



Co-funded by
the European Union

25_Akvapoonika: Looduspõhised lahendused tulevikuks



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."





TABEL

SISUKORD

Sisukord

Sissejuhatus	2
1- Avasta - Sissejuhatus akvapoonikasse ja loodusest inspireeritud vee taaskasutamisse	3
2- Käivita:	5
3- Täiustada:	5
Järeldus:	6





Õppetee üldine teema	Akvapoonika: loodusest inspireeritud lahendused tulevikuks
Õppeüksuse täpne nimetus	Akvapoonika: looduslähedased lahendused tulevikuks
Sihtrühma vanus	14.–18.aastat
Õppijale esitatavad nõuded	Bioloogia ja ökosüsteemide (tootjad, tarbijad, lagundajad) põhiteadmised; uudishimu keskkonnaprobleemide vastu; oskus töötada rühmas; avatus digitaalsete ja liitreaalsuse tööriistade kasutamisele.
Õppeüksuse kirjeldus	See üksus tutvustab õpilastele teaduslikke, tehnilisi ja ökoloogilisi põhimõtteid, mis on selle taga. akvapoonika , integreeritud süsteem, mis ühendab vesiviljeluse (kalakasvatuse) ja hüdropoonika (mullata taimekasvatuse). Õpilased uurivad ökosüsteemi tasakaalu haprust, katsetavad mini-akvapoonikasüsteemi ehitamisega ja kasutavad Liitreaalsus (AR) toitainete tsüklite visualiseerimiseks ja säästvate ökohoonete projekteerimiseks. Metoodika järgib Avasta – Teosta – Täiust araamistik, mis juhendab õpilasi uurimistööst ja avastustest praktilise loomingu kaudu refleksiooni ja uuenduslike rakendusteni.
Teema: Asjaosalised	Bioloogia, keskkonnateadus, inseneriteadus/tehnoloogia, disain ja arhitektuur; õpetajad kui juhendajad; õpilased kui teadlased, disainerid ja probleemide lahendajad.





Märksõnad	Akvaponika, ökosüsteemi tasakaal, looduslähedased lahendused, jätkusuutlikkus, ringmajanduslikud süsteemid, liitreaalsus, bioloogiliselt inspireeritud disain.
Peamised omandatavad kvalifikatsioonid, oskused ja teadmised	Teadmised: ökosüsteemi dünaamika, AR-rakendused teaduses. Oskused: probleemide lahendamine, meeskonnatöö, eksperimentide kavandamine, andmete kogumine, disainipõhine õppimine, AR loominguline kasutamine. Kvalifikatsioonid/pädevused: võime rakendada jätkusuutlikkuse põhimõtteid, kriitiline mõtlemine, digitaalne kirjaoskus, interdistsiplinaarsed seosed (bioloogia + inseneriteadus + disain).
Kasutatud ressursid ja didaktilised abivahendid	Juhtumiuuring (Surev järv), rollimäng, laborimaterjalid mini-akvaponikasüsteemide jaoks (konteinerid, pumbad, taimed, kalad), digitaalsed laboripäevikud, AR-rakendused toitainete tsüklite ja ökoloogilise ehituse visualiseerimiseks, mängustamise vahendid (punktid, märgid, edetabelid)
Hindamiskriteeriumid ja hindamine	Hindamine põhineb: Teadmised, praktilised oskused, koostöö Loovus ja innovatsioon, liitreaalsus ja digitaalne kasutus, kaasatus

Sissejuhatus

21. sajandil on maailma rahvastiku kasv drastiliselt suurendanud survet loodusvaradele, nagu vesi ja pinnas. Tööstuslik põllumajandus ja vesiviljelus on oluliselt kaasa aidanud veereostusele, vabastades veeökosüsteemidesse suuri koguseid lämmastikku, fosforit ja keemilisi väetisi. Selle tulemusena on mageveevarud ohus, bioloogiline mitmekesisus väheneb ja keskkonna tasakaal on ohus.





