



Co-funded by
the European Union

9_Nähtamatu maailm meie sees: kuidas soolestiku mikroobid meie tervist kujundavad



BIOS4YOU
AR 2.0

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

Project Number: KA220-BW-23-30-126516

"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."





Sisukord

Sissejuhatus	3
1- Avasta:	4
2. Käivita:	5
3. Täiustage:	7
Järeldus:	8





Õppetee üldine teema	Nähtamatu maailm meie sees: kuidas soolestiku mikroobid meie tervist kujundavad
Õppeüksuse täpne nimetus	<i>Nähtamatu maailm meie sees</i>
Sihtrühma vanus	14–18 aastat
Õppijale esitatavad nõuded	Rakubioloogia põhiteadmised (bakterid, inimkeha süsteemid). Teadlikkus seedimisest ja toitumisest Uudishimu tervise, meditsiini ja bioloogias toimuvate nähtamatute protsesside vastu. Avatus meeskonnatööle, loomingulistele projektidele ja digitaalsetele/AR õppevahenditele.
Õppeüksuse kirjeldus	See üksus näitas, et soolestiku mikrobiom pole pelgalt varjatud uudishimu, vaid võimas liitlane meie tervisele. Avastamisfaasis avastasid õpilased mikroobide mitmekesisuse ja funktsiooni põhimõisted. Tegemisfaasis võimaldasid liitreaalsus ja interaktiivsed tegevused neil siseneda mikrobiomi ja jälgida, kuidas mikroobid toitu seedivad, tervist kaitsevad või haigustele kaasa aitavad. Täiustusfaasis mõtisklesid nad selle mõju üle toitumisele, meditsiinile ja igapäevaelule. Tänu liitreaalsusele muutusid nähtamatud protsessid nähtavaks ja abstraktsest teadusest sai praktiline teekond. Õpilased mitte ainult ei omandanud teadmisi soolestiku mikroobide kohta, vaid arendasid ka kriitilist mõtlemist selle kohta, kuidas seda teadust isikliku tervise ja globaalsete väljakutsete lahendamisel rakendada. Meie sees olev nähtamatu maailm tuletab meile meelde, et me oleme ökosüsteemid, mitte indiviidid. Mida rohkem me õpime elama harmoonias oma mikroobsete partneritega, seda tervem ja jätkusuutlikum võib olla meie elu.
Teema: Asjaosalised	Ained: bioloogia, terviseteadus, toitumine, digitaalne kirjaoskus, eetika.





	Asjaosalised: õpilased, õpetajad ja valikulised külaliseksperdid (toitumisspetsialistid, mikrobioloogid või tervishoiutöötajad).
Märksõnad	Mikrobiom, tervis, seedimine, probiootikumid, düsbioos, toitumine, AR-õpe.
Peamised omandatavad kvalifikatsioonid, oskused ja teadmised	Teadmised: Soolestiku mikrobiomi struktuur ja mitmekesisus. Toitumise ja elustiili mõju mikroobide tasakaalule. Oskused: Liitreaalsuse kasutamine nähtamatute bioloogiliste protsesside visualiseerimiseks. Tervisega seotud projektide kavandamine (nt mikrobiomisõbralikud menüüd). Teaduslik meeskonnatöö, suhtlemine ja juhtumianalüüs. Kriitiline mõtisklus eetiliste, meditsiiniliste ja toitumisalaste küsimuste üle.
Kasutatud ressursid ja didaktilised abivahendid	Digitaalsed/AR-tööriistad: mikrobiomi interaktiivsed AR-simulatsioonid; Merge Cube AR; Google Expeditions AR. Video ja meedia – veebisaidid: • Asknature.org (mikroobide ja ökosüsteemide võrdlev biomimeetika). • Soolestiku mikrobiota tervise heaks. Õppematerjalid: mikroskoobi pildid, bakterimudelid, toidukaardid, laboripäevikud.
Hindamiskriteeriumid ja hindamine	Hindamine ühendab kujundava hindamise (tagasiside liitreaalsuse harjutuste ajal, refleksioonid) ja summatiivse hindamise (lõpuesitlused, projektid ja liitreaalsusel põhinevad hindamised).

