



BEBLUE BEYOND **BLUEGRASS:**

Krepitev trajnostne agroživilske proizvodnje z akvaponiko



Cofinanziato
dall'Unione europea
Sofinancia
Evropska unija

BeBlue Beyond Bluegrass:

Krepitev trajnostne agroživilske
proizvodnje z akvaponiko

www.ita-slo.eu/beblue

INTERREG VI-A ITALIA SLOVENIJA 2021-2027

Poziv za Kapitalizacijo N. 01/2022R

Project code: ITA-SI0100069 BeBlue

Datum trajanja projekta: 1.9.2023 – 31.8.2025

Projekt BeBlue sofinancira Evropska unija v okviru
Programa Interreg VI-A Italija-Slovenija.

Projektni partnerji:



Università
Ca' Foscari
Venezia



KAZALO

	POVZETEK	7
1	PROJEKT BEBLUE	9
2	PILOTNI OBRATI IN INOVATIVNI PRODUKTI	11
3	DIGITALNI DVOJČEK AKVAPONIČNEGA OBRATA	15
3.1	Konceptualni model akvaponičnega obrata	15
3.2	Nadzorne aktivnosti	18
3.3	Rezultati	19
3.3.1	Morska akvaponika	19
3.3.2	Akvaponična pridelava postrvi	20
3.4	Vmesnik DiGiPonic	22
4	ALI SO IZDELKI IZ AKVAPONIKE TRAJNOSTNI?	25
4.1	Ocena trajnosti akvaponičnih proizvodov	25
4.1.1	Vključevanje podjetij in investorjev	28
5	POVEZOVANJE ZA RAST	30
5.1	Faze participativnega procesa	32
5.1.1	»Proizvajalci«: tehnološki vidiki	33
5.1.2	»Potrošniki«: distribucija in potrošnja	33
5.1.3	Pametna mesta »agro-urban«: akvaponika v urbanem okolju	34
5.2	Komunikacija in razširjanje	36
6	PRIHODNOST AKVAPONIKE V PROGRAMSKEM OBMOČJU	39



KAZALO SLIK

Slika 0 1:	Skupinska fotografija udeležencev ob italijanskem in slovenskem pilotnem obratu	8
Slika 1 1:	Zemljevid programskega območja z označenimi partnerji	10
Slika 2 1:	Pilotni obrati projekta BeBlue: a) morska akvaponika, Univerza Ca' Foscari Benetke; b) akvaponična pridelava postrvi, Univerza v Ljubljani	12
Slika 2 2:	Zaslonska slika uporabniškega vmesnika za nadzor kakovosti podatkov.	13
Slika 2 3:	Pigmenti ekstrahirani iz <i>Isochrysis galbana</i> (A), pigmenti ekstrahirani iz <i>Selenastrum capricornutum</i> (B)	14
Slika 3 1:	Shematizacija povezanega akvaponičnega sistema (v okvirju) ter glavnih tokov snovi v in iz sistema.	16
Slika 3 2:	Rastne krivulje orade in osočnika (slanuša)	20
Slika 3 3:	Rastne krivulje postrvi šarenke in solate, sorte Salanova.	21
Slika 3 4:	Začetni zaslon sistema DiGiPonic..	22
Slika 3 5:	Začetni zaslon funkcionalnosti »Načrtovanje«.	23
Slika 3 6:	Začetni zaslon funkcija »Upravljanje«.	23
Slika 3 7:	Tedenska projekcija rasti postrvi (povprečna teža) in solate (povprečna teža rastline).	24
Slika 4 1:	Primer kvantifikacije kapitalskih, obratovalnih in okoljskih stroškov.	26
Slika 4 2:	Fotografija s srečanja v Portugruaru.	28
Slika 4 3:	Strokovnjaki KGZS – Zavod Kranj na srečanju s kmetovalcem, ki ga zanima pridelava brez uporabe zemlje in akvaponika.	29
Slika 5 1:	Razčlenitev participativnih aktivnosti, izvedenih v projektu BeBlue.	30
Slika 5 2:	Deležna sestava različnih skupin deležnikov v mrežah Bluegrass (levo) in BeBlue (desno)	31
Slika 5 3:	Fotografija delovne skupine v Trstu in plenarnega foruma v Trstu.	32
Slika 5 4:	(z leve) Fotografija s sejma v Komendi 2025, sejma Aquafarm 2025 in plenarnega foruma v Škofijah (KP).	33
Slika 5 5:	Fotografija z dogodka na IUAV.	34
Slika 5 6:	Otvoritveni dogodki (v smeri urinega kazalca) na Univerzi v Ljubljani, na sejmihi Aquafarm in Novelfarm ter na Znanstvenem kampusu Univerze Ca' Foscari v Benetkah.	36
Slika 5 7:	Fotografije z dogodka »Aquaponic Day« v Ljubljani in v Benetkah–Mestre.	37
Slika 5 8:	Povezave do člankov v časopisih in podcastov.	37
Slika 5 9:	Fotografija zaključnega dogodka v Ca' Dolfin, Univerza Ca' Foscari Benetke.	38

KAZALO TABEL

Tabela 2 1:	Biotske spremenljivke, spremljane v dveh pilotnih obratih	13
Tabela 2 2:	Abiotske spremenljivke, spremljane v dveh pilotnih obratih	14
Tabela 3 1:	Glavni procesi, povezani s tokovi snovi v in iz vodne raztopine, prikazani na Sliki 3.1.	17
Tabela 3 2:	Biotske in abiotske spremenljivke stanja	17
Tabela 4 1:	Glavni rezultati analize ekonomske in okoljske trajnosti	27
Tabela 5 1:	Rezultati SWOT analize, ki jo je predstavilo podjetje Shoreline na forumu v Trstu.	35

SODELUJOČI SO:

Univerza Ca' Foscari Benetke: Roberto Pastres, Joseph Safi, Matteo Bolzonella, Francesco Cavarro, Caterina Garbin.

Shoreline: Marco Francese, Matteo Maglito, Gabriele Bordin, Katja Antolović.

LegaCoop: Antonio Gottardo, Daniela Novelli.

Univerza Ljubljana, Biotehniška fakulteta: Andrej Udovč, Ana Slatnar, Janja Rudolf, Vid Žitko, Anton Perpar

KZ Agraria Koper: Patricija Pirnat, Tine Matoš, Tanja Verhovnik

KGSZ – Zavod Kranj: Mitja Kadoič, Miha Štular, Tatjana Grilc.



POVZETEK

Ta brošura povzema glavne rezultate, dosežene v dveh letih intenzivnih aktivnosti, v katerih so bili uresničeni cilji čezmejnega projekta sodelovanja Italija–Slovenija »BeBlue – Beyond Bluegrass«. Projekt je prispeval k doseganju posebnega cilja SO2.6: »Spodbujanje prehoda na krožno gospodarstvo, gospodarno z viri«, s čimer je olajšal širjenje akvaponike. Ta krožna in trajnostna tehnologija omogoča sočasno pridelavo rib in rastlinskih vrst v sistemih z recirkulacijo. BeBlue je nadgradil rezultate čezmejnega projekta BLUEGRASS (<https://2014-2020.ita-slo.eu/bluegrass>), ki je prvi uvedel akvaponiko v programsko območje.

V ta namen je projekt BeBlue:

1. **Razvil prototip »Digital Twin«**, ki omogoča lažje in učinkovitejše upravljanje akvaponičnih obratov z njihovo digitalizacijo. Prototip je brezplačno dostopen prek platforme DiGiPonic.
2. **Dokazal potencialno uporabo akvaponičnih sistemov** za pridobivanje inovativnih proizvodov z visoko dodano vrednostjo, kot so: 1) osočnik (slanuša), 2) makroalge in 3) mikro zelenjava.
3. **Razvil in brezplačno omogočil spletno orodje** za ocenjevanje okoljske in ekonomske trajnosti akvaponičnih proizvodov, preizkušenih v okviru projekta BeBlue. Vmesnik omogoča izračun ogljičnega odtisa, vodnega odtisa, okoljskega odtisa proizvoda (Product Environmental Footprint) ter časa povrnitve investicije.
4. **Povečal poznavanje in prepoznavnost akvaponike** med pridelovalci (»proizvajalci«), v trgovskem sektorju (»potrošniki«) ter med potencialnimi investitorji, z intenzivnimi komunikacijskimi aktivnostmi (87 objav, 33 novic, 27 videov) in z mreženjem, ki je povečalo število registriranih deležnikov s 288 na 456. Med njimi je bilo ob koncu projekta Bluegrass aktivnih 123, ob zaključku projekta BeBlue pa že 196.

Orodja, razvita v okviru projekta BeBlue, so bila uporabljena v številnih srečanjih z deležniki in potencialnimi investitorji.

Ti rezultati so bili doseženi zahvaljujoč aktivnemu sodelovanju šestih projektnih partnerjev in pridruženega partnerja. Štirje partnerji – Univerza Ca' Foscari Benetke, Univerza v Ljubljani, zadruga Shoreline in zadruga Agraria – ter pridruženi partner IUAV so uspešno nadaljevali sodelovanje, začeto v projektu Bluegrass.

Ključno vlogo sta imela tudi partnerja, ki sta se projektu pridružila kot »takerja«(prevzemnika) – LegaCoop in KGZS – Zavod Kranj. Odzvala sta se na izzive projekta ter odločilno prispevala k vključevanju pridelovalcev in podjetij v projektne aktivnosti.



Slika 0 1: Skupinska fotografija udeležencev ob italijanskem in slovenskem pilotnem obratu

»Proizvajalci« – med katere sodijo kmetje, ribogojci, dobavitelji podjetjem z blagom in storitvami, svetovalci za podjetja, raziskovalci na področju primarne pridelave, panožna združenja ter institucije za nadzor in upravljanje javnih financiranj.

»Potrošniki« – med katere sodijo združenja potrošnikov, strokovnjaki za trženje, marketinški oddelki trgovskih verig (GDO), podjetja za distribucijo in prodajo ter organizacije za promocijo agroživilskega sektorja.

1. PROJEKT BEBLUE

Projekt BeBlue je nastal z namenom povečanja odpornosti agroživilskega sistema na programskem območju, tako na nenadne spremembe podnebnih razmer kot tudi na finančno nestabilnost, ki jo je povzročil oborožen konflikt na pragu Evrope in, bolj nedavno, sprememba gospodarske politike Združenih držav Amerike. V takšnem kontekstu postaja še posebej pomemben razvoj **krožnih proizvodnih sistemov z nizkim okoljskim vplivom, manjšo odvisnostjo od uvoza, energetske učinkovitostjo ter razpršenostjo po ozemlju**. V tem okviru je projekt BeBlue – Beyond Bluegrass nadgradil rezultate, dosežene v projektu BLUEGRASS, s katerim je bila v programsko območje uvedena akvaponika. Ta trajnostna in inovativna tehnologija pridelave hrane **temelji na načelih krožnega gospodarstva**. Akvaponika združuje pridelavo rastlin brez uporabe zemlje in gojenje rib v enoten recirkulacijski sistem, ki omogoča optimalno rabo naravnih virov, potrebnih za krmo rib, hkrati pa zmanjšuje porabo vode in izpuste snovi, ki lahko povzročijo evtrofikacijo površinskih vodnih teles.