Nende probleemide lahendamiseks pöörduvad rahvusvahelised organisatsioonid ja teadlased üha enam looduslähedaste lahenduste (NBS) poole: need on looduslikest protsessidest inspireeritud jätkusuutlikud tavad, mis parandavad keskkonna kvaliteeti ja vähendavad samal ajal inimtegevuse mõju. Üks paljulubavamaid neist on akvapoonika, integreeritud süsteem, mis ühendab vesiviljeluse (kalakasvatuse) ja hüdropoonika (mullata taimekasvatuse). Akvapoonikas ringleb kalade akvaariumidest pärit toitaineterikas vesi taimede kasvualadel, kus see looduslikult filtreeritakse.

See õppemoodul tutvustab 15–18-aastastele õpilastele akvapoonika teaduslikke, tehnilisi ja ökoloogilisi põhimõtteid. Eksperimentaalsete seadmete, liitreaalsuse (AR) ja disainipõhise õppe kaudu uurivad õpilased, kuidas bioloogia ja inseneriteadus võivad ühineda, et arendada jätkusuutlikke vee taaskasutussüsteeme ja inspireerida keskkonnasõbralikke arhitektuurilisi lahendusi.

Avasta - Sissejuhatus akvapoonikasse ja loodusest inspireeritud vee taaskasutusse

Akvapoonika on innovatiivne toidu tootmise süsteem, mis ühendab akvakultuuri – kalakasvatuse – hüdropoonikaga, s.o muldeta taimekasvatusega. Selles suletud tsüklis muutuvad kalade jäätmed taimede looduslikuks väetiseks, samal ajal kui taimed filtreerivad ja puhastavad vett enne selle tagasipöördumist kalade akvaariumidesse. See loob iseseisva ökosüsteemi, kus iga komponent toob kasu teistele, vähendades keemiliste väetiste vajadust ja minimeerides reovett. Uuringute kohaselt võib akvapoonika vähendada veekasutust kuni 90% võrreldes tavapärase mullaviljelusega, kuna vesi ringleb pidevalt ja ainult väike osa sellest kaob aurustumise või taimede transpiratsiooni kaudu (Go Green Aquaponics, 2024; CalPoly Research, 2022).

Akvapoonika keskmes on lämmastiku tsükel, looduslik bioloogiline protsess, mis muudab jäätmed kasulikuks, mitte kahjulikuks. Kalad eritavad ammoniaaki, mis kõrges kontsentratsioonis on mürgine. Süsteemis elavad





kasulikud bakterid – peamiselt *Nitrosomonas* ja *Nitrobacter* – muundavad selle ammoniaaki esmalt nitrititeks ja seejärel nitraatideks, mida taimed saavad ohutult toitainetena omastada. See muundamine mitte ainult ei toeta taimede kasvu, vaid puhastab ka vett, luues pideva toitainete ringlussevõtu tsükli, mis hoiab nii kalad kui ka taimed tervena (Hawaii ülikooli akvapoonika programm, 2023).

Akvapoonika kontseptsioon on laiema idee – looduspõhiste lahenduste (NBS) – praktiline rakendus. NBS-id on lähenemisviisid, mis ammutavad inspiratsiooni looduslikest protsessidest ja ökosüsteemidest, et lahendada tänapäevaseid keskkonnaprobleeme. Tööstuslikele või keemilistele sekkumistele toetumise asemel jäljendavad NBS-id seda, kuidas loodus reguleerib tsükleid, filtreerib ressursse ja säilitab tasakaalu. Näiteks puhastavad märgalad looduslikult vett, rohelised katused imavad vihma ja vähendavad äravoolu ning akvapoonika taaskasutab vett, kopeerides looduslikes tiikides või jõgedes leiduvaid suhteid. NBS-i rakendamisega ei vähenda kogukonnad mitte ainult keskkonnamõju, vaid suurendavad ka vastupanuvõimet ja bioloogilist mitmekesisust (Euroopa Komisjon, 2021; FAO, 2021).

Kokkuvõttes rõhutavad need kontseptsioonid akvapoonika tõhusust ja jätkusuutlikkust. See näitab, kuidas vett saab taaskasutada, mitte raisata, kuidas bakterid toimivad toidutootmises nähtamatute partneritena ja kuidas bioinspireeritud süsteemid saavad asendada keskkonda kahjustavaid tööstusmeetodeid. Akvapoonika on enam kui lihtsalt põllumajandustehnika, see on hariduslik mudel sellest, kuidas inimesed saavad töötada looduslike tsüklitega, mitte nende vastu – lähenemisviis, mis on üha olulisem selliste globaalsete väljakutsete lahendamisel nagu kliimamuutused, veepuudus ja säästev linnaelu.