Sissejuhatus

Me peame end tihti individidena, aga igaühes meist elab elav triljonite pisikeste organismide kogukond: bakterid, seened, viirused ja teised mikroobid. Need mikroskoopilised kaaslased, keda tuntakse ühiselt soolestiku mikrobiota nime all, mängivad meie igapäevaelus erakordset





rolli. Nad aitavad meil toitu seedida, immuunsüsteemi treenida, olulisi vitamiine toota ning isegi meie meeleolu ja ajutegevust mõjutada.

Inimese soolestiku mikrobioomi on nimetatud „unustatud organiks“, sest kuigi see on palja silmaga nähtamatu, töötab see koos meie rakkudega tasakaalu ja tervise säilitamiseks. Soolestiku mikroobide toimimise mõistmine avab uusi uksi meditsiini, toitumise ja isegi vaimse heaolu valdkonnas. See üksus viib õpilased teekonnale nende endi varjatud maailma, kasutades interaktiivseid tegevusi ja liitreaalsust (AR), et see mikroskoopiline universum ellu äratada.

Sõna "mikroob" pärineb kreeka keelest *mikrod*(väike) ja *elood*(elu). Mikroobide hulka kuuluvad bakterid, arhed, seened, algloomad ja viirused. Mõned elavad mullas, teised vees ja miljardid neist elavad meie kehas, mõjutades vaikselt iga päev meie tervist.

Mikroobide olemasolu oli teadmata kuni mikroskoobi leiutamiseni 17. sajandil. Hollandi teadlane **Antonie van Leeuwenhoek** oli esimene, kes neid umbes 1674. aastal vaatles, kasutades enda valmistatud läätsesid. Ta nimetas neid pisikesi olendeid „loomakesed“ kui ta nägi neid tiigiveetilgas vingerdamas. See oli teaduse pöördepunkt: inimkond mõistis esmakordselt, et meiega eksisteerib koos terve nähtamatu maailm.

Hiljem, 19. sajandil, teadlased, näiteks **Louis Pasteur** ja **Robert Koch** näitas, et mikroobid võivad põhjustada haigusi, mis andis aluse „iduteooriale“. Pasteur näitas, et mikroorganismid vastutavad toidu käärimise ja riknemise eest ning töötas välja pastöriseerimisprotsessi, et muuta piim ohutuks. Samal ajal tuvastas Koch spetsiifilised mikroobid, mis vastutavad tuberkuloosi ja koolera eest, pannes aluse tänapäevasele mikrobioloogiale.

Kuid mikroobid ei ole ainult patogeeneid. Kaasaegsed uuringud on näidanud nende olulist rolli tervises ja ökoloogias. Meie soolestikus aitavad mikroobid seedida keerulisi taimseid kiudaineid, toota vitamiine, treenida meie immuunsüsteemi ja kaitsta kahjulike sissetungijate eest. Tänapäeval kasutavad teadlased mikrobioomi uurimiseks täiustatud DNA sekveneerimist, avastades seoseid mikroobide ja selliste seisundite vahel nagu rasvumine, depressioon ja autoimmuunhaigused.





Selle keerulise maailma ligipääsetavamaks muutmiseks saavad õpilased vaadata animatsioone, mis näitavad baktereid toidumolekule lagundamas, või mikroskoobi all tehtud pilte Petri tassil kasvavatest mikroobikolooniatest. Õpetajad saavad arutelusid suunata selliste küsimustega nagu: „Kui mikroobid on silmale nähtamatud, kuidas me siis teame nende olemasolust?“ või „Miks mõned mikroobid meid haigeks teevad, teised aga elus hoiavad?“

Selle etapi lõpuks mõistavad õpilased, et mikroobid pole mitte ainult vanimad ja arvukamad eluvormid Maal, vaid ka meie pidevad kaaslased. Nad on nii sõbrad kui ka vaenlased, kujundades ökosüsteeme, inimkonna ajalugu ja meie tervist viisidel, mida me alles avastame.

