



Co-funded by
the European Union

Genų redagavimo rizika: kas gali nutikti ne taip?



BIO54YOU
AR 2.0

BIO-INSPIRED STEM TOPICS FOR ENGAGING YOUNG GENERATIONS
THANKS TO THE USE OF AUGMENTED REALITY

Project Number: 2023-1-DE03-KA220-SCH-000126516

"Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them."





Turinys

Įvadas:	4
1. Tyrinėjimas.....	5
Kaip veikia genų redagavimas	5
Etiniai klausimai	7
Švietimo ir viešojo dialogo vaidmuo	8
2. Taikymas.....	9
3. Gilinimas	10
Išvados.....	12
Literatūra.....	14





Bendra mokymosi kelio tema	Genetinė inžinerija ir CRISPR technologija
Konkretus mokymosi vieneto pavadinimas	Genų redagavimo rizika: kas gali nutikti ne taip?
Tikslinių vartotojų amžius	14–18 metų
Reikalavimai besimokančiajam	Pagrindinės genetikos ir biologijos žinios, mokslinių procesų supratimas ir domėjimasis su šiuolaikinėmis technologijomis susijusiais etiniais klausimais.
Mokymosi vieneto aprašymas	Šiame mokymosi skyriuje nagrinėjama genų redagavimo rizika ir etiniai iššūkiai, daugiausia dėmesio skiriant CRISPR technologijai. Studentai tiria, kaip genetinės modifikacijos gali paveikti žmones, ekosistemas ir ateities kartas. Skaitydami, diskutuodami, atlikdami atvejų analizę ir papildytosios realybės (AR) veiklas, besimokantieji nagrinėja nenumatytas genų redagavimo pasekmes ir apmąsto mokslinę atsakomybę. Šis skyrius skatina kritinį mąstymą, etinį sąmoningumą ir pagrįstą sprendimų priėmimą dėl besiformuojančių biotechnologijų.
Tema: Dalyvaujančios šalys	Biologijos mokytojai, etikos pedagogai, mokiniai, AR technologijų palaikymo personalas
Raktiniai žodžiai	CRISPR, genų redagavimas, biotechnologija, bioetika, genomas, mutacija, genetinė inžinerija, nenumatytos pasekmės, papildytoji realybė švietime





Pagrindinės kvalifikacijos, įgūdžiai ir žinios, kurias galima įgyti	• Suprasti, kaip veikia CRISPR ir genų redagavimas • Informuotumas apie genetinės modifikacijos riziką ir nenumatytas pasekmes • Gebėjimas atpažinti etikos problemas biotechnologijose • Kritinis mąstymas apie mokslą ir visuomenę • AR įrankių naudojimas sudėtingiems biologiniams procesams tirti • Bendravimo, bendradarbiavimo ir diskusijų įgūdžiai
Naudoti ištekliai ir didaktinės priemonės	• Papildytosios realybės programėlės (pvz., „Human Genome AR“, ARGV – papildytosios realybės genų peržiūra) • Edukaciniai vaizdo įrašai, paaiškinantys CRISPR technologiją • Genų redagavimo žmonių ir ekosistemų atvejų tyrimai • Darbalapiai, refleksijos žurnalai ir etinių sprendimų žemėlapiai • Grupinės diskusijos ir debatų veikla
Vertinimo kriterijai ir vertinimas	Aktyvus dalyvavimas diskusijose ir simuliacijose. AR pagrindu atliekamos interaktyvios veiklos. Grupiniai pristatymai apie riziką ir etinius klausimus. Viktorina apie mokslines sąvokas ir etinius klausimus.





Įvadas:

Genų redagavimas yra galinga mokslinė technologija, leidžianti mokslininkams pakeisti DNR. Vienas iš geriausiai žinomų genų redagavimo įrankių yra CRISPR-Cas9, kuris veikia kaip molekulinės žirkulės ir gali perkirpti DNR konkrečioje vietoje (Doudna ir Sternberg, 2017). Tada mokslininkai gali pašalinti, pakeisti arba pridėti genetinę medžiagą.