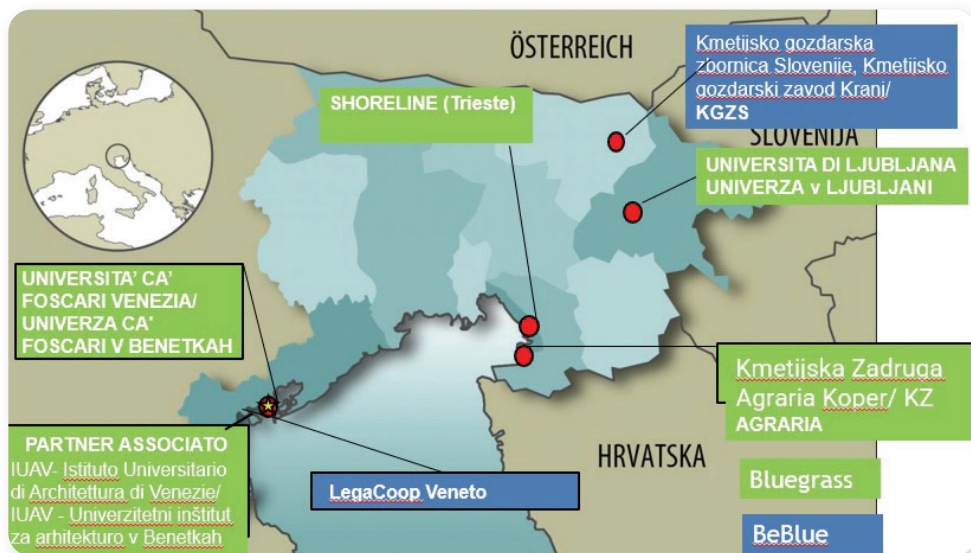
Projekt BeBlue je prispeval k širjenju akvaponike v programskem območju, prikazanem na Sliki 1.1, in je usklajeno deloval na treh področjih:

1. **Tehnološko** – BeBlue je dokazal izvedljivost morske akvaponike in akvaponične pridelave postrvi ter razvil prototip »digitalnega dvojčka« (Digital Twin) akvaponičnega obrata, ki je bil potrjen z uporabo podatkov, zbranih v dveh pilotnih obratih, vzpostavljenih v okviru projekta Bluegrass.

2. **Vrednotenje** – BeBlue je razvil integrirani model za oceno okoljske in ekonomske trajnosti akvaponičnih proizvodov.

Sodelovanje – BeBlue je bistveno razširil mrežo deležnikov, potencialno vključenih v pridelavo, distribucijo in potrošnjo akvaponičnih proizvodov, podedovano iz projekta Bluegrass. Vzpostavil je novo delovno skupino za proizvodnjo hrane v urbanem okolju ter vključil številne podjetnike do te mere, da so se odločili za investicije in diverzifikacijo svoje proizvodnje.

Dejavnosti projekta BeBlue so bile skrbno načrtovane, da bi se združile v skupni cilj: **dokazati, da je mogoče razviti verigo za akvaponične proizvode, ki je ekonomsko in okoljsko trajnostna**.



Slika 1 1: Zemljevid programskega območja z označenimi partnerji

Čezmejno sodelovanje se je izkazalo kot odločilen in bistven element projekta: le zahvaljujoč njemu je bilo mogoče doseči zastavljene cilje, saj je bila omogočena močna povezanost med strokovnimi znanji šestih partnerjev in pridruženega partnerja (glej Sl. 1.1):

- ✓ **tehnično-znanstvena znanja**, ki so jih prispevali Univerza Ca' Foscari Benetke (vodilni partner), Univerza v Ljubljani in pridruženi partner IUAV;
- ✓ **znanja o participativnih procesih in komunikaciji**, ki sta jih prispevala Shoreline in Agraria;
- ✓ **prisotnost na terenu**, ki jo je za italijansko območje zagotavljala LegaCoop, za slovensko območje pa KGZS – Zavod Kranj.

V naslednjih poglavjih bomo predstavili glavne dosežene rezultate. V **Poglavju 2** bo predstavljeno, kako je bil zasnovan digitalni dvojček in katere rezultate je prinesel. **Poglavje 3** je namenjeno analizi okoljske in ekonomske trajnosti ter orodju za njeno ocenjevanje, ki je bilo razvito v okviru projekta BeBlue. V **Poglavju 4** so povzeti glavni rezultati mreženja, s posebnim poudarkom na vključevanju podjetij, ki želijo rezultate projekta BeBlue nadgraditi z nadaljnjimi projekti in investicijami. Glavne številke komunikacijskih aktivnosti projekta BeBlue ter dostopni promocijski materiali so strnjeni v **Poglavju 5**. Zaključki in prihodnje perspektive akvapionike v programskem območju pa so predstavljeni v **Poglavju 6**.

2. PILOTNI OBRATI IN INOVATIVNI PRODUKTI

Prilagajanje podnebnim spremembam zahteva posebno pozornost pri rabi vodnih virov, ki bodo po pričakovanjih postajali vse bolj omejeni tudi na območjih, kot je programsko območje sodelovanja Italija–Slovenija, ki je tradicionalno bogato z vodo. Pridelava brez uporabe zemlje v tem smislu predstavlja možnost, ki postaja vse pomembnejša v primerjavi s tradicionalnimi pridelovalnimi metodami, saj hidroponski pridelki omogočajo občutne prihranke vode. Pomanjkanje vode pa vse bolj predstavlja težavo tudi za sladkovodno ribogojstvo, zlasti za pridelavo postrvi. S tem izzivom se ukvarja čezmejni projekt Italija–Slovenija Circular Rainbow, ki predvideva preoblikovanje obstoječih pretočnih sistemov v sisteme s popolno ali delno recirkulacijo.

V tem okviru sta bila v projektu BeBlue preizkušena dva inovativna integrirana proizvodna modela:

1. **Morska akvaponika:** pridelava orade, halofitnih rastlin – zlasti osočnika (slanuša) – ter makroalg.
2. **Akvaponska pridelava postrvi:** pridelava postrvi šarenke, solate in mikro zelenje.

Prva inovacija je bila preizkušena v pilotnem obratu, ki ga upravlja Univerza Ca' Foscari Benetke, druga pa v pilotnem obratu Univerze v Ljubljani, prikazanih na slikah 2.1a in 2.1b.





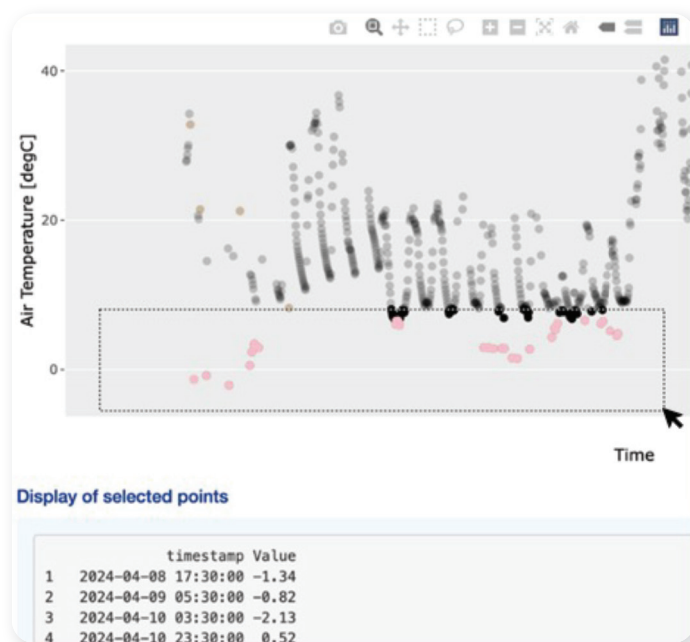
Slika 2 1: Pilotni obrati projekta BeBlue: **a)** morska akvaponika, Univerza Ca' Foscari Benetke;
b) akvaponična pridelava postrvi, Univerza v Ljubljani

Sistemi, ki so bili prvotno vzpostavljeni v okviru projekta Bluegrass, so bili digitalizirani in opremljeni z avtomatskimi senzorji za spremljanje nekaterih ključnih parametrov kakovosti vode:

- raztopljeni kisik,
- temperatura,
- pH.

Spremljanje **slanosti** je bilo dodano v sistem morske akvaponike. Te spremenljivke morajo ostati znotraj vnaprej določenih intervalov, da se zagotovi dobro počutje organizmov, ki sobivajo v akvaponičnem sistemu. Senzorji omogočajo zaznavanje podatkov v želeni časovni frekvenci. Podatki se nato pošiljajo na oddaljeno dostopno platformo **BQC – BeBlue Quality Control**, ki operaterju omogoča nadzor kakovosti podatkov.

Kot je prikazano na sliki 2.2, uporabniški vmesnik z rdečo barvo označuje prisotnost potencialno neustreznih podatkov, ki jih lahko upravljavec odstrani in nadomesti z lastno oceno, pridobljeno z ustreznimi statističnimi metodologijami. To omogoča popoln nadzor nad dogajanjem v sistemu v realnem času.



Slika 2 2: Zaslonka slika uporabniškega vmesnika za nadzor kakovosti podatkov.

Načrt spremljanja, ki je bil izveden v okviru projekta BeBlue, je predvidel sistematično merjenje tudi drugih spremenljivk kakovosti vode ter ocenjevanje rasti gojenih in rejenih vrst. Povzet je v Tabeli 2.1 in podrobneje opisan v dostopnem dokumentu Deliverable 1.1.2 projekta.