1- Avasta:

Avastamise etapis loovad õpilased oma teadmistebaasi soolestiku mikrobioomi kohta.

Esmalt saavad nad teada, et inimese soolestikus elab rohkem mikroobe kui Linnuteel on tähti – umbes 100 triljonit. Enamik neist mikroobidest elab jämesooles ja moodustavad keerukaid kooslusi, mis suhtlevad omavahel ja meie kehaga.

Põhimõisted:

- Koostis: Soolestikus eksisteerivad koos bakterid, seened, viirused ja arhed.
- Funktsioonid: Soolestiku mikroobid lagundavad kiudaineid toidaineteks, toodavad vitamiine nagu B12 ja K, reguleerivad immuunsüsteemi ja aitavad kaitsta kahjulike patogeenide eest.
- Mõju tervisele: Tasakaalustatud mikrobioom toetab heaolu, samas kui tasakaalutus (nn düsbioos) on seotud rasvumise, diabeedi, allergiate, depressiooni ja autoimmuunhaigustega.
- Toitumine: Kiudainerikkad toidud (nagu puu- ja köögiviljad ning täisteratooted) ning kääritatud toidud (nagu jogurt, kimchi, keefir) aitavad toetada tervislikke mikroobe.
- Soolestiku-aju telg: soolestiku mikroobide ja närvisüsteemi vaheline suhtlus näitab, kuidas mikrobioom saab mõjutada stressi, meeleolu ja kognitiivseid funktsioone.





Klassiruumi ressursside hulka võivad kuuluda animatsioonivideod, mis näitavad, kuidas bakterid kiudaineid seedivad, probiootikumide kasutamise juhtumiuuringud ja interaktiivsed arutelud, näiteks: „Kui mikroobid on nähtamatud, kuidas me teame, et nad eksisteerivad ja mida nad teevad?“

Selle etapi lõpuks on õpilastel tugev kontseptuaalne kaart nähtamatust mikroobide maailmast ja selle tähtsusest igapäevases tervises.

2. Käivita:

Selles etapis lakkavad õpilased olemast passiivsed õppijad ja hakkavad tegutsema mikrobioomi uurijatena. Liitreaalsuse rakenduste kaudu „kahanevad“ nad mikroskoopiliseks suuruseks ja sisenevad inimese soolestikku, kus nad saavad jälgida triljonite mikroobide elavat maailma. Liitreaalsuse keskkond muudab abstraktse bioloogia elavaks ja interaktiivseks universumiks.

Laiendatud AR-funktsioonid:

- Interaktiivne soolestiku 3D-mudel võimaldab õpilastel mikroobikolooniaid suumida, neid pöörata ja näha, kuidas erinevad liigid soolestiku eri osades koonduvad.
- Dünaamilised animatsioonid näitavad, kuidas bakterid lagundavad toidukiudaineid lühikese ahelaga rasvhapeteks, mida seejärel imendub soolestiku limaskest ja kasutatakse energia saamiseks.
- „Enne ja pärast“ simulatsioon võrdleb tervet mikrobioomi antibiootikumide, stressi või ebatervisliku toitumise poolt muudetud mikrobioomiga, muutes tasakaalustamatuse tagajärjed kohe nähtavaks.

Laiendatud praktilised harjutused:

- AR missioon 1 – Tutvu liitlastega: Õpilased uurivad tasakaalustatud soolestiku mikrobioomi, tuvastades levinud kasulikke baktereid nagu bifidobakterid ja laktobatsillid. Nad jälgivad, kuidas need mikroobid omavahel suhtlevad ja koostööd teevad toidu seedimisel ja vitamiinide tootmisel.





- **AR missioon 2** - Kui asjad lähevad valesti: õpilased uurivad düsbiootilist soolestikku, tuvastades puuduvad kasulikud mikroobid või kahjulike liikide vohamist. Seejärel peavad nad ennustama võimalikke tervisemõjusid (nt halb seedimine, põletik või nõrgenenud immuunsüsteem).