Genų redagavimas gali suteikti daug naudos. Jis gali padėti gydyti genetines ligas, gerinti pasėlius ir remti mokslinius tyrimus (Lander, 2015). Tačiau ši technologija taip pat kelia rimtų klausimų. O kas, jei genų redagavimas sukels netikėtų pokyčių? O kas, jei šie pokyčiai paveiks ateities kartas ar ištisas ekosistemas?

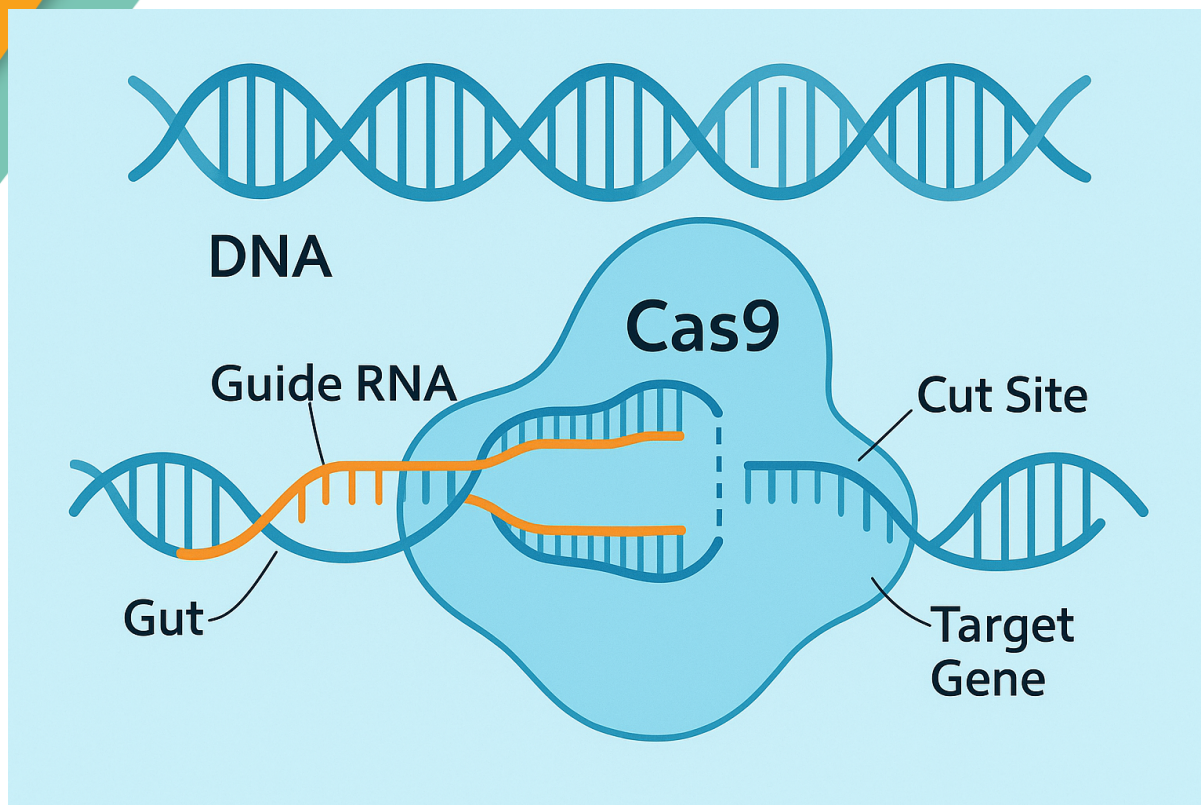
Genų redagavimas turi didelį potencialą, tačiau kartu kelia ir riziką. Šis modulis padeda studentams suprasti tiek genų redagavimo mokslinius aspektus, tiek galimus pavojus, susijusius su jo naudojimu.