Tabela 2 1: Biotske spremenljivke, spremljane v dveh pilotnih obratih

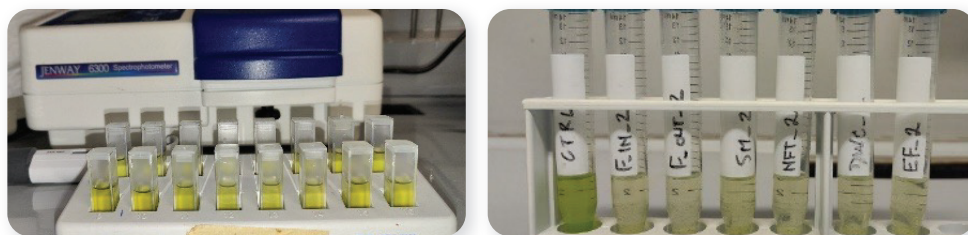
Variabili biotiche	Frequenza più elevata	UNIVE	UNILJU
Posamezna teža rib [g]	1/mesec	X	X
Posamezna teža osočnika (Slanuša)	1/teden	X	
Posamezna teža solate (Salanova)	1/mesec		X
Posamezna teža solate (Salanova)	1/teden	X	

Tabela 2 2: : Abiotiske spremenljivke, spremljane v dveh pilotnih obratih

Abiotiske spremenljivke – RAS	Frekvenca	UNIVE	UNILJU
Koncentracija TAN [mgN/L]	1/teden	X	X
Koncentracija NO ₃ [mgN/L]	1/teden	X	X
Koncentracija NO ₃ [mgN/L]	1/teden	X	X
Koncentracija karbonatov [mgCO ₃ ²⁻ /L]	1/teden	X	X
Koncentracija PO ₄ ³⁻ [mgP/L]	1/teden	X	X
Relativna zračna vlaga [%]	1/15 minut	X	X
Temperatura zraka [°C]	1/15 minut	X	X
PAR [μmol/m ² s]	1/15 minut	X	X

Za preprečevanje morebitnih težav z dobrobitjo rib so bila izvedena tudi dopolnilna spremljanja z uporabo specifičnih bioindikatorskih organizmov: morskega ježka *Paracentrotus lividus* in mikroalge *Isochrysis galbana* za morski akvaponični sistem Univerze Ca' Foscari Benetke ter alge *Selenastrum capricornutum* za akvaponični sistem reje postrvi Univerze v Ljubljani. Organizmi so bili izbrani zaradi visoke občutljivosti na hranila, enostavnosti protokolov in komercialne dostopnosti. Testi sledijo standardiziranim protokolom: metoda ISPPRA za test spermiotoksičnosti morskega ježka in metoda APAT-IRSA/CNR za kvantifikacijo pigmentov enoceličnih alg. Biološki pristop dopolnjuje kemijske analize in omogoča kumulativno oceno vpliva pogojev v obratu.

Vizualno opazovanje barve alg lahko že takoj ponudi preliminarne informacije o stanju sistema (glej Sl. 2-3). Sistem se lahko neposredno uvede v obrate brez zahtevnih strukturnih sprememb. Začetna investicija je nizka (fotobioreaktor in prenosni spektrofotometer), stroški vzdrževanja pa omejeni. Alge lahko uporabljajo tudi nespecializirani uporabniki, medtem ko test z morskim ježkom zahteva laboratorijsko znanje, a kljub temu ostaja hiter in učinkovit.



Slika 2 3: Pigmenti ekstrahirani iz *Isochrysis galbana* (A), pigmenti ekstrahirani iz *Selenastrum capricornutum* (B)

3. DIGITALNI DVOJČEK AKVAPONSKEGA OBRATA

Akvaponski sistemi so zahtevnejši od sistemov ribogojstva z recirkulacijo (RAS – Recirculation Aquaculture Systems) in od hidroponskih sistemov pridelave rastlin brez uporabe zemlje. Njihovo upravljanje mora namreč zagotavljati optimalne pogoje tako za dobro počutje in rast rib kot tudi rastlin, hkrati pa ohranjati temperaturo vode v mejah, ki omogočajo učinkovito pretvorbo amonijevega dušika v nitrat s strani bakterijske skupnosti.

To zahteva tako agronomska kot akvakulturna znanja, ki so toliko pomembnejša, kolikor večji je obseg proizvodnje – s tem pa tudi tveganje izgube pridelka zaradi neustreznih ali prepoznih upravljavskih ukrepov. V fazi načrtovanja je poleg tega ključno pravilno dimenzionirati sestavne dele sistema, zlasti biomaso in gostoto rib v povezavi s površino, namenjeno pridelavi rastlinskih vrst. Trenutno niso na voljo brezplačna orodja, ki bi olajšala načrtovanje in upravljanje akvaponičnih sistemov ob upoštevanju časovne dinamike biomase, ki jo želimo so pridelovati.

Zato je ena od glavnih aktivnosti projekta BeBlue razvoj in uporaba »digitalnega dvojčka« (Digital Twin, DT) akvaponičnega obrata. DT lahko opredelimo kot **digitalno predstavitev sistema, ki podaja informacije o razvoju njegovega stanja s kombinacijo:**

1. **apriornega znanja o procesih, ki v njem potekajo, preko matematičnih modelov, in**
2. **podatkov, pridobljenih z eksperimentalnimi meritvami.**

Prototip digitalnega dvojčka, razvit v projektu BeBlue, vključuje predvsem prvi element – **matematični model, ki omogoča dinamično simulacijo fizikalnih, kemijskih, mikrobioloških in bioloških procesov, ki potekajo v akvaponskem sistemu.**

3.1 Konceptualni model akvaponskega obrata

Akvaponski sistemi vključujejo organizme iz treh različnih trofičnih ravni:

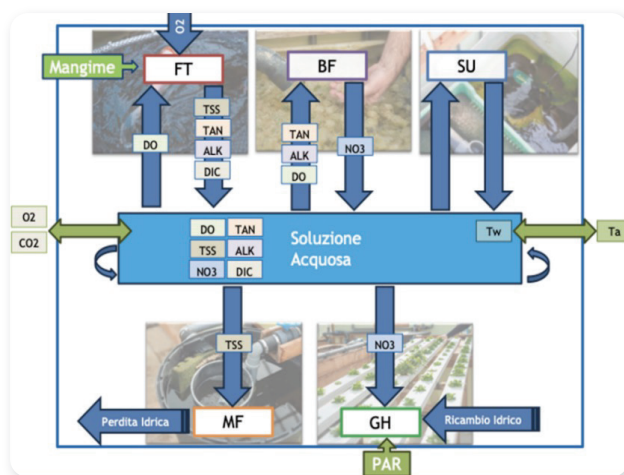
- **potrošniki:** ribe,
- **primarni proizvajalci:** rastline ali alge,
- **razkrojevalci:** bakterije.

Digitalni dvojček, razvit v projektu BeBlue, **simulira razvoj povezanega akvaponskega sistema**. V tem primeru ves vodni tok, ki izhaja iz ribogojkega dela sistema (RAS), preide v hidroponski rastlinjak (GH – GreenHouse). Pravilno dimenzioniranje sistema je ključno za njegovo optimalno delovanje, saj bi morala rastlinska komponenta v celotnem proizvodnem ciklu asimilirati ves dušik, ki ga izločijo ribe.

Tak sistem vključuje pet bistvenih komponent, prikazanih na Sliki 3.1:

1. Bazeni za gojenje rib (FT).
2. Rastlinjak za pridelavo rastlin brez uporabe zemlje (GH).
3. Biofilter, v katerem bakterijske združbe pretvarjajo amonijev dušik v nitrat (BF).
4. Enota za odstranjevanje suspendiranih delcev, npr. peščen filter, bobnasti filter ali usedalnik (MF).
5. Zbiralni in razdelilni bazen (sump, SU).

Če je sistem nepovezan (disaccoppiato) in je biomasa rib velika, mora vključevati tudi komponento za odstranjevanje ogljikovega dioksida ter enoto, kjer se nitrat preko procesa denitrifikacije reducira v molekularni dušik.



Slika 3 1: Shematizacija povezanega akvaponičnega sistema (v okvirju) ter glavnih tokov snovi v in iz sistema.

Slika 3.1 prikazuje osrednjo vlogo vodne raztopine, ki povezuje posamezne komponente in prejema metabolite, ki jih proizvajajo organizmi. Glavni procesi so na kratko opisani v Tabeli 3.1. Ti procesi spreminjajo koncentracijo šestih abiotskih spremenljivk, predstavljenih v Tabeli 3.2 in označenih na Sliki 3.1.

Proces	Tok snovi
Ribe: dihanje	– Kisik iz raztopine v ribe – Ogljikov dioksid iz rib v raztopino
Ribe: presnova beljakovin	– Amonijev dušik in sečnina iz rib v raztopino
Bakterije: nitrifikacija	– Amonijev dušik in kisik iz raztopine v bakterijsko biomaso – Nitrat iz bakterijske biomase v raztopino
Alge: dihanje	– Kisik iz raztopine v alge – Ogljikov dioksid iz alg v raztopino
Alge: fotosinteza	– Ogljikov dioksid ali bikarbonatni ioni iz raztopine v alge – Kisik iz alg v raztopino
Rastline: dihanje korenin	– Kisik iz raztopine v korenine – Ogljikov dioksid iz korenin v raztopino
Rastline: asimilacija dušika	– DIN (raztopljeni anorganski dušik), predvsem nitrat, iz raztopine v korenine

Tabela 3 1: Glavni procesi, povezani s tokovi snovi v in iz vodne raztopine, prikazani na Sliki 3.1.

Analiza literature je omogočila opredelitev šestih abiotskih spremenljivk, s katerimi lahko opišemo razvoj sestave raztopine. Te so predstavljene v Tabeli 3.2, skupaj z biotskimi spremenljivkami, uporabljenimi za simulacijo rasti rib in rastlin.

Biotske spremenljivke stanja
Povprečna individualna živa teža rib [g]
Število rib
Povprečna individualna sveža teža rastline [g]
Število rastlin
Gostota biomase alg [g/L]
Abiotske spremenljivke stanja
Koncentracija celotnega amonijevega dušika – TAN [mmol/L]
Koncentracija nitrata – NO ₃ [mmol/L]
Koncentracija raztopljenega kisika – DO [mmol/L]
Koncentracija raztopljenega anorganskega ogljika – DIC [mmol/L]
Alkaliniteta – ALK [mmol/L]
Koncentracija celotnih suspendiranih delcev – TSS [g/L]

Tabela 3 2: Biotske in abiotske spremenljivke stanja

Izmenjava kemičnih spojin med organizmi in **raztopino spreminja njeno kemično sestavo**, zlasti:

- **izločanje amonijaka pri ribah povečuje tako koncentracijo celotnega amonijevega dušika (TAN – Total Ammonia Nitrogen) kot tudi alkaliniteto, torej sposobnost raztopine**, da blaži dodajanje kisline;
- **biokonverzija TAN v nitrat** zmanjšuje alkaliniteto;
- **ogljikov dioksid povečuje koncentracijo raztopljenega anorganskega ogljika** (DIC – Dissolved Inorganic Carbon);
- **alkaliniteta in DIC** bistveno vplivata na kislost raztopine, izraženo s **pH**.

3.2 Nadzorne aktivnosti

Sproščanje presnovkov bi brez ustreznih ukrepov upravljanja/nadzora v kratkem času povzročilo kolaps sistema. Potrebni so naslednji ukrepi:

1. Dezinfekcija z ultravijolično svetilko.
2. Odstranjevanje suspendiranih trdnih delcev z mehanskim filtrom.
3. Oksigenacija vode z vpihovanjem zraka ali kisika.
4. Nadzor temperature vode, ki mora ostati v območju, ki zagotavlja visoko aktivnost nitrifikacijskih bakterij ter visoko rast rib in rastlinskih vrst.
5. Nadzor kislosti raztopine z vzdrževanjem pH na ravneh, sprejemljivih za vse organizme.
6. Nadzor krmnega obroka.