Toitumisalane väljakutse Õpilased simuleerivad erinevate toitade lisamise mõju soolestikku: kiudainerikkad köögiviljad, mis suurendavad mikroobide mitmekesisust, või suhkrurikkad töödeldud toidud, mis viivad tasakaalutuseeni. See näitab, kuidas toitumine mõjutab otseselt mikroobide kooslust.

Grupiprojekt Töötades „dietoloogidena“, koostavad rühmad teismelise igapäevase toidusedeli jaoks mikrobiomisõbraliku menüü. Nad põhjendavad oma valikuid, sidudes toidud mikroobidele kasulike eelistega.

Reaalse maailma näited:

Taanis osalesid keskkooliõpilased kodanikuteaduse projektides, sekvenseerides oma soolestiku mikrobiome ja analüüsides tulemusi ülikooli laborites.

Jaapanis on koolides loodud mikrobiomit inspireeritud aedu, kus õpetatakse, kuidas nii mulla kui ka soolestiku mikroobid inimeste tervisele kaasa aitavad.

Laiendatud tagasiside kogumine:

AR-rakendus annab reaajas tagasisidet: näiteks kui õpilased lisavad simulatsiooni kiudaineid, näevad nad kohe kasulike bakterite vohamist.

Õpetajad jälgivad meeskonnatööd ja loovust, pannes tähele, kuidas rühmad kavandavad tasakaalustatud toitumist või selgitavad oma arutluskäiku.

Õpilased peavad päevikut, pannes kirja, mis neid kõige rohkem üllatas: kas nad mõistsid, et mikroobid võivad meeleolu mõjutada? Kas nad eeldasid, et toitumine muudab mikroobide kooslusi nii kiiresti?

See etapp tagab, et teadmistest saab praktika ja praktikast arusaamine.





3-Täiustama:

Siin lähevad õpilased vaatlusest kaugemale **kujutlusvõime ja rakendus**. Eesmärk on kasutada õpitut, et mõtiskleda selle laiemate mõjude üle tervisele, meditsiinile ja ühiskonnale.

Kuidas liitreaalsus süvendab arusaamist:

Liitreaalsuse abil muutuvad nähtamatud protsessid nähtavaks. Õpilased saavad jälgida bakterit, mis annab immuunrakkudele signaali infektsioonile reageerimiseks, või jälgida soolestiku ja aju vahelist seost, kui mikroobsed kõrvalsaadused mõjutavad neuroneid. Ühendades mikroskoopilised protsessid reaalse tervisenäitajatega, muudab liitreaalsus bioloogia käegakatsutavamaks ja asjakohasemaks.

Laiendatud interaktiivne õpe:

Õpilasi juhendatakse debattides ja stsenaariumide loomisel:

- *Kas personaalsed mikrobioomipõhised ravimeetodid võiksid ühel päeval antibiootikume asendada?*
- *Kas koolid peaksid toiduprogrammidesse integreerima probiootikumid ja prebiootikumid?*
- *Kui soolestiku mikroobid mõjutavad vaimset tervist, kas arstid peaksid pillide asemel dieete "välja kirjutama"?*

Need vestlused soodustavad kriitilist mõtlemist, ühendades teaduse eetika ja ühiskonnaga.

Laiendatud mängustatud sisu:

- **Punktid ja märgid** antakse edukalt läbitud AR-missioonide eest, näiteks bakterite rollide õigesti tuvastamise eest.
- **Edetabelid** rõhutada koostööd ja loovust grupiprojektide ajal.
- **Missioonid ja tasemed** suunata õpilasi lihtsatest ülesannetest (mikroobide tuvastamine) keerukate simulatsioonideni (vastupanuvõimelise mikroobse ökosüsteemi loomine).