1. Tyrinėjimas

Kaip veikia genų redagavimas

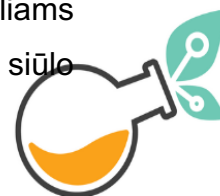


1 pav. Supaprastinta CRISPR-Cas9 schema, kurioje jis redaguoja DNR grandinę žmogaus ląstelėje.

Genų redagavimas yra modernus biotechnologijos metodas, leidžiantis mokslininkams pakeisti DNR. Vienas iš svarbiausių genų redagavimo įrankių yra CRISPR-Cas9. Ši technologija buvo adaptuota iš natūralios bakterijų gynybos sistemos (Doudna ir Sternberg, 2017).

CRISPR-Cas9 veikia kaip molekulinės žirklys. Ji perkerpa DNR tam tikroje vietoje. Po perpjovimo mokslininkai gali pašalinti, pakeisti arba pridėti genetinę medžiagą. Tokiu būdu jie gali pakeisti genetinius bruožus augaluose, gyvūnuose ar žmonėse.

Genų redagavimas gali turėti daug privalumų. Mokslininkai naudojo CRISPR tyrinėdami genetinių ligų, tokių kaip pjautuvinė ląstelių anemija ir raumenų distrofija, gydymo būdus (Lander, 2015). Žemės ūkyje genų redagavimas gali padėti pasėliams tapti atsparesniems kenkėjams, sausrui ar ligoms. Kai kurie tyrėjai taip pat siūlo





naudoti genų redagavimą uodų, platinančių tokias ligas kaip maliarija, populiacijoms sumažinti.

Tačiau genų redagavimas taip pat kelia rimtų pavojų. Viena iš pagrindinių problemų yra netikslinis poveikis, kai CRISPR nukerpa netinkamą DNR dalį. Tai gali sukelti netyčinius genetinius pokyčius, kurie gali būti žalingi (UNESCO, 2021). Šis poveikis gali nepasireikšti iš karto ir netgi gali būti perduotas ateities kartoms, jei embrionai bus redaguoti.

Kita rizika susijusi su tuo, kaip genai sąveikauja tarpusavyje. Vienas genas dažnai atlieka kelias funkcijas. Vieno geno redagavimas siekiant išspręsti problemą gali netyčia paveikti kitus svarbius organizmo procesus, o tai gali sukelti netikėtų pasekmių.

Vienas prieštaringiausių atvejų įvyko 2018 m., kai Kinijos mokslininkas paskelbė apie genetiškai redaguotų kūdikių gimimą. Embrionai buvo redaguoti taip, kad būtų atsparūs ŽIV. Tai sukėlė stiprią tarptautinę kritiką, nes ilgalaikis poveikis sveikatai nebuvo žinomas, o kūdikiai negalėjo duoti informuoto sutikimo (Cyranoski, 2019). Mokslo bendruomenė eksperimentą apibūdino kaip neetišką ir neatsakingą.

Be mokslinių rizikų, genų redagavimas kelia etinių ir socialinių klausimų. Ar visi turės lygias galimybes naudotis šia technologija, ar tik turtingi žmonės? Ar genų tobulinimas gali padidinti nelygybę ar diskriminaciją? Šie nuogąstavimai rodo, kodėl genų redagavimas turi būti atidžiai kontroliuojamas ir aptariamas visuomenės.





Etiniai klausimai

Ethical Questions in Genetic Engineering

Informed
consent



Unintended
effects



Long-term
responsibility



UNESCO, 2021

2 pav. Etiniai klausimai genų inžinerijoje apima informuotą sutikimą, nenumatytus padarinius ir ilgalaikę atsakomybę (UNESCO, 2021).

Be biologinės rizikos, genų redagavimas kelia ir rimtų etinių abejonių. Svarbus klausimas yra teisinga prieiga. Ar genų redagavimas bus prieinamas visiems, ar tik turtingiems žmonėms? Jei tik kai kurios grupės galės sau leisti genetinį gydymą ar patobulinimus, tai gali sukelti genetinę klasinę atskirtį visuomenėje.