Digitalni dvojček (DT) mora zato omogočati simulacijo:

1. Kroženja vode.
2. Rast organizmov.
3. Sproščanja presnovkov.
4. Fizikalno-kemijskih in biokemijskih procesov, ki potekajo v vodni raztopini.
5. Učinkov nadzornih ukrepov.

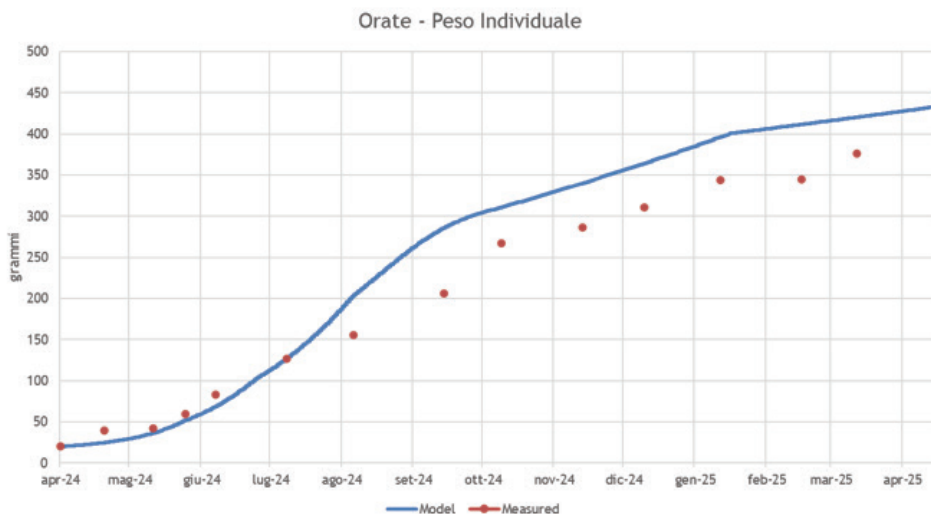
3.3 Rezultati

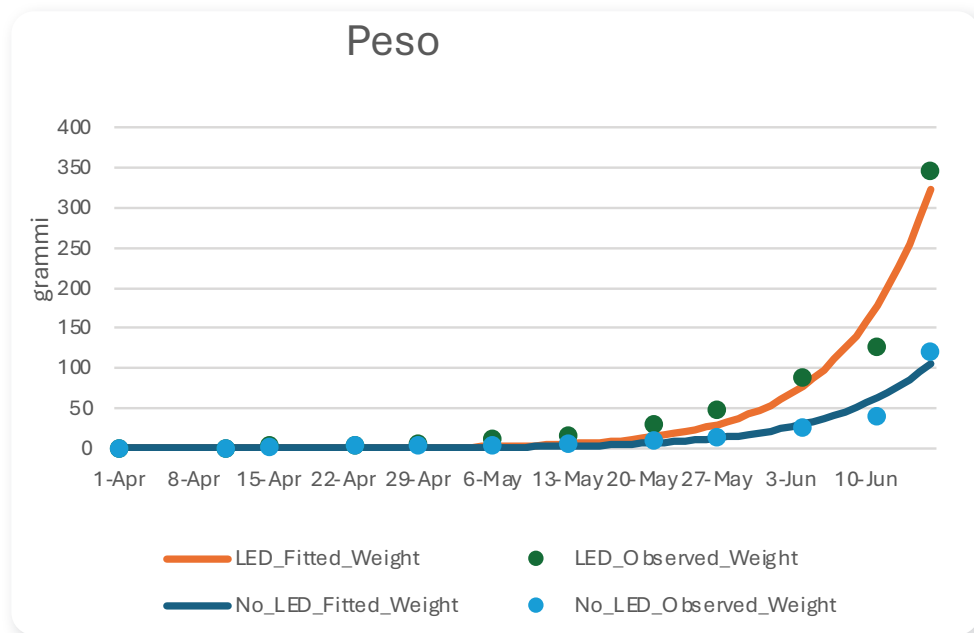
Struktura digitalnega dvojčka (DT) je podrobno opisana v projektni dokumentaciji Deliverable 1.4.1. Tukaj so povzeti glavni rezultati, pridobljeni z njegovo uporabo v dveh pilotnih obratih, ki ju upravljata Univerza Ca' Foscari Benetke in Univerza v Ljubljani.

3.3.1 Morska akvaponika

Morska akvaponika v recirkulacijskih sistemih je še vedno v začetni fazi razvoja. Cilj aktivnosti, izvedenih v okviru projekta BeBlue v pilotnem obratu Univerze Ca' Foscari Benetke, je bil zato preveriti **tehnično izvedljivost in zagotoviti kvantitativne podatke kot osnovo za analizo okoljske in ekonomske trajnosti**.

Ti cilji so bili v celoti doseženi, kot prikazujejo grafi na Sliki 3.2, kjer so predstavljene rastne krivulje orade (*Sparus aurata*) in osočnika (*slanuša*). Krivulja za orado kaže povečanje povprečne teže z 40 g na 450 g v enem letu, pri čemer so nekateri primerki presegli celo 600 g. Ti rastni kazalniki so skladni z rezultati, doseženimi v marikulturi. Produktivnost osočnika v tem načinu pridelave pa ostaja predmet nadaljnjih znanstvenih raziskav. Rezultati poskusov, izvedenih spomladi 2025, kažejo povprečno produktivnost okoli 300 g v prvih dveh mesecih in pol, z najvišjimi vrednostmi do 600 g. Pri tem je bila ugotovljena tudi izrazita razlika med rastjo rastlin, osvetljenih z LED-lučmi, in rastlin, gojenih ob naravni svetlobi.





Slika 3 2: Rastne krivulje orade in osočnika (slanuša)

3.3.2 Gojenje postrvi z akvaponiko

Tradicionalna akvaponika, pri kateri se uporablja sladka voda, je zelo vsestranska: omogoča so pridelavo različnih vrst rib in zelenjave. V projektu BeBlue je bila izbrana postrv šarenka, saj je gojenje te vrste v programskem območju zelo razširjeno, kar povečuje možnosti, da bi nekateri rejci razmislili o preusmeritvi svojih obstoječih ribogojnih obratov v akvaponske sisteme. Trenutno skoraj vsa gojišča postrvi delujejo na pretočni način: voda se črpa iz podtalnice ali površinskih vodotokov, prehaja skozi obrat in se vrača v površinske vodne tokove. Količinsko gledano se vode sicer ne odvzame, vendar je kakovost vode ob iztoku slabša kot ob vstopu. Ta način reje pa je resno ogrožen zaradi podnebnih sprememb. Ena od možnih strategij prilagajanja je preoblikovanje obratov v sisteme z delno ali popolno recirkulacijo. V tem primeru bi bilo povezovanje z hidroponskim rastlinjakom lahko gospodarsko koristno. Tehnična in ekonomska izvedljivost preusmeritve se trenutno ocenjuje v okviru čezmejnega projekta Italija–Slovenija *Circular Rainbow* (<https://www.ita-slo.eu/it/circularrainbow>), kjer se razvijajo prototipi digitalnega dvojčka za tri tipe sistemov reje:

a) pretočni sistem, **b)** delna recirkulacija, **c)** popolna recirkulacija (RAS).

V primerjavi s krapom, ki je najpogosteje gojena vrsta v akvaponiki, reja postrvi zahteva večji nadzor nad spremenljivkami kakovosti vode, saj ta potrebuje hladne in dobro oksigenirane vode.

Rezultati, pridobljeni v pilotnem obratu Univerze v Ljubljani spomladi 2025, so prikazani na Sliki 3.3. Solata, ki je bila kvantitativno najpomembnejši pridelek, je dosegla povprečne priraste, skladne z literaturo, med 150 in 160 g na mesec, kar je digitalni dvojček natančno reproduciral.

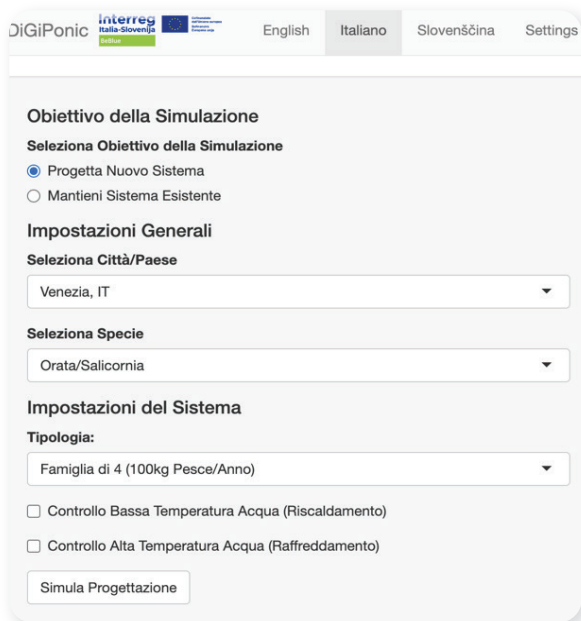


Slika 3 3: Rastne krivulje postrvi šarenke in solate, sorte Salanova.

3.4 Vmesnik DiGiPonic

Platforma DiGiPonic, ki je brezplačno dostopna prek spleta na povezavi <https://beblue.shinyapps.io/DiGiPonic/>, je opremljena s preprostim uporabniškim vmesnikom, razvitim v okolju R z uporabo programske knjižnice Rshiny.

Uporabniški vmesnik vključuje dve glavni funkciji, kot je prikazano na Sliki 3.1: prva je namenjena zagotavljanju koristnih usmeritev za pravilno dimenzioniranje povezanega akvaponskega sistema, druga pa za lažje upravljanje le-tega.



The screenshot displays the DiGiPonic web application interface. At the top, there is a header with the DiGiPonic logo, the Interreg Italia-Slovenia logo, and language selection options: English, Italiano, Slovenščina, and a Settings link. The main content area is titled 'Obiettivo della Simulazione' and includes a section 'Seleziona Obiettivo della Simulazione' with two radio buttons: 'Progetta Nuovo Sistema' (selected) and 'Mantieni Sistema Esistente'. Below this is the 'Impostazioni Generali' section, which contains a 'Seleziona Città/Paese' dropdown menu set to 'Venezia, IT', a 'Seleziona Specie' dropdown menu set to 'Orata/Salicornia', and an 'Impostazioni del Sistema' section. The 'Impostazioni del Sistema' section includes a 'Tipologia:' dropdown menu set to 'Famiglia di 4 (100kg Pesce/Anno)' and two checkboxes: 'Controllo Bassa Temperatura Acqua (Riscaldamento)' and 'Controllo Alta Temperatura Acqua (Raffreddamento)'. At the bottom of the form is a 'Simula Progettazione' button.