- **Auhinnad uurimise eest:** Õpilasi premeeritakse mikrobiomiteadusest inspireeritud uuenduslike toitumis- või tervisstrateegiatega pakkumise eest.
- **Koostööülesanded:** Rühmad kavandavad kooliülase kampaania mikrobiomi tervise edendamiseks, näiteks tervislike suupistete plakatid või digitaalne „soolestiku tervise väljakutse“ oma eakaaslastele.

Liitreaalsusel põhinevad hinnangud:

Traditsioonilise testi asemel esitavad õpilased liitreaalsusega täiustatud projekte. Näiteks võivad nad luua liitreaalsusega 3D-mudeli, mis võrdleb tervet ja ebatervislikku mikrobiomi ning kirjeldab, kuidas toitumine ja elustiil mõjutavad mikroobikooslusi. Õpetajad hindavad lisaks täpsusele ka loovust ja probleemide lahendamise oskusi.

Järeldus:

See üksus näitas, et soolestiku mikrobiom pole pelgalt varjatud uudishimu, vaid võimas liitlane meie tervisele. Avastamisfaasis avastasid õpilased mikroobide mitmekesisuse ja funktsiooni põhimõisted. Tegemisfaasis võimaldasid liitreaalsus ja interaktiivsed tegevused neil siseneda mikrobiomi ja jälgida, kuidas mikroobid toitu seedivad, tervist kaitsevad või haigustele kaasa aitavad. Täiustusfaasis mõtisklesid nad selle mõju üle toitumisele, meditsiinile ja igapäevaelule. Tänu liitreaalsusele muutusid nähtamatud protsessid nähtavaks ja abstraktsest teadusest sai praktiline teekond. Õpilased mitte ainult ei omandanud teadmisi soolestiku mikroobide kohta, vaid arendasid ka kriitilist mõtlemist selle kohta, kuidas seda teadust isikliku tervise ja globaalsete väljakutsete lahendamisel rakendada. Meie sees olev nähtamatu maailm tuletab meile meelde, et me oleme ökosüsteemid, mitte individid. Mida rohkem me õpime elama harmoonias oma mikroobsete partneritega, seda tervem ja jätkusuutlikum võib olla meie elu.





Faas	Kirjeldus
Avast	- Uuringud ja avastused: Õpilased alustavad mikroobide avastamisega ja sellega, kuidas pioneerid nagu Antonie van Leeuwenhoek neid esimest korda varajaste mikroskoopide all vaatlesid. Nad saavad teada, et inimese soolestikus elab triljoneid mikroobe, moodustades koosluse, mida tuntakse mikrobiomina. Need mikroobid mängivad olulist rolli seedimises, immuunsuses, vitamiinide tootmises ja isegi vaimses tervises.
	- Sisu arendus: Sisu tutvustab tasakaalustatud mikrobiomi ja düsbioosi erinevust, seostades mikroobide tervist igapäevaste valikutega, nagu toitumine ja stress.
	- Vajaduste analüüs: Kuna mikroobid on nähtamatud, on õpilastel sageli raske ette kujutada, kuidas nad töötavad. Abstraktsete protsesside, näiteks kiudainete seedimise või immuunsüsteemi regulatsiooni selgeks ja arusaadavaks muutmiseks on vaja visuaalseid vahendeid, liitreaalsuse mudeleid ja interaktiivseid selgitusi.
Käivit	- Õppekava rakendamine: Õpilased liiguvad teooriast praktikasse soolemikrobiomi liitreaalsuse simulatsioonide kaudu. Nad saavad "suumida", et näha bakterite interaktsiooni toidumolekulidega, võrrelda tervet ja ebatervislikku soolestikku ning uurida, kuidas erinevad dieetid mõjutavad mikroobide tasakaalu.
	- Interaktiivsed harjutused: Missioon 1: Tuvastage kasulikud bakterid terves soolestikus. Missioon 2: Diagnoosida tasakaalustamata mikrobiomi probleeme ja ennustada tervisemõjusid. Toitumisalane väljakutse: simuleeri, kuidas kiudainerikas ja suhkrurikas dieet muudavad mikrobiomi. Rühmaprojekt: Koostage toitumisspetsialistidena „mikrobiomisõbralik menüü“ ja esitlege seda.
	- Tagasiside kogumine: AR-rakendused pakuvad kohest tagasisidet. Õpetajad jälgivad projektide käigus meeskonnatööd ja arutluskäiku. Õpilased kirjutavad päevikusse mõtisklusi selle kohta, mis neid mikroobide mõju kohta tervisele kõige rohkem üllatas.
Täiust	- AR-integratsioon: AR-tööriistad laiendavad õpikogemust, näidates muidu nähtamatuid protsesse – vitamiine tootvaid mikroobe, immuunsüsteemi treenimist või aju signaalide edastamist. See muudab mikrobioloogia ja isikliku tervise vahelised seosed selgemaks.
	- Interaktiivne õpe: Õpilased osalevad aruteludes ja stsenaariumides Mängustatud sisu: Punktid ja märgid: antakse AR-missioonide läbimise eest. Edetabelid: Tähistage meeskonnatööd ja loovust. Ülesanded ja tasemed: Juhenda õpilasi mikroobide tuvastamisest vastupidavate ökosüsteemide loomiseni. Auhinnad uurimise eest: Lisapunkte loominguliste dieedi- või tervisekampaaniate eest. Koostööülesanded: Rühmad kavandavad kooliülese mikrobiomi tervise teadlikkuse tõstmise kampaania.
	AR-põhised hinnangud: Testi asemel esitlevad õpilased liitreaalsusel põhinevaid projekte – näiteks 3D-mudelit, mis võrdleb terveid ja düsbiootilisi mikrobiome. Hindamine keskendub teaduslikule täpsusele, loovusele, meeskonnatööle ja võimele siduda mikroobe reaalsete tervisenäitajatega.

