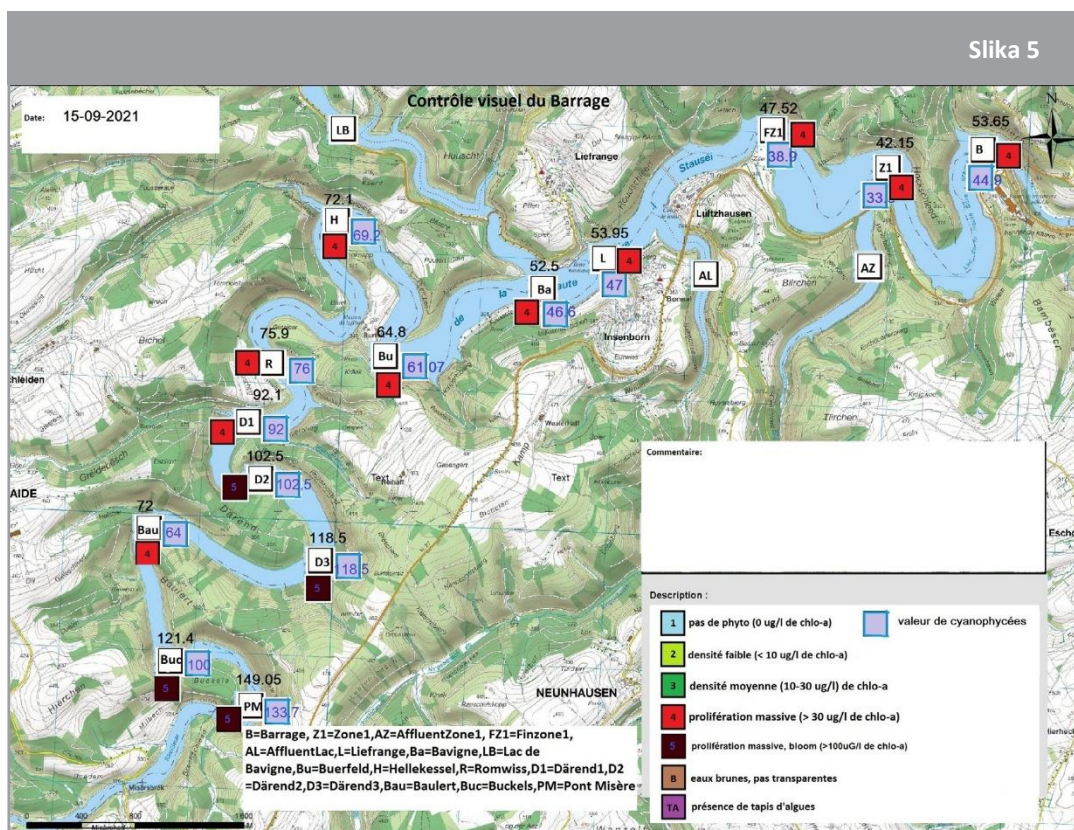
V Luksemburgu zemeljske podatke o koncentraciji cianobakterij v vodi zagotavljata dve organizaciji.

- [Okoljska mikrobiologija in biotehnologija](#) z Luksemburškega inštituta za znanost in tehnologijo (LIST);
- [Vodni sindikat jezu Esch-Sur-Sûre](#) (SEBEL).

Ta vrsta podatkov je zelo pomembna za potrditev meritev, ki jih izvajajo sateliti. Opazovanja SEBEL na kraju samem se ujemajo s satelitskimi opazovanji z brskalnikom EO (glejte spodnje slike).
Učenci primerjajo lastne satelitske slike z meritvami, ki jih izvajajo nacionalne agencije.



↑ Nizka raven cianobakterij aprila 2021. Zasluge PURDUE-WILLE Emanuela.



↑ Visoka raven cianobakterij septembra 2021. Zasluge PURDUE-WILLE Emanuela.

Primarni podatki

To so informacije, ki jih učenci izmerijo ali izračunajo sami.