Slika 3 4: Začetni zaslon sistema DiGiPonic.

Funkcija »Načrtovanje« ponuja usmeritve glede dimenzioniranja RAS-sistema za rejo rib in hidroponskega rastlinjaka, na podlagi podatkov, ki jih vnese uporabnik – kot so: izbrane vrste za sočasno pridelavo, zelena letna proizvodnja rib ter prevladujoč temperaturni režim. To je prikazano na Sliki 3.5.

Dati di temperatura aggiornati (dal server)

Replaygo Ingressi Output Crescita biotica

Tabelle riassuntive

Sistema

Spettacolo 10 voci Ricerca:

Parametro	Valore
1 Posizione	Venezia, IT
2 Specie	Orata/Salcomia
3 Tipologia	Famiglia di 4 persone (100 kg di pesce/anno)

Visualizzazione di 1-3 di 3 voci

Precedente 1 Prossimo

RAS

Spettacolo 10 voci Ricerca:

Parametro	Valore	Unità
1 Volume totale del serbatoio	8	m3
2 Densità di stoccaggio	12.5	Pesci/m3
3 Numero stimato di giovani	178	Giovani
4 Feed totale richiesto	113	kg/anno
5 FCR	1.347	-
6 Acqua escreta	29.58	g(N)/kg(hamburger)

Visualizzazione da 1 a 6 di 6 voci

Precedente 1 Prossimo

Serra

Spettacolo 10 voci Ricerca:

Parametro	Valore	Unità
1 Densità di impianto iniziale	50	pianta/m2
2 Durata del ciclo [giorni]	60	Gorni
3 Cicli totali all'anno	5	cicli
4 Area totale stimata	16	metri quadri
5 Biomassa stimata della singola pianta alla fine del ciclo	300	gFW
6 Mortalità delle piante	5	%
7 Numero di piante raccolte a fine ciclo	760	pianta

Visualizzazione da 1 a 7 di 7 voci

Precedente 1 Prossimo

Slika 3 5: Začetni zaslon funkcionalnosti »Načrtovanje«.

Funkcija »**Upravljanje**« pa omogoča pridobitev konkretnih usmeritev glede upravljaljskih ukrepov, ki jih je treba načrtovati tedensko ali mesečno. Začetni zaslon je prikazan na Sliki 3.6.

Dati di temperatura aggiornati (dal server)

Replaygo Ingressi Output Crescita biotica Output Crescita dell'acqua

Tabelle riassuntive

Sistema

Spettacolo 10 voci Ricerca:

Parametro	Valore
1 Posizione	Venezia, IT
2 Specie	Orata/Salcomia

Visualizzazione di 1-2 di 2 voci

Precedente 1 Prossimo

RAS

Spettacolo 10 voci Ricerca:

Parametro	Valore	Unità
1 Volume totale del serbatoio	4	m3
2 Densità di stoccaggio	25	Pesci/m3
3 Peso medio totale stimato del pesce	30.3	g(hamburger)/kgFW
4 Feed totale richiesto	1.429	-
5 FCR	15.603	g(hamburger)/gFW

Visualizzazione da 1 a 5 di 5 voci

Precedente 1 Prossimo

Serra

Spettacolo 10 voci Ricerca:

Parametro	Valore	Unità
1 Densità di impianto iniziale	25	pianta/m2
2 Peso medio totale della pianta	4.20	g(hamburger)/kgFW
3 Area totale stimata	12	metri quadri
4 Numero di piante raccolte a fine ciclo	188	pianta

Visualizzazione di 1-4 di 4 voci

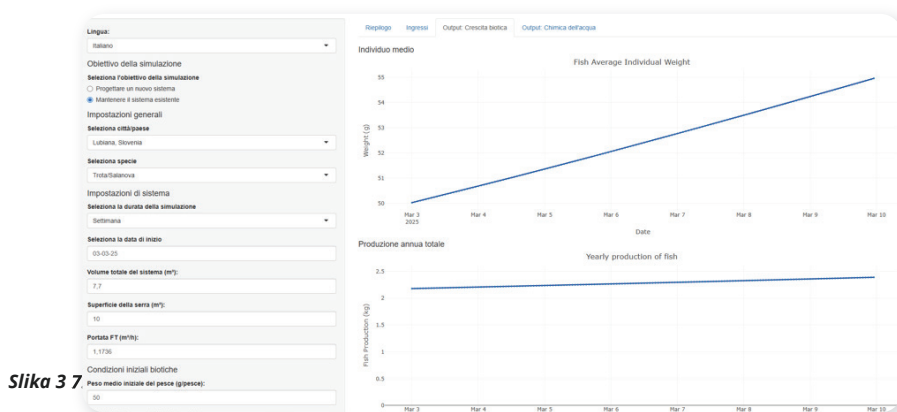
Precedente 1 Prossimo

Slika 3 6: Začetni zaslon funkcija »Upravljanje«.

Funkcija »Načrtovanje« temelji na povprečnih letnih vrednostih produktivnosti sočasno gojenih vrst. Ponuja usmeritve za dimenzioniranje rastlinjaka glede na proizvodni obseg rib ter za oceno letne proizvodnje rastlinskih vrst. Funkcionalnost »Upravljanje« pa uporablja digitalni dvojček za zagotavljanje:

- ocen krmnega obroka ter rasti rib in rastlinskih vrst, da je mogoče načrtovati nakup krme in fazo spravila;
- napovedi časovnega razvoja pH ter na tej podlagi priporočil glede dodajanja kemičnih spojin za ohranjanje kislosti raztopine v območju, sprejemljivem za sočasno gojene vrste;
- napovedi koncentracije TAN in nitrata v vodni raztopini ter predlogov za morebitno menjavo vode, kadar bi povišane vrednosti lahko povzročile stres pri ribah.

Rezultati so večinoma prikazani v grafični obliki. Primer je prikazan na Sliki 3.7, kjer je predstavljena mesečna projekcija biomase postrvi in solate. Uporabnik pa jih lahko izvaža tudi v numerični obliki, kot datoteke v formatu .csv, ki jih je enostavno uvoziti v Excel ali brati v drugih programskih okoljih, kot sta R in Python.



4 ALI SO IZDELKI IZ AKVAPONIKE TRAJNOSTNI?

Okoljska trajnost živilskih proizvodov je vse bolj pomembna tema – tako za zdravje našega planeta kot tudi za njihovo tržno vrednotenje. Delež potrošnikov, ki povprašujejo po visoko kakovostnih in okoljsko trajnostnih izdelkih, je namreč v porastu. Vendar pa mora okoljska trajnost sobivati z gospodarsko trajnostjo: trajnostna proizvodnja je praviloma povezana z višjimi stroški, kar lahko pomeni tveganje za izgubo konkurenčnosti podjetja.

Zaradi tega so bile v okviru projekta BeBlue izvedene aktivnosti, namenjene:

1. oceni okoljske in ekonomske trajnosti proizvodov, preizkušenih v projektu;
2. pripravi orodij, dostopnih prek spleta, ki omogočajo prenos doseženih rezultatov na različne proizvodne ravni.

Tako lahko podjetja, ki razmišljajo o preoblikovanju svoje proizvodnje, ali vlagatelji v agroživilski sektor enostavno pridobijo predhodne ocene, ki so jim v pomoč pri pripravi poslovnega načrta – ob nadaljnjih potrebnih podrobnih analizah.

4.1 Ocena trajnosti akvaponskih proizvodov

Analize ekonomske in okoljske trajnosti so bile izvedene vzporedno, saj obe temeljita na oceni snovnih in energijskih tokov, potrebnih za vzpostavitev proizvodnega sistema in njegovo delovanje.

Ekonomska analiza upošteva dve vrsti stroškov:

- kapitalske stroške (CAPEX – CAPital EXpenditure), potrebne za vzpostavitev proizvodnega sistema;
- obratovalne stroške (OPEX – OPerational EXpenditure), potrebne za delovanje obrata, ki se običajno izračunajo na letni ravni.

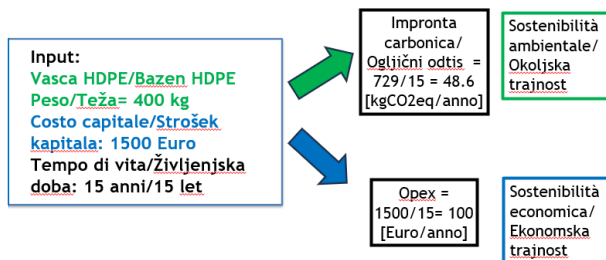
Letni bruto dobiček se izračuna tako, da se od letnih prihodkov odštejejo OPEX. Če kapitalski strošek delimo z letnim neto dobičkom po obdavčitvi, dobimo oceno časa vračila investicije (*PayBack Time*), kar je kazalnik, ki še posebej zanima vlagatelje.

Okoljska trajnost je bila ocenjena z uporabo analize življenjskega cikla – LCA (*Life Cycle Analysis*), metodologije, ki je že dobro uveljavljena in jo številna podjetja uporabljajo za samoevalvacijo trajnosti svojih proizvodnih procesov. LCA spremlja snovne in energijske tokove, ki prispevajo k proizvodnji nekega izdelka ali storitve, pri čemer upošteva tudi tiste, ki so potrebni za ustrezno ravnanje z odpadki, nastalimi v proizvodnem procesu. Namesto v denarju se ti tokovi pretvorijo v kazalnike »okoljske škode«. Najbolj znan je ogljični odtis, ki upošteva skupne emisije toplogrednih plinov. Ta kazalnik je izražen kot masa »ekvivalentov CO₂«, pridobljenih s pomočjo koeficientov, ki primerjajo toplogredni učinek drugih plinov (npr. metana) z učinkom ogljikovega dioksida.

Preprost primer je prikazan na Sliki 4.1 in se nanaša na enega ključnih sestavnih delov akvaponičnega sistema – bazen za rejo rib. Ko sta določena volumen in material, iz katerega je bazen izdelan, je mogoče oceniti:

1. ekonomski strošek;
2. »okoljski« strošek, npr. količino ekvivalentov CO₂ (v kilogramih), potrebnih za njegovo izdelavo in dostavo v akvaponično podjetje.

Prvi podatek je enostavno dostopen, drugega pa je mogoče izračunati iz baz podatkov, ki so vključeni v programsko opremo za izvedbo LCA analize izdelka ali storitve. V tem projektu je bila uporabljena programska oprema **SimaPro** in podatkovna baza **Ecoinvent**.



Slika 4 1: Primer kvantifikacije kapitalskih, obratovalnih in okoljskih stroškov.