Kitas nerimą keliantis dalykas yra dizainerių sukurtų kūdikių idėja. Nors genų redagavimas galėtų padėti išvengti rimtų genetinių ligų, kai kurie žmonės nerimauja, kad tėvai gali norėti rinktis tokias savybes kaip išvaizda, intelektas ar fizinė jėga. Tai galėtų padidinti diskriminaciją ir daryti spaudimą visuomenei labiau vertinti tam tikras genetines savybes nei kitas.

Taip pat kyla svarbių klausimų apie taisykles ir atsakomybę. Ar mokslininkams turėtų būti leidžiama redaguoti žmogaus embrionus? Kas turėtų nuspręsti, kokios genų redagavimo rūšys yra priimtinos? Vyriausybės, mokslininkai ir tarptautinės organizacijos atlieka tam tikrą vaidmenį, tačiau aiškūs įstatymai ir etikos gairės vis dar kuriamos.





Kadangi genų redagavimo poveikis gali išlikti ištisas kartas, mokslininkai turi galvoti apie ilgalaikę atsakomybę. Šiandien priimami sprendimai gali paveikti ateities vaikus, ekosistemas ir visuomenes. Dėl šios priežasties švietimas ir viešos diskusijos yra būtinos, siekiant padėti žmonėms suprasti tiek genų redagavimo naudą, tiek riziką (UNESCO, 2021).

Švietimo ir viešojo dialogo vaidmuo

Šiandien jauniems žmonėms svarbu suprasti, kaip veikia genų redagavimas – ne tik mokslinius šio proceso aspektus, bet ir etinius klausimus, kuriuos jis kelia. Genų redagavimas gali paveikti daugelį jūsų ateities aspektų: maistą, kurį valgote, vaistus, kuriuos vartojate, ir tai, kaip visuomenė mąsto apie sveikatą, teisingumą ir atsakomybę.

Mokyklos, muziejai ir skaitmeniniai įrankiai gali padėti šias sudėtingas idėjas suprasti lengviau. Papildytosios realybės (AR) technologijos yra ypač naudingos, nes jos leidžia mokiniams pamatyti tai, kas paprastai lieka nematoma. Pavyzdžiui, AR programėlė gali parodyti, kaip DNR redaguojama ląstelės viduje arba kaip vieno geno pakeitimas gali paveikti visą organizmą.

Kai mokiniai mokosi naudodamiesi interaktyviomis priemonėmis, mokslas tampa realesnis ir prasmingesnis. Švietimas ir atvira diskusija padeda jauniems žmonėms tapti informuotais piliečiais, galinčiais dalyvauti priimant svarbius sprendimus dėl naujų technologijų ir jų poveikio visuomenei (UNESCO, 2021).





2. Taikymas

Šiame etape mokiniai pritaiko tai, ko išmoko apie genų redagavimą, dalyvaudami praktinėje, technologijomis pagrįstoje veikloje. Papildytosios realybės (AR) įrankiai, tokie kaip ARGV (papildytos realybės genų peržiūra) ir žmogaus genomo AR, naudojami siekiant padėti mokiniams vizualiai ir interaktyviai tyrinėti genetinius procesus.

Mokiniai pradeda nuo scenarijais pagrįstų užduočių, kurių metu analizuoja išgalvotas, bet realias situacijas, susijusias su genų redagavimu. Pavyzdžiui, jie gali apsvarstyti žmogaus embriono DNR redagavimą siekiant užkirsti kelią genetinei ligai, pasėlių keitimą, kad išgyventų klimato kaitą, arba gyvūnų populiacijų modifikavimą, siekiant sumažinti ligų plitimą. Naudodami ARGV, mokiniai gali matyti genų sekas, imituoti CRISPR-Cas9 procesą ir tyrinėti galimus genetinių pokyčių rezultatus. Tai padeda jiems susieti mokslinius metodus su etiniu sprendimų priėmimu.