AR-tegevused:

Reaalse maailma juhtumiuuringud: vee saastumine väetistega, ökosüsteemi halvenemine.





AR-kogemus: simuleerige veeringlust inimese sekkumisega ja ilma selleta. Õpilased suhtlevad virtuaalse ökosüsteemiga ning jälgivad reostusmustreid ja looduspõhist keskkonnakaitset..

1- Käivita:

Õppekava rakendamine

Õppijad liiguvad teooriast praktikasse, **mini-akvapoonikasüsteemide ehitamine** Väikestes rühmades kavandavad ja panevad nad kokku konteinereid, pumpasid, kalatanke ja taimepeenraid. Iga meeskond katsetab erinevate taimeliikide, süsteemide paigutuse ja veeringluse strateegiatega.

See **AR-rakenduste** toimib digitaalse juhendina: kuvab samm-sammult seadistusjuhiseid, võrdleb õppijate süsteeme virtuaalse mudeliga ja simuleerib võimalikke probleeme (nt madal hapnikutase või pH tasakaalutus).

Interaktiivsed harjutused

Praktilised ülesanded on raamitud järgmiselt **bioinspireeritud disainiväljakutsed**:

- Kalade hapnikuvarustuse tagamine.
- Toitaineterikka veega sobivate taimeliikide testimine.
- Veeringluse optimeerimine.

Inspiratsiooni pakuvad näited klassiruumidest üle maailma: Hawaii koolid kasutavad bioloogiatundides akvapoonikat, samas kui Euroopa koolid kasutavad lämmastikuringete modelleerimiseks liitreaalsust.

Tagasiside kogumine

Õpilased registreerivad oma edusammed **digitaalsed laboripäevikud**, märkides pH taset, taimede kasvu ja kalade käitumist. AR-tööriistad pakuvad **kohene tagasiside**, märkides probleeme, kui andmed jäävad oodatud vahemikest välja. Õpetajad viivad läbi refleksiooniseansse, kus rühmad jagavad tulemusi, võrdlevad leide ja täiustavad oma süsteeme koostöös.





2- Täiustada:

Viimane etapp on pühendatud refleksioonile ja tuleviku visioonile. Õpilased võrdlevad oma süsteeme: millised neist toimivad kõige paremini? Milliste raskustega nad kokku puutusid? Milliseid täiustusi nad soovitaksid?

Loovus saab kuju liitreaalsuse tegevuse kaudu: nad kujundavad „ökohoone“ – tulevikuhoone, mis integreerib akvapoonika süsteemid toidu tootmiseks ja vee puhastamiseks. Seega väljub akvapoonika laboripaagist ja saab jätkusuutliku arhitektuuri konkreetseks ideeks.

Lõpuarutelu seob kogemuse säästva arengu eesmärkidega: kuidas saab akvapoonika aidata tagada puhta vee, tervisliku toidu ja vastupidavad linnad? Millised on selle tehnoloogia piirangud?

Järeldus:

Kursuse lõpus nägid õpilased oma silmaga, et loodusel on lahendused juba olemas: selle suletud tsüklid, kus miski ei kao ja kõik muutub, on eeskujud, millest õppida.

Seega saab akvapoonikast enam kui lihtsalt tehnika: see on tasakaalu metafoor. Kalad, bakterid ja taimed näitavad, kuidas koostöö ja vastastikune sõltuvus võivad luua jätkusuutlikkust.

Lõppsõnum on selge: jätkusuutlikkus ei ole kauge unistus, vaid konkreetne võimalus. Teaduslikud teadmised, tehnoloogia ja loovus on noorema põlvkonna käes olevad vahendid, mille abil saab ette kujutada teistsugust maailma. Ja iga õpilane saab sellest muutusest osa saada.