Primer poudarja, da se obe analizi opirata na inventar infrastrukturnih komponent proizvodnega sistema ter na oceno letne porabe vsega, kar je potrebno za proizvodnjo proizvoda/storitve in za ohranjanje učinkovitosti njegovih sestavnih delov.

V zadnji fazi analiz so bili skupni ekonomski in okoljski stroški deljeni s proizvedeno biomaso, da bi se pridobil kazalnik, primerljiv z drugimi sistemi, ki so sposobni proizvajati podobna živila.

V projektu BeBlue so bile zgoraj navedene ocene pripravljene na podlagi definicije virtualnega obrata, sposobnega ustvariti prihodek, ki bi bil zanimiv za malo akvaponsko podjetje. Poleg tega je bil upoštevan še drugi poslovni model, in sicer podjetje, pri katerem akvaponika ne bi bila glavna dejavnost, proizvodi pa bi se uporabljali interno. Tipičen primer bi bil turistična kmetija, ki uporablja ribe in zelenjavo za svoje goste, ali skupina družin, ki se poveže za upravljanje manjšega obrata za samooskrbo. Več o slednjem je dostopno v poročilu D 2.3.1.

Analize se izvajajo s pomočjo kode, ki je bila sprva razvita v programskem okolju R, nato pa prevedena v Python. Poleg tega je bil pripravljen uporabniški vmesnik, dostopen brezplačno na povezavi www.ita-slo.eu/beblue, ki omogoča uporabo kode.

Glavni rezultati so predstavljeni v Tabeli 4.2 za dva večja obrata, ki sta sposobna proizvesti približno 6 ton orad oziroma postrvi na leto. V tem primeru se ocenjuje proizvodnja okoli 42 ton osočnika (slanuša) oziroma 66 ton solate.

Tabela 4 1: Glavni rezultati analize ekonomske in okoljske trajnosti

	Morska akvaponika	Akvaponična pridelava postrvi
CAPEX [€]	428.713	478.407
OPEX [€]	257.789	272.972
Prihodek [€]	380.760	561.896
Bruto dobiček [€]	127.971	288.924
Dobiček po obdavčitvi [€]	89.580	202.247
Čas vračila investicije (PBT) [leta]	4.8	2.4
Ogljični odtis [kgCO ₂ ekv./kg]	2.4	1.6
Vodni odtis [m ³ /kg]	2.0	1.7
Okoljski odtis proizvoda (PEF) [mikro točke]	217	143

Ti rezultati, čeprav temeljijo na tipičnem virtualnem obratu, nakazujejo, da sta **obe obliki akvaponike tako okoljsko kot gospodarsko trajnostni**. Kot prikazuje graf na Sliki 4.2, je najbolj kritičen vidik poraba velikih količin električne energije: ekonomski in okoljski stroški bi se bistveno zmanjšali, če bi imela podjetja že nameščene sončne elektrarne, ki bi pokrivale pomemben delež potrebne energije. Na primer, če bi ta delež dosegel 40 %, bi se energetske strošek sorazmerno znižal, ogljični odtis pa bi se zmanjšal na 1,8 oziroma 1,2 [kgCO₂ ekv./kg biomase], za morsko akvaponiko oziroma akvaponično pridelavo postrvi.

4.1.1 Vključevanje podjetij in vlagateljev

Podatki, pridobljeni s kalkulatorji gospodarske in okoljske trajnosti, so bili predstavljeni in obravnavani s skupino podjetij in deležnikov, ki so izkazali poseben interes za izkoriščanje rezultatov projekta BeBlue.

Na italijanskem ozemlju so se strokovnjaki projekta BeBlue 14. maja 2025 srečali s podjetji v Portogruaru: prisotnih je bilo 14 podjetij od 33 povabljenih, kar pomeni 42 %. To je dokaz uspešnosti vključevanja deležnikov v obdobju leto in pol trajanja projekta. To srečanje je bilo verjetno eden ključnih uspehov procesa, saj je združilo moči med partnerji tipa *giver* in *taker* ter spodbudilo konkreten interes.

Med srečanjem je bilo opaženo veliko zanimanje za morsko akvaponiko. Zlasti proizvodnja osočnika (slanuša) in halofitov je bila prepoznana kot mogoča dopolnilna dejavnost v okviru turističnih kmetij ali kot neposredna dopolnitev školjkarstva, ki je v številnih območjih v krizi zaradi vdora modrega raka in drugih vplivov podnebnih sprememb. Sinergija med proizvodnjo semena klapavic in pridelavo halofitov je bila označena kot zanimiva razvojna perspektiva ter možnost za nadaljnjo valorizacijo rezultatov projekta BeBlue.



Slika 4 2: Fotografija s srečanja v Portogruaru.

Na slovenskem ozemlju sta bili ločeno izvedeni dve srečanja s podjetji, ki so izkazala poseben interes za izkoriščanje rezultatov projekta BeBlue. Strokovnjaki KGZS so obiskali njihove obrate in se o možnostih pogovorili z obema podjetnikoma.

Prvo podjetje prideluje zelenjavo tako na prostem kot tudi v rastlinjakih ter proizvode prodaja trgovinam v bližini kraja pridelave. Podjetnik akvaponiko vidi kot izboljšavo pridelave zelenjave brez uporabe zemlje, ki bi jo lahko uvedel z modernizacijo svojih obstoječih rastlinjakov. Prav tako meni, da prodaja akvaponskih izdelkov njegovim stalnim kupcem ne bi predstavljala posebnih težav.

Drugo podjetje je ribogojstvo, ki goji postrvi šarenke na različnih lokacijah. Podjetje je razvejalo svoje prodajne kanale in vključilo tudi neposredno prodajo potrošnikom. Njegovi obrati delujejo na pretočni način, vendar bi se lahko iztok vode iz ribogojnih bazenov usmeril preko gredic za pridelavo solate ali druge zelenjave, preden bi bil odveden v površinske vodne tokove. Tako bi rastline asimilirale del raztopljenega dušika in fosforja, kar bi zmanjšalo vpliv na okolje ter hkrati ustvarilo dodaten prihodek.

Ta obiska kažeta, da je akvaponika lahko zanimiva priložnost za izboljšanje okoljske in gospodarske trajnosti tako kmetijskih podjetij kot ribogojnic postrvi, ki so doslej delovala na tradicionalen način. To vprašanje bo dodatno raziskano v okviru čezmejnega projekta Interreg Italija–Slovenija *Circular Rainbow*, v katerem sodeluje KGZS – Zavod Kranj.



Slika 4 3: Strokovnjaki KGZS– Zavod Kranj na srečanju s kmetovalcem, ki ga zanima pridelava brez uporabe zemlje in akvaponika.

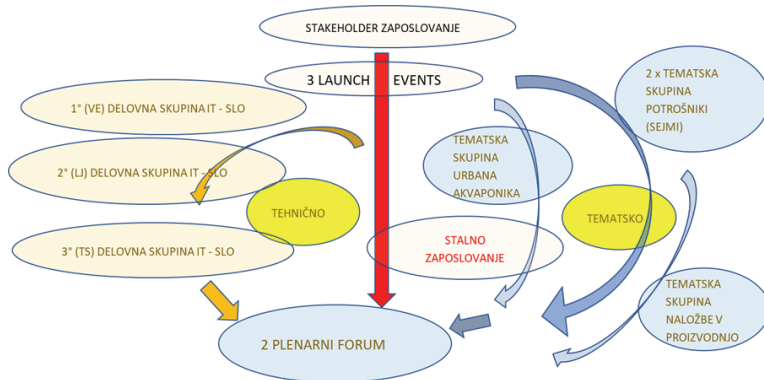
5. POVEZOVANJE ZA RAST

Akvaponika v recirkulacijskih sistemih je sorazmerno nova proizvodna metoda, ki je malo znana ne le potrošnikom, temveč tudi potencialnim izvajalcem in investitorjem. Čeprav se število raziskav in projektov povečuje, zasnova in upravljanje obratov na proizvodni ravni še nista standardizirana. Ti dejavniki so doslej omejevali nastanek podjetij, ki bi lahko zagotavljala pomembne proizvodne količine tako v programskem območju kot tudi na celotnem italijanskem in slovenskem ozemlju. Dodatna ovira za naložbe je trenutno nizka prepoznavnost akvaponskih proizvodov, kar otežuje njihovo tržno vrednotenje in utemeljevanje višje maloprodajne cene v primerjavi s podobnimi izdelki, pridobljenimi na drugačen način.

Razvoj akvaponike poleg tehnološkega napredka zato zahteva tudi ozaveščanje različnih deležnikov vzdolž proizvodne verige. Tako v projektu Bluegrass kot tudi v BeBlue je bil ta izziv obravnavan z **vključevanjem niza aktivnosti, usmerjenih v povezovanje teh deležnikov v mrežo, ki omogoča izmenjavo mnenj, informacij ter spodbuja pobude skupnega interesa – poleg običajnih komunikacijskih in promocijskih dejavnosti.**

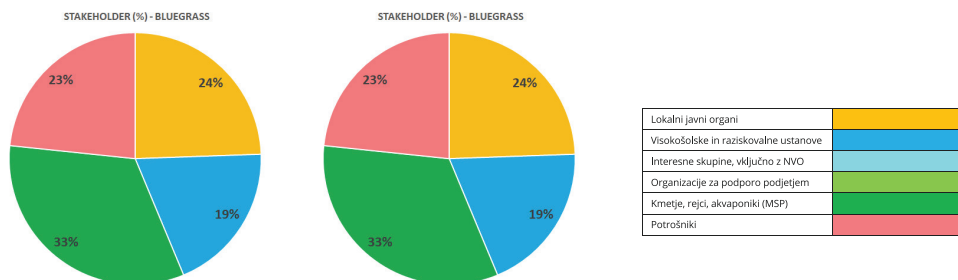
To imenujemo **aktivna participacija**, ki je bistvena za dobro in pregledno izvajanje projekta ter za odmevnost, ki jo ustvarja s prikazovanjem sposobnosti deljenja dobrih praks in tehničnih znanj. Zmožnost organiziranja in vodenja participativnih srečanj omogoča vključevanje deležnikov iz različnih okolij v razprave o skupnih temah, kar olajšuje dialog ter spodbuja nastanek sinergij in sodelovanja.

Stalna komunikacijska dejavnost sproti obvešča o dogodkih participativnega procesa – z vabil in agendami, poslanih po elektronski pošti, s pripravo sporočil za splet in družbena omrežja ter z vsemi gradivi, potrebnimi za srečanja v živo.



Slika 5 1: Razčlenitev participativnih aktivnosti, izvedenih v projektu BeBlue.

Participacija, zasnovana in izvedena v projektu BeBlue, je vključevala več vzporednih, vendar ne sočasnih poti, kot prikazuje spodnji diagram poteka. Ob zaključku projekta Bluegrass, ki se je končal leta 2020, je mreža štela 288 deležnikov, razdeljenih v štiri interesne skupine, kot je prikazano v tortnem grafu na levi strani Slike 5.2. Od teh jih je bilo 123 posebej aktivnih.