Viena pagrindinių klasės veiklų – bioetikos komiteto vaidmenų žaidimas. Kiekvienas mokinyss gauna vaidmenį, pavyzdžiui, mokslininko, etiko, politikos formuotojo ar paciento. Dirbdami grupėse, mokiniai aptaria CRISPR atvejų tyrimus ir nusprendžia, ar leisti genų redagavimo veiksmą. AR įrankiai padeda šioms diskusijoms, parodydami, kurie genai yra paveikti ir kokias pasekmes gali turėti skirtingi sprendimai. Ši veikla lavina bendravimo įgūdžius, bendradarbiavimą ir kritinį mąstymą.

Kita grupinė užduotis – sukurti „Etinio poveikio pasą“ fiktyviam genų redagavimo projektui. Mokiniai dirba komandose, kad aprašytų siūlomos genetinės intervencijos naudą, riziką ir socialines pasekmes. AR vaizdinė medžiaga padeda mokiniams aiškiai paaiškinti savo idėjas ir padaryti jų pristatymus patrauklesnius klasės draugams.

Viso skyriaus metu AR modeliavimas derinamas su refleksijos darbalapiais. Mokiniai, bendraudami su DNR modeliais, užrašo savo stebėjimus, prognozes ir etinius klausimus. Tai skatina gilesnį supratimą ir padeda mokiniams kritiškai mąstyti apie ilgalaikį genų redagavimo poveikį žmonėms, ekosistemoms ir ateities kartoms.





3. Gilinimas

Papildytosios realybės įrankiai, tokie kaip ARGV ir žmogaus genomo AR, dar labiau pagerina mokymąsi, paversdami abstrakčias genetines sąvokas vaizdine ir interaktyvia patirtimi. Šios technologijos padeda mokiniams pereiti nuo teorijos prie gilesnio supratimo, nes nematomus biologinius procesus lengviau matyti ir tyrinėti.

Naudodamiesi ARGV, mokiniai gali priartinti 3D chromosomų modelius, juos pasukti ir stebėti nuoseklų genų redagavimo procesą. Šis įtraukiantis metodas skatina vaizdinį ir erdvinį mokymąsi ir padeda mokiniams suprasti, kaip CRISPR veikia konkrečius DNR regionus. Tai taip pat parodo, kas gali nutikti, kai genų redagavimas neveikia taip, kaip planuota, pavyzdžiui, dėl netikslinių mutacijų, kai pakeičiamos nenumatytos DNR dalys.

Žmogaus genomo papildytoji realybė papildo šią patirtį, leisdama mokiniams tyrinėti genus, susijusius su tam tikrais bruožais ar ligomis. Mokiniai skatinami užduoti svarbius klausimus, tokius kaip:

- Ar šį geną reikėtų redaguoti?
- Kas gali nutikti, jei šis genas bus pašalintas arba pakeistas?

Šie klausimai skatina prasmingas bioetines diskusijas, kurių metu mokiniai dirba kartu, dalijasi nuomonėmis ir apmąsto genų redagavimo socialines bei biologines pasekmes. Tai stiprina tiek mokslinį supratimą, tiek bendrą mąstymą.

Siekdami padidinti motyvaciją, mokytojai gali įtraukti žaidimo elementų į papildytosios realybės veiklas:

- Studentai uždirba taškų arba ženklelius už tai, kad atlieka genų redagavimo užduotis nesukeldami nepageidaujamo poveikio.
- Lyderių lentelės skatina mokinius tobulinti tiek mokslinį tikslumą, tiek etinį samprotavimą.
- Užduotys gali apimti saugią ir etiškai priimtinių genų redagavimo sprendimų kūrimą ir jų paaiškinimą naudojant papildytosios realybės modelius.
- Komandiniai iššūkiai skatina bendradarbiavimą, diskusijas ir atsakingą sprendimų priėmimą.





AR pagrindu atliekami vertinimai taip pat atlieka svarbų vaidmenį. Užuoat tik atsakinėję į rašytinius klausimus, mokiniai sąveikauja su 3D modeliais, kad parodytų savo supratimą. Tiesioginis grįžtamasis ryšys padeda jiems mokytis iš klaidų, gerina atmintį ir ugdo pasitikėjimą savimi. Mokymasis tampa aktyviu atradimo procesu, o ne pasyviu įsiminimu.