Viited ja ressursid

Faas	Kirjeldus
Avastamine	- Uuringud ja avastused: Õpilased alustavad uurimisega, globaalsed keskkonnaprobleemid 21. sajandil. Kiire rahvastiku kasv ja tööstuslik põllumajandus on suurendanud survet magevee- ja mullavarudele, samas kui väetiste ülekasutamine on häirinud ökosüsteeme kogu maailmas. Narratiivsete juhtumiuuringute, näiteks "Surev järv" õpilased näevad, kuidas ökoloogiline tasakaal võib kokku variseda, kui lämmastik ja fosfor veesüsteemidesse kogunevad. Samuti uurivad nad põhiideed ökosüsteem: örn tasakaal tootjate (taimed), tarbijate (loomad) ja lagundajate (bakterid) vahel. Nad mõistavad, et looduses ei lähe midagi raisku – kõik taaskasutatakse pidevates energia- ja toitainete tsüklites.
	- Sisu arendamine: Põhisisu keskendub Looduspõhised lahendused (NBS) kui ökoloogilistest protsessidest inspireeritud strateegiad. Õpilastele tutvustatakse akvapoonika NBS-i praktilise näitena: kalad toodavad jäätmeid, bakterid muudavad need toitaineteks ja taimed omastavad neid toitaineid vett puhastades. See suletud ahelaga süsteem peegeldab looduslikku tasakaalu ja demonstreerib, kuidas inimesed saavad kujundada säästvat toidutootmist. Nähtamatute protsesside nähtavaks tegemiseks Liitreaalsuse (AR) mudel tutvustatakse. Liitreaalsuse abil saavad õppijad uurida toitainete voogusid, jälgida baktereid „tööl“ ja visualiseerida, kuidas taimed vett filtreerivad.
	- Vajaduste analüüs: Õpilased selgitavad refleksiooni ja klassis arutelu käigus välja vajadus toidusüsteemide järele, mis on nii produktiivsed kui ka jätkusuutlikud. See analüüs käsitleb akvapoonikat mitte ainult tehnilise innovatsioonina, vaid ka vastusena ülemaailmsetele keskkonna- ja sotsiaalsetele väljakutsetele.
Käivitamine	- Õppekava rakendamine: Õppijad liiguvad teooriast praktikasse järgmiselt: mini-akvapoonikasüsteemide ehitamine. Väikestes rühmades kavandavad ja panevad nad kokku konteinereid, pumpasid, kalatanke ja taimepeenraid. Iga meeskond katsetab erinevate taimeliikide, süsteemide paigutuse ja veeringluse strateegiatega. See AR-rakendus toimib digitaalse juhendina: kuvab samm-sammult seadistusjuhiseid, võrdleb õppijate süsteeme virtuaalse mudeliga ja simuleerib võimalikke probleeme (nt madal hapnikutase või pH tasakaalutus).
	- Interaktiivsed harjutused: praktilised ülesanded on raamistatud järgmiselt bioinspireeritud disainiväljakutsed: • Kalade hapnikuvarustuse tagamine. • Toitaineterikka veega sobivate taimeliikide testimine. • Veeringluse optimeerimine. Inspiratsiooni pakuvad näited klassiruumidest üle maailma: Hawaii koolid kasutavad bioloogiatundides akvapoonikat, samas kui Euroopa koolid kasutavad lämmastikuringete modelleerimiseks liitreaalsust.
	- Tagasiside kogumine: õpilased registreerivad oma edusamme digitaalsed laboripäevikud, märkides pH taset, taimede kasvu ja kalade käitumist. AR-tööriistad pakuvad kohene tagasiside, märkides probleeme, kui andmed jäävad oodatud vahemikest välja. Õpetajad viivad läbi refleksiooniseansse, kus rühmad jagavad tulemusi, võrdlevad leide ja täiustavad oma süsteeme koostöös.
Täiustamine	- AR-i integreerimine: Selles etapis süvendab AR-i mõistmist, võimaldades õppijatel keeruliste protsesside manipuleerimine ja testimine. Nad saavad bakterite aktiivsust lähemalt uurida, simuleerida süsteemi ühe osa kokkuvarisemist ja näha koheselt selle mõju kogu ökosüsteemile.
	- Interaktiivne õpe: Õpilased laiendavad oma nägemust, kasutades AR-i disainimiseks tuleviku ökohooned, integreerides akvapoonikat jätkusuutlikku arhitektuuri. See interdistsiplinaarne tegevus ühendab bioloogia, inseneriteaduse ja disainimõtlemit, muutes õppimise nii loominguliseks kui ka rakenduslikuks.