Slika 5 2: Deležna sestava različnih skupin deležnikov v mrežah Bluegrass (levo) in BeBlue (desno)

Z boljšo načrtovanostjo in učinkovitim usmerjanjem se je mreža v okviru BeBlue občutno razširila in trenutno vključuje 456 deležnikov, kot prikazuje tortni graf na desni strani Slike 5.2. Od teh jih je 196 postalo stalno vključenih v projekt ter so pogosto sodelovali tudi pri izvedbi dogodkov. Treba pa je poudariti, da je bilo pridobivanje deležnikov dinamičen in stalen proces, ki se je odvijal ob vsaki priložnosti srečanja z akterji programskega območja Interreg. Temu se je pridružilo še stalno spletno iskanje potencialno zainteresiranih deležnikov za akvaponiko ter učinkovit prenos informacij od ust do ust med vsemi, ki so spremljali projekt.

Ta rezultat je bil dosežen z intenzivnimi aktivnostmi mreženja, ki so bile načrtovane že na začetku in uspešno izvedene ob podpori izkušenj iz prejšnjega projekta. Med drugim so vključevale začetno usposabljanje za vse partnerje ter redne organizacijske sestanke pred vsakim dogodkom. Prav te ciljno usmerjene aktivnosti mreženja, povezane z doslednim komuniciranjem, so omogočile ne le vključitev večjega števila ljudi, temveč tudi zbiranje dragocenih idej in mnenj, ki so usmerjale nadaljnji razvoj akvaponike.

5.1 Faze participativnega procesa

Participativni proces, ki ga je usklajevala družba Shoreline, je vključeval vse partnerje na podlagi dobrega oblikovanja in na podlagi strokovnega upravljanja v kombinaciji z neposrednim stikom »prevzemnikov« z deležniki na ozemlju. Uporaba konsolidiranih tehnik, ki vključujejo vse partnerje in eksperimentiranje z njimi na nove načine (t. i. »desk« na sejnih, hibridne delovne skupine osebno in na daljavo z uporabo fizičnih in digitalnih elementov, vprašalnikov in seminarjev v kombinaciji z delovnimi skupinami), je omogočila ustvarjanje situacij, v katerih so se partnerji »prevzemniki« lahko izrazili po svojih najboljših močeh. Podpora projektu na strani strokovnjakov, ki že imajo izkušnje s področij hidroponike in akvaponike, je pomagala vzbuditi zanimanje številnih podjetnikov za nov način proizvodnje. Znanstvene kompetence partnerjev so nato vse to dopolnile, kar jim je omogočilo zadovoljiv uspeh.

5.1.1 Faze participativnega procesa

Organizirani so bili trije delovni sklopi (Working Group), izvedeni po metodi »World Café« ob priložnosti dveh predstavitev dogodkov projekta (1. februarja 2024 v Benetkah–Mestre in 9. aprila 2024 v Ljubljani) ter na kasnejšem dogodku, ki je potekal v Trstu 26. septembra 2024. Rezultati so bili potrjeni na plenarnem forumu, ki je prav tako potekal v Trstu, 27. maja 2024 (18 prijav, od tega 4 na daljavo).



Slika 5 3: Fotografija delovne skupine v Trstu in plenarnega foruma v Trstu.

5.1.2 »Petrošniki«: distribucija in potrošnja

Po uvodnih dogodkih, zlasti tistem z GDO in izpeljani tržni analizi, se je pokazalo, da je področje distribucijskih in prodajnih verig, prilagojenih potrebam potrošnikov, težko nasloviti brez posredovanja. Zato je bila sprejeta odločitev, da se organizirata dva dvodnevna delovna sklopa (Working Group) v okviru dveh sejmov agroživilskega sektorja, v obliki svetovalnih točk (desk), podprtih z vprašalnikom, dostopnim prek QR-kode. Na ta način se je bilo mogoče obrniti neposredno na strokovne deležnike prek intervjujev ali pa s preprostimi spletnimi vprašanji na širšo javnost – potrošnike.

Dogodki, v katerih so bila obravnavana vprašanja o trajnosti akvaponskih proizvodov, njihovi sprejemljivosti pri potrošnikih ter percepciji varnosti hrane, so bili naslednji:

- ✓ sejem Aquafarm v Pordenoneju, 12. in 13. februarja 2025, že drugo leto zapored. Na tem pomembnem italijanskem dogodku, namenjenem akvakulturi in pridelavi brez uporabe zemlje, je imel projekt BeBlue odmeven uspeh (81 prijav), predvsem zaradi dveh popolnih ekip anketarjev, velikega razstavnega prostora in prisotnosti italijanskega partnerja tipa taker, ki je vključeval ključne deležnike;
- ✓ sejem v Komendi pri Ljubljani, 11. in 12. aprila 2025, največji kmetijski sejem v Sloveniji. Tudi tu je bil odziv zelo dober (62 prijav), saj je bil izveden v tesnem sodelovanju s slovenskim partnerjem tipa taker.

Sklepne ugotovitve teh aktivnosti so bile predstavljene na plenarnem forumu v Škofijah (Koper), pri podjetju Purissima d.o.o., 12. junija 2025 (19 prijav, od tega 6 na daljavo).



Slika 5 4: (z leve) Fotografija s sejma v Komendi 2025, sejma Aquafarm 2025 in plenarnega foruma v Škofijah (KP).

5.1.3 Pametna mesta »agro-urban«: akvaponika v urbanem okolju

Z aktivnim sodelovanjem pridruženega partnerja IUAV je bil 10. maja 2024 v veliki predavalnici univerze IUAV organiziran tematski seminar »Hrana in mesto: pridelava, teritorialne interakcije in upravljanje dediščine«. K dnevu razprav so prispevali raziskovalci s področij urbanističnega oblikovanja, prostorskega načrtovanja, kmetijske ekonomike in arhitekture. Med 70 registriranimi udeleženci je bilo tudi veliko študentov.

Mestno tkivo se prazni in drobi, tudi zaradi temeljitih sprememb v logistiki trgovskih verig, ki danes dajejo prednost nakupovalnim središčem na obrobju in spletni distribuciji. Ali je mogoče zapolniti prazne prostore z lokalno pridelavo hrane na način »0 km«?

Rezultati delavnice potrjujejo, da je to realna možnost, če se kombinirajo sistemi pridelave brez uporabe zemlje, kot sta akvaponika in hidroponika, z urbaniimi vrtovi.



Slika 5 5: Fotografija z dogodka na IUAV.

Ta sklop aktivnosti je prinesel obilico idej in predlogov za razvoj akvaponike, hkrati pa sprožil tudi pomisleke tako glede zakonodajnega okvira za začetek in izvajanje dejavnosti kot tudi glede tveganj, povezanih z investiranjem v ta sektor v razmerah, ko so stroški glavnih potrošnih materialov – energije in krme – visoki in nestanovitni.

Poskus sinteze je bil pripravljen v SWOT analizi, predstavljeni v Tabeli 5.1, ki povzema 557 prispevkov, zbranih med različnimi srečanji v okviru participativnega procesa, strnjenih v 42 elementov.

Tabela 5 1: Rezultati SWOT analize, ki jo je predstavilo podjetje Shoreline na forumu v Trstu.

Prednosti	Slabosti	Priložnosti (Opportunities)	Nevarnosti (Threats)
Tehnična izvedljivost	Gospodarska ranljivost, povezana z obsegom dejavnosti	Dobavitelji in oskrba, olajšana s skupno verigo	Pomanjkanje referenčnih podatkov
Zdrav izdelek	Težave pri pridelavi mikro zelenja (mlada zelenjava)	Razvoj akvaponike za akvakulturo	Pomanjkanje specifične zakonodaje
Kakovost izdelka	Težave pri nadzoru	Razvojne tehnične zmogljivosti	Visoki investicijski stroški
Znana proizvodna tehnika	Težave pri nadzoru kakovosti vode	Tehnične zmogljivosti na področju zdravlja živali	Nejasna gospodarska prednost na trgu
Znana proizvodna tehnika	Težave pri nadzoru kakovosti mikro	Tehnične zmogljivosti za nadzor vode in biomase	Nejasna prednost netradicionalne proizvodnje
Okoljska prednost: trajnost	Težave pri pridelavi zelenjave	Tehnične zmogljivosti za nadzor kulture in biomase	
Gospodarska prednost: mikro zelenje	Težave pri nadzoru kultur in reje	Možnosti financiranja	
Gospodarska prednost: prihodnost za slanuše in halofite	Težave s tehnikami in energijo	Razvoj nove agroživilske zakonodaje	
Gospodarska prednost: tržna niša za mikro zelenje	Usposabljanje specifičnih znanj za potrošnike	Okoljska prednost: agro-urbano	
Gospodarska prednost: tržna niša za ribe	Usposabljanje specifičnih znanj za institucije	Socialna in strokovna prednost	
Gospodarska prednost: združevanje in skupna uporaba inovativnih	Usposabljanje specifičnih znanj za podjetja	Teritorialna prednost: inovacija, uporabna v južni Evropi	
Gospodarska prednost: podpora gostinstvu	Dobava in oskrba, olajšana s skupno verigo		
Težave pri pridelavi zelenjave			
Težave pri nadzoru kultur in reje			

5.2 Komunikacija in razširjanje

Dejavnosti komunikacije in razširjanja so bile načrtovane in izvedene z namenom doseči različne interesne skupine ter so imele pomembno vlogo pri pridobivanju novih članov v mrežo BeBlue.

Poleg stalnega posodabljanja projektne spletne strani in kanalov na družbenih omrežjih so bili organizirani tudi posebni dogodki za vključevanje proizvajalcev, potrošnikov in raziskovalcev:

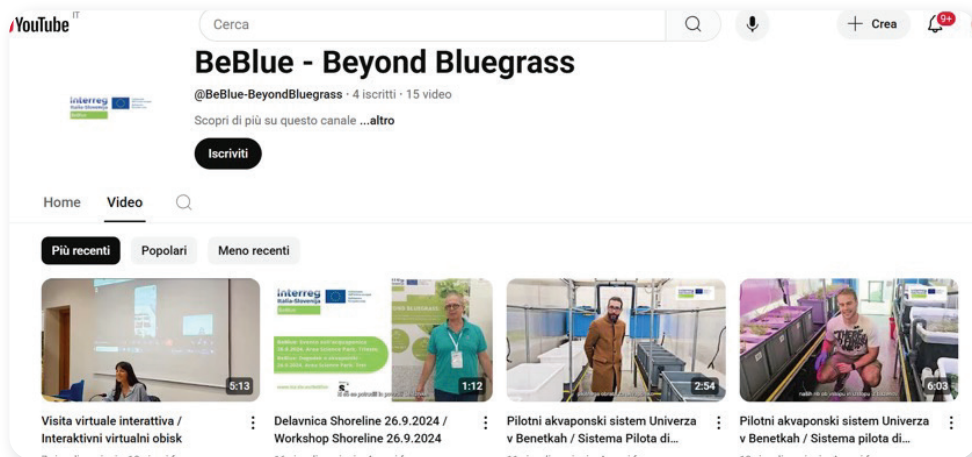
- ✓ dva otvoritvena dogodka projekta na Univerzi Ca' Foscari v Benetkah (1. februar 2024) in na Univerzi v Ljubljani (9. april 2024), kjer so si udeleženci lahko ogledali tudi pilotne obrate;
- ✓ dva »Aquaponic Day« na Univerzi Ca' Foscari v Benetkah (16. oktober 2024) in na Univerzi v Ljubljani (8. april 2025), na katerih so bili predstavljeni in obravnavani preliminarni rezultati projekta.