Obstajata dva glavna dejavnika, ki omejujeta rast cianobakterij: svetloba in razpoložljivost hranil. Spodaj lahko skupine najdejo ideje, kako te dejavnike raziskati. Ekipe lahko raziskujejo tudi druge dejavnike in njihov odnos do cianobakterij. Npr. slanost in temperatura vode sta prav tako pomembna dejavnika, ki lahko vplivata na rast cianobakterij.

Opozorilo za varnost in zdravje!

Voda z veliko cianobakterij lahko povzroči težave (kot je neprijeten vonj) in tveganje za zdravje! Pred obiskom jezer in rek ter kakršnimi koli meritvami preverite, ali obstajajo opozorila uradnih oblasti o kakovosti vode in se pogovorite o tem, kako se zaščititi.

Prosojnost vode

Količina cianobakterij in alg vpliva na to, kako globoko svetloba prodre v vodno telo, določa globino, do katere lahko rastejo vodne rastline. Brez svetlobe ni fotosinteze rastlin, alg ali cianobakterij. Prosojnost se zmanjša s prisotnostjo molekul in delcev, ki lahko absorbirajo ali razpršijo svetlobo in lahko pomagajo določiti globino, na kateri je možna fotosinteza. Poleg tega lahko barva vode pomaga določiti, ali nizko prosojnost povzročajo alge ali druge snovi, kot so raztopljene organske snovi, minerali ali organske usedline.

Prozornost vode lahko merimo s **Secchijevim diskom**. Secchijev disk ima premer 30 cm in se z vrvico spusti v vodo. Globina, pri kateri Secchijevega diska ni več mogoče videti skozi vodo, je znana kot Secchijeva globina. Ko je prosojnost vode visoka, je Secchijeva globina velika. Ko je prosojnost vode nizka in motna, je Secchijeva globina majhna.

Secchijev disk je mogoče izdelati [z uporabo 3D-tiskalnika](#) ali iz materiala, ki ga je mogoče reciklirati, kot je npr. [stara gramofonska plošča](#). Prozornost vode se lahko spreminja sezonsko, zato je pomembno, da opravite več odčitkov Secchijevega diska, npr. enkrat mesečno. Protokole o uporabi Secchijevega diska za merjenje prosojnosti vode lahko najdete na spletu. Secchijev disk se uporablja že več sto let, znanstveniki pa meritve še naprej uporabljajo za spremljanje prosojnosti vode. Če Secchijev disk polne velikosti ni potreben ali je prevelik za prenašanje, si oglejte, kako zgraditi in namestiti Mini-Secchijev disk, ki je na voljo prek [projekta MONOCLE](#).

Te meritve [znanstveniki](#) uporabljajo tudi za povezavo s koncentracijo fitoplanktona v vodi in potrditev meritev, ki jih izvajajo sateliti.

Hranila

Naravna in zdrava količina hranil, kot sta dušik in fosfor, sta bistvenega pomena za delovanje vodnih ekosistemov. Preobremenitev morij, jezer in rek s hranili lahko povzroči vrsto škodljivih učinkov, znanih kot eutrofikacija. Fosfor je ključno hranilo za eutrofikacijo sladkih voda. Običajno velja za »omejevalno hranilo«, kar pomeni, da razpoložljiva količina tega hranila nadzoruje hitrost rasti alg in vodnih rastlin. Najpogostejša oblika fosforja, ki jo uporabljajo biološki organizmi, je fosfat. Za merjenje ravni fosfatov v vodi lahko ekipe uporabljajo komplet za kakovost vode ali komplet za testiranje fosfatov.

Manj verjetno je, da se bodo cianobakterije pojavile na območjih, kjer se nahajajo ukoreninjene rastline, ker bodo uporabile hranila, ki jih potrebujejo oboji. Ko so cianobakterije pogoste v jezeru, ukoreninjene rastline verjetno ne bodo istočasno rastle v vodi. Ekipe lahko raziščejo tudi prisotnost indikatorskih organizmov. To so rastlinske ali živalske vrste, ki živijo v posebnih razmerah in lahko npr. posredno pokažejo količino hranil v jezeru ali ob bregu.