**Mängustatud sisu:**

- **Punktid ja märgid:** antakse täpse andmekogumise, loominguliste lahenduste või süsteemi täiustuste eest.
- **Edetabelid** jälgida grupi edusamme, soodustades tervet konkurentsi.
- **Ülesanded ja tasemed** lga väljakutse – toitainete tasakaalustamine, veevoolu optimeerimine või taimede kasvu ergutamine – avab järgmise taseme.
- **Auhinnad uurimise eest** Lisapunkte uuenduslike lähenemisviiside, näiteks ebatavaliste taimede katsetamise eest.
- **Koostöös mängustatud ülesanded:** meeskonnavälised missioonid, kus rühmad jagavad ressursse või lahendavad ühiseid süsteemiprobleeme.

AR-põhised hinnangud:

- AR-simulatsioonides diagnoosivad õppijad rikkis akvapoonikasüsteeme ja „parandavad“ neid tingimusi kohandades.
- AR-i sisse põimitud interaktiivsed viktoriinid testivad tsüklite, ökosüsteemide ja disainistrateegiate alaseid teadmisi.
- Õpilasi hinnatakse mitte ainult teadmiste meeldejätmise, vaid ka nende võimekuse järgi rakendada lahendusi virtuaals-füüsilises hübriidkeskkonnas.





Viited

1. **Britannica entsüklopeedia**–*Akvapoonika* Suletud tsüklil põhineva integreeritud põllumajandussüsteemi kirjeldus.
Saadaval
aadressil: <https://www.britannica.com/technology/aquaponics>
2. **Ecolife'i kaitse–Sissejuhatus** *akvapoonika käsiraamatusse* Sissejuhatav käsiraamat, mis selgitab lämmastikuringlust ja hariduspõhimõtteid.
Saadaval
aadressil: <https://www.ecolifeconservation.org/wp-content/uploads/2017/06/Introduction-to-Aquaponics-Manual-1.pdf>
3. **Põhja-Huroni põllumajandus (Weebly)**–*Akvapoonika õppekava õpilase käsiraamat* Õpilase käsiraamat interdistsiplinaarse lähenemisviisiga akvapoonikale.
Saadaval
aadressil: https://northhuronag.weebly.com/uploads/1/1/2/8/11286496/aquaponics_curriculum_student_manual.unlocked.pdf
4. **Hawaii avalikud koolid–Keskkooli bioloogia** *akvapoonika projekt* Haridusprojekt keskkooli bioloogiaõpilastele (9./10. klass).
Saadaval
aadressil: <https://www.hawaiipublicschools.org/DOE%20Forms/NGSS/HSBiologyAquaponicsFINAL.pdf>
5. **HundrEDI Sihtasutus–Akvapoonika süsteem** Haridusinnovatsiooni projekt, mis kasutab koolides akvapoonikat kogemusliku õppe edendamiseks.
Saadaval
aadressil: <https://foundation.hundred.org/en/innovations/aquaponics-system>
6. **Akvapoonika allikas–Kooli akvapoonika** Haridusressursid, mis näitavad akvapoonikat kui elavat ökosüsteemi STEM-õppeks.
Saadaval
aadressil: <https://www.theaquaponicsource.com/school-aquaponics/>
7. **Riiklik Põllumajandusraamatukogu (USDA)–Vesiviljelus ja akvapoonika** Akvapoonika ja säästva põllumajanduse tehnilised





ressursid.

Saadaval

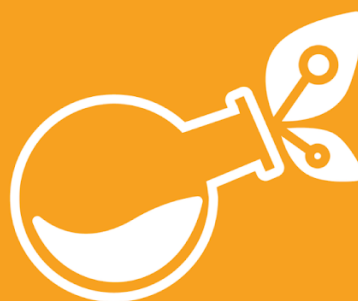
aadressil: <https://www.nal.usda.gov/farms-and-agricultural-production-systems/aquaculture-and-aquaponics>

8. **Oklahoma Osariigi Ülikooli laiendus**—*Akvapoonika* Vesiviljeluse ja hüdropoonika sünergia praktiline määratlus.
Saadaval aadressil: <https://extension.okstate.edu>





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.