Tokiu būdu integruodami papildytosios realybės (AR) įrankius, pedagogai padeda mokiniams susieti biologiją, etiką ir technologijas, sukurdami prasmingą ir įtraukiančią mokymosi patirtį.





Išvados

Šio mokymosi vieneto metu mokiniai tyrinėjo abumokslinę galia ir etinę atsakomybę genų redagavimo. Jie sužinojo apie pagrindinius principus CRISPR technologija, jo taikymą medicinoje ir žemės ūkyje, taip pat galimą su genetinė modifikacija susijusią riziką, pavyzdžiui, nenumatytas mutacijas ir ilgalaikes pasekmes (Doudna ir Sternberg, 2017; UNESCO, 2021). Šios temos tiesiogiai atspindi skyriaus pradžioje pristatytus rūpesčius dėl saugumo, atsakomybės ir nenumatytų rezultatų.

Papildytos realybės įrankiai, tokie kaip ARGVirŽmogaus genomo ARpraturtino mokymosi patirtį, padarydaminematomi genetiniai procesai matomi ir lengviau suprantami Bendraudami su DNR modeliais, mokiniai galėjo susieti abstrakčias mokslines sąvokas su realaus pasaulio pavyzdžiais ir etiniais klausimais.

Persimuliacijos, scenarijais pagrįstos diskusijos ir etiniai vaidmenų žaidimai besimokantieji tobulėjo kritinio mąstymo įgūdžiais ir stipresnis bioetinis sąmoningumas. Jie įgijo gilesnį supratimą apie tai, kaip genų redagavimas gali paveikti žmonių sveikatą, ekosistemos ir ateities kartos, sustiprindama mintį, kad mokslo pažanga turi būti grindžiama kruopščiu apmąstymu ir informacija pagrįstu sprendimų priėmimu (Cyranoski, 2019; UNESCO, 2021).

Apskritai šis modulis skatina studentus kritiškai mąstyti apie genų inžinerijos vaidmenį visuomenėje. Derinant biologiją, etiką ir AR technologijas, tai rengia besimokančiuosius apgalvotai spręsti realaus pasaulio iššūkius ir dalyvauti nuolatinėse diskusijose apie atsakingą genų redagavimo technologijų naudojimą ateityje.