Viited





Blevins, S. M. ja Bronze, M. S. (2010). Robert Koch ja bakterioloogia „kuldajastu“. International Journal of Infectious Diseases, 14(9), e744–e751.

Gest, H. (2004). Mikroorganismide avastamine Kuningliku Seltsi liikme Robert Hooke'i ja Antoni van Leeuwenhoeki poolt.

Soolestiku mikrobiota tervise heaks. (19. märts 2025). Mikrobioomiuuringute kliiniline tõlge: järelused 2025. aasta GMFH tippkohtumiselt. <https://www.gutmicrobiotaforhealth.com/clinical-translation-of-microbiome-research-takeaways-from-the-2025-gmfh-summit/>

Mikrobioloogia piirid. (2025). Dieetsed sekkumised terve soolemikrobioomi edendamiseks: edusammud ja väljakutsed. <https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2025.1527755/full>

Liu, S., Zhang, Y. ja Chen, H. (2025). Soolestiku mikrobiota ja inimese tervis: peamised bakteriiliigid ja ravistrateegiad. Immunoloogia piirid. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39926224/>

Wang, X. jt (2024). Edusammud mikroobide eraldamise tehnikates: kulturoomikast mikrofluidikani. <https://mmrjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40779-024-00534-7>

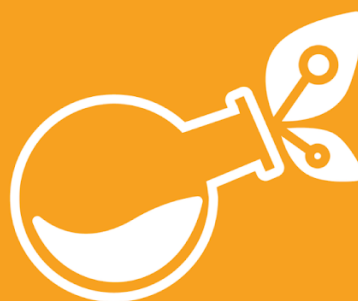
Pasolli, E. jt (2024). Globaalse mikrobioomi mitmekesisuse laiendamine: ülevaade 160 000 uuesti analüüsitud proovist 68 riigist. <https://biologicalsciences.uchicago.edu/news/gut-microbiome-data-underscores-globals-representation>

Li, Y. ja Zhou, W. (2025). Soolestiku mikrobiom ja kognitiivne protsess: mehhanistlikud teadmised soole-aju telje kohta. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667242125001216>





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: KA220-BW-23-30-126516

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.