Rastline, ki za rast potrebujejo veliko dušika, lahko torej najdemo na območjih z visoko koncentracijo dušika. To velja tudi za živali, npr. žuželke in celo mikroorganizme. Kakovost vode je mogoče oceniti z merjenjem prisotnosti izbranih organizmov na proučevanem območju.

C – Čas je, da ustvarimo spremembe! (FAZA 3)

Na podlagi rezultatov in zaključkov Faze 2 se ekipe odločijo o ukrepih, ki jih je treba sprejeti za reševanje podnebnega problema, ki so ga raziskovali. Kakšne ukrepe bi lahko sprejeli učenci kot posamezniki ali kot skupnost, da bi povečali osveščenost in zmanjšali vpliv cvetenja cianobakterij v svojih skupnostih?



CLIMATE DETECTIVES

→ NALOGE KOT PODNEBNI DETEKTIVI

Delovni list za učence

A – Uvod v temo (FAZA 1)

- Kaj so cianobakterije? Kako podnebne spremembe vplivajo na kakovost vode glede cianobakterij v jezerih?
- Zakaj se razvijajo cianobakterije?
- Katere so glavne težave, ki jih povzročajo cianobakterije?
- Kako tema, ki ste jo izbrali, vpliva/se nanaša na vas, vašo skupnost ali lokalno okolje?
- Opišite, kako nameravate raziskati podnebni problem in katere podatke nameravate analizirati (za načrt preiskave). Za predloge glejte spodaj.

B – Zbiranje in analiza podatkov (FAZA 2)

- Opravite razgovore z ljudmi, ki živijo okoli jezera, in se pogovorite o razvoju jezera skozi leta v povezavi s podnebnimi spremembami.
- Analizirajte druga jezera in ne le jezero Esch-sur-Sûre.
- Analizirajte razvoj cianobakterij v enem letu, v obdobju več mesecev.
- Primerjajte razvoj cianobakterij na jezeru v istem trenutku v različnih letih.
- Raziščite prisotnost indikatorskih organizmov, ki kažejo prisotnost hranilnih snovi, ki dajejo prednost cianobakterijam.
- Analizirajte prosojnost vode skozi čas z uporabo Secchijevega diska.
- Povežite prisotnost cianobakterij skozi čas s temperaturo vode, vremenskimi pojavi in podnebnimi spremembami.

C – Čas je, da ustvarimo spremembe! (FAZA 3)

Vaše delo podnebnega detektiva je zdaj končano. Kakšne ukrepe lahko predlagate kot posamezniki ali kot skupnost, da bi spremenili temo svoje raziskave?

→ Povezave

Viri ESA

Priročnik za učitelje podnebnih detektivov

<https://climatedetectives.esa.int/teacher-guide/>

Viri učilnice Podnebni detektivi

<https://climatedetectives.esa.int/classroom-resources>

Podnebje za šole – Gradiva iz Pobude za podnebne spremembe

<https://climate.esa.int/en/educate/climate-for-schools/>

Osnovni podatki:

Škodljivo cvetenje alg – naravoslovno izobraževanje z opazovanjem Zemlje za srednje šole

<https://seos-project.eu/marinepollution/marinepollution-c03-p01.html>

Interaktivni atlas IPCC

<https://interactive-atlas.ipcc.ch/regional-synthesis>

Cianobakterije v vodi – Svetovna zdravstvena organizacija

<https://www.who.int/publications/m/item/toxic-cyanobacteria-in-water-second-edition>

Copernicus Sentinel-2

https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-2

Zbiranje in analiza podatkov

Brskalnik EO

<https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser>

Projekt Monocle – Mini-Secchijev disk

https://monocle-h2020.eu/Sensors_and_platforms/Mini-secchi_disk_en

V pisarni za izobraževanje ESA smo veseli vseh povratnih informacij in komentarjev
teachers@esa.int

Izdelek ESA Education v sodelovanju z ESERO Luksemburg.
Copyright 2022 © European Space Agency