Fazė	Aprašymas
Tyrinėjimas	- Studentai nagrinėja pagrindines sąvokas: DNR, CRISPR-Cas9 ir genų redagavimas per trumpus vaizdo įrašus, infografikus ir adaptuotus mokslinius skaitinius.
	- Mokytojų pristatymas: cerealaus pasaulio atvejų analizė (pavyzdžiui, genetiškai redaguoti kūdikiai arba ekologinio genų redagavimo eksperimentai), siekiant pabrėžti potencialų riziką, naudą ir etinės dilemos susiję su genų redagavimu.
	- Mokytojai įvertina mokinių ankstesnes žinias ir klaidingas nuomones, naudodami trumpus testus, minčių lietus arba vedamas diskusijas, kad pritaikytų mokymą mokinių poreikiams.
Taikymas	- Mokymo programos įgyvendinimas: Mokiniai dalyvauja struktūrizuotose pamokose, kurios integruoja ARGV ir žmogaus genomo AR interaktyviai imituoti DNR redagavimo procesus ir nagrinėti etines dilemas.
	- Interaktyvūs pratimai: Mokiniai dalyvauja AR pagrindu atliktos atvejų analizės, imituoti genų redagavimo scenarijus ir užsiimti bioetikos vaidmenų žaidimų debatai. Šios veiklos padeda mokiniams pritaikyti mokslines žinias realaus gyvenimo situacijose.
	- Atsiliepimų rinkimas: bendraamžių atsiliepimai. Jack grupių diskusijų metu ir mokytojo vadovaujami refleksijos užsiėmimai yra naudojami gilesniam etiniam mąstymui ir asmeninei refleksijai paremti.
Gilinimas	- AR integracija: ARGV ir žmogaus genomo AR esame mes redaguoti projektą redaguojami genomo modeliai, priartinkite DNR grandines ir imituokite CRISPR redagavimą saugioje aplinkoje ir kontroliuojamos mokymosi aplinkos.
	- Interaktyvus mokymasis: mokiniai atlieka kasdienį AR užduotį, kad padėtų jiems vizualizuoti genų modifikacijų pasekmes ir nustatyti genetinius požymius, kuriems gali kilti pavojus.
	Žaidimo elementai pridedami siekiant padidinti motyvaciją ir įsitraukimą:
	Taškai ir ženkleliai: Apdovanota už teisingą netikslinio poveikio nustatymą arba atsakingo genų redagavimo naudojimo pasiūlymą. Lyderių lentelės: Studentai pereina įvairius scenarijus – nuo pagrindinio genų taisymo iki sudėtingo bioetinio sprendimų priėmimo. Užduotys ir lygiai: Mokiniai įveikia iššūkius, kuriems reikalingas mokslinis tikslumas ir etinis mąstymas. Atlygiai už tyrinėjimą: Papildomas AR turinys atrakinamas atlikus refleksijos užduotis arba grupines ataskaitas. Bendradarbiavimo pagrindu atliekamos žaidimo užduotys: Komandos bendradarbiauja kurdamos subalansuotas genų redagavimo strategijas, naudodamos papildytosios realybės įrankius kaip vaizdinę paramą. AR pagrįsti vertinimai: Vertinimas apima anotuotas AR ekrano kopijas, trumpus įrašytus apmąstymus programėlėje ir skaitmeninius portfolio, kuriuose moksliniai paaiškinimai derinami su etine analize.





Literatūra

Cyranoski, D. (2019). *CRISPR kūdikio skandalas: kas toliau laukia žmogaus genų redagavimo?*. **Gamta**, 566(7745), 440–442. <https://doi.org/10.1038/d41586-019-00673-1>

Doudna, J. A. ir Sternberg, S. H. (2017). *Įtrūkimas kūryboje: genų redagavimas ir neįsivaizduojama galia kontroliuoti evoliuciją*. Houghton Mifflin Harcourt.

Lander, E. S. (2015). Drąsus naujas genomas. *Naujosios Anglijos medicinos žurnalas*, 373(1), 5–8. <https://doi.org/10.1056/NEJMp1506446>

UNESCO. (2021). *Genomo redagavimo etika*. UNESCO leidykla. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000371399>

Žmogaus genomas AR. (n. d.). *Žmogaus genomo AR programa*. Pasiengiama „App Store“ ir „Google Play“.

ARGV – Papildytosios realybės genų peržiūra. (n. d.). *ARGV: papildytosios realybės genų vaizdas*. <https://www.argv-ar.com/>

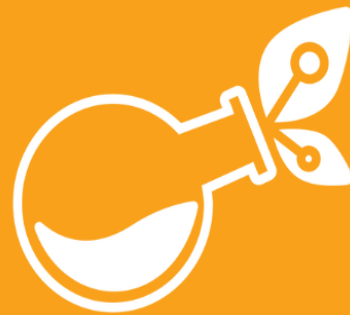
Trumpai tariant– Trumpai. (2016). *CRISPR paaiškino: genų redagavimas ir DNR* [Vaizdo įrašas]. „YouTube“. <https://www.youtube.com/watch?v=MnYppmstxls>

HHMI BioInteractive. (n. d.). *CRISPR-Cas9 mechanizmas ir taikymas*. <https://www.biointeractive.org/>





Co-funded by
the European Union



BIOS4YOU

AR 2.0

BIO-INSPIRED STEM TOPICS FOR ENGAGING YOUNG GENERATIONS
THANKS TO THE USE OF AUGMENTED REALITY

Project Number: 2023-1-DE03-KA220-SCH-000126516

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them.