Slika 5 6: Otvoritveni dogodki (v smeri urinega kazalca) na Univerzi v Ljubljani, na sejmih Aquafarm in Novelfarm ter na Znanstvenem kampusu Univerze Ca' Foscari v Benetkah.

Poleg tega je bilo posnetih 27 videoposnetkov različnih dolžin, namenjenih različnim interesnim skupinam, ki so dostopni na kanalu YouTube »BeBlue – Beyond Bluegrass« prek povezave:

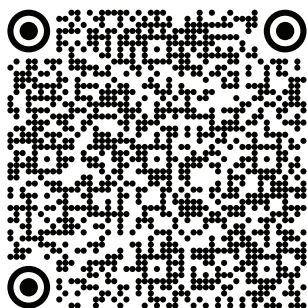
<https://www.youtube.com/channel/UC2qPIIN5a4GIZK3OkifjtAg/videos>



Slika 5 7: Fotografije z dogodka »Aquaponic Day« v Ljubljani in v Benetkah–Mestre.

Komunikacija s potrošniki in širšo javnostjo je potekala tudi prek podcastov ter s pomočjo bolj tradicionalnih, a učinkovitih časopisnih člankov. Objavljenih je bilo 11 člankov v medijih z lokalnim in nacionalnim dosegom ter ena vključitev v radijsko oddajo.

Povezava do podkasta:



<https://www.spreaker.com/episode/prof-roberto-pastres-beblue-acquaponica-e-sostenibilita--63461064>

Slika 5 8: Povezava do podkasta

Kar zadeva razširjanje tehnično-znanstvenih rezultatov:

- ✓ pilotni obrati so bili za javnost odprti ves čas trajanja projekta, in sicer prek vnaprej dogovorjenih ogledov ter celodnevno ob dveh pomembnih srečanjih – dogodkih »Aquaponic Day«;
- ✓ delovanje pilotnih obratov je bilo predstavljeno v dveh virtualnih ogledih;
- ✓ glavni tehnični rezultati so bili predstavljeni na dveh spletnih seminarjih, v italijanskem in slovenskem jeziku;
- ✓ uporaba spletnih vmesnikov DiGiPonic dostopnih na www.ita-slo.eu/beblue, opisanih v poglavjih 3 in 4, je bila predstavljena na dveh spletnih usposabljanjih, prav tako v italijanskem in slovenskem jeziku.

Nazadnje so bili vsi rezultati predstavljeni s strani partnerjev na zaključnem dogodku 2. julija 2025 v veliki predavalnici Univerze Ca' Foscari v Benetkah. Predstavitvam je sledila okrogla miza, na kateri so različni akterji, ki bi lahko imeli ključno vlogo pri oblikovanju tržne verige, namenjene akvaponiki, razpravljali o možnostih njenega razvoja v programskem območju. To je pomenilo jasn korak naprej v primerjavi z začetkom projekta leta 2023, omogočen s kapitalizacijo rezultatov projekta Bluegrass.



Slika 5 9: Fotografija zaključnega dogodka v Ca' Dolfin, Univerza Ca' Foscari Benetke.

6. PRIHODNOST AKVAPONIKE V PROGRAMSKEM OBMOČJU

Rezultati, povzeti v tej knjižici, so podrobno predstavljeni v poročilih oziroma »deliverables«, pripravljenih v dveh letih trajanja projekta BeBlue. Ti bodo po zaključku projekta dostopni na njegovi spletni strani. Izvedene aktivnosti so nam omogočile, po eni strani, poglobitev nekaterih tehničnih vidikov akvaponske pridelave, po drugi strani pa zbiranje idej in prispevkov za prihodnji razvoj od vseh, ki so sodelovali v mrežnih dejavnostih.

Tehnično-gospodarski vidiki pridelave

- ✓ Dokazana je bila tehnična izvedljivost in okoljska ter gospodarska trajnost dveh tipov akvaponske pridelave, ki sta za programsko območje izjemnega pomena:
- morska akvaponika, ki bi se lahko izvajala vzdolž obalnega pasu, zlasti na obrobni območjih, ki so trenutno premalo izkoriščena za prehransko proizvodnjo;
- akvaponska pridelava postrvi, ki bi lahko pomenila zanimivo diverzifikacijo v sektorju gojenja postrvi, močno prisotnem v programskem območju, a ogroženem zaradi pomanjkanja vode, ki ga povzročajo podnebne spremembe.

Tehnično-gospodarski vidiki pridelave

- ✓ Zabeležen je bil porast poznavanja akvaponskega sistema med potrošniki – nujna predpostavka za razumevanje njegove dodane vrednosti v smislu trajnosti proizvodov.
- ✓ Potrjeno je bilo zanimanje organizirane trgovske verige (GDO) za lokalne in trajne proizvode, sprva tudi nišne, kot so tisti iz akvaponske proizvodne verige.
- ✓ Poleg tega distribucijskega kanala se je pokazalo zanimanje potrošnikov za neposredno prodajo, tudi prek e-trgovine.
- ✓ Mrežne aktivnosti so razkrile velik interes podjetnikov in raziskovalcev za razvoj inovacij, ki bi akvaponiko naredile učinkovitejšo.

Vidiki investicijske sposobnosti in pripravljenosti

- ✓ Na italijanskem ozemlju se je pokazala pripravljenost nekaterih podjetij, da nadaljujejo s preizkušanjem morske akvaponike in jo prilagodijo specifičnim značilnostim proizvodnih območij ob beneških in furlanskih lagunah ter ribogojnih dolinah.
- ✓ Na celotnem območju so nekatera ribogojstva postrvi pokazala zanimanje za vlaganja v hidroponske rastlinjake, ki bi jih povezali s svojimi obrati – tako za zmanjšanje okoljskega vpliva kot tudi za povečanje prihodkov z vzporedno pridelavo zelenjave.

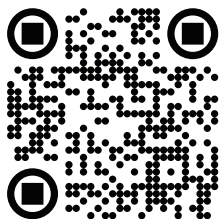
Zato se zdi, da je projekt BeBlue dosegel svoj glavni cilj: dokazati, da je mogoče akvaponiko v programskem območju uspešno razviti ter ustvariti podjetja, ki se lahko uveljavijo v zahtevnem agroživilskem sektorju.

Menimo pa, da je za dosego tega cilja še naprej ključna dejavnost raziskav in razvoja, usmerjena predvsem v:

- ✓ natančnejšo opredelitev produktivnosti osočnika (slanuša) in drugih halofitnih rastlin s potencialnim tržnim zanimanjem, da bi pripravili standardizirane proizvodne protokole tudi za mikro zelenje.
- ✓ izboljšanje energetske učinkovitosti obratov, kar je izjemno pomembno tako za gospodarsko kot tudi okoljsko trajnost, zlasti pri akvaponski pridelavi postrvi;
- ✓ nadaljnji razvoj digitalizacije obratov z uvajanjem neinvazivnih metod spremljanja rasti rib in rastlin, temelječih na obdelavi slik; taki podatki bi lahko bistveno izboljšali napovedne sposobnosti digitalnega dvojčka z uporabo algoritmov za asimilacijo podatkov;
- ✓ utrditev skupine, ki je v času projekta rasla v organiziranosti in strokovnosti ter povezuje različne deležnike na območju. Lahko rečemo, da je čas zgolj primerjav in izmenjav končan – zdaj je treba oblikovati **kohezivno mrežo**, pripravljeno spodbujati aplikativne raziskave za oblikovanje celotne akvaponske proizvodne verige.

Ta publikacija je na voljo tudi na **spletni strani**
projekta BeBlue: www.ita-slo.eu/en/beblue.

Projekt BeBlue sofinancira Evropska unija v okviru
Programa Interreg VI-A Italija-Slovenija.



www.ita-slo.eu/BeBlue

 **Università
Ca' Foscari
Venezia**

 **BF**
UNIVERZA
V LJUBLJANI
Biotehniška
fakulteta

 **AGRARIA**
KOPECE
Najboljše iz istrs

Shoreline
S

 **AMBITO REGIONALE EUROPEO**

 **legacoop**

 **I**
U
A
V
**Università Iuav
di Venezia**

Interreg
Italia-Slovenija
BeBlue

 **Co-finanziato
dall'Unione europea
Sviluppata
dalla Commissione
Europea unija**



BEBLUE BEYOND **BLUEGRASS:**

Rafforzare l'agroalimentare sostenibile mediante l'acquaponica

Interreg
Italia-Slovenija

BeBlue



Cofinanziato
dall'Unione europea
Sofinancia
Evropska unija

BeBlue Beyond Bluegrass:

Rafforzare l'agroalimentare sostenibile
mediante l'acquaponica

www.ita-slo.eu/beblue

INTERREG VI-A ITALIA SLOVENIJA 2021-2027

Bando di Capitalizzazione N. 01/2022R

Project code: ITA-SI0100069 BeBlue

Project duration: 1. 9. 2023 – 31. 8. 2025

Il progetto BeBlue è co-finanziato dall'Unione europea
nell'ambito del Programma Interreg VI-A Italia-Slovenia.

Partner di progetto:



Università
Ca' Foscari
Venezia



INDICE

	SOMMARIO	7
1	IL PROGETTO BEBLUE	9
2	GLI IMPIANTI PILOTA E I PRODOTTI INNOVATIVI	11
3	IL GEMELLO DIGITALE DI UN IMPIANTO ACQUAPONICO	15
3.1	Il modello concettuale di un impianto acquaponico	15
3.2	Le azioni di controllo	18
3.3	Risultati	19
3.3.1	Aquaponica marina	19
3.3.2	Troticoltura acquaponica	20
3.4	L'interfaccia DigiPonic	22
4	I PRODOTTI DA ACQUAPONICA SONO SOSTENIBILI?	25
4.1	Valutazione della sostenibilità dei prodotti acquaponici	25
4.1.1	Coinvolgimento di aziende ed investitori	28
5	FARE RETE PER CRESCERE	30
5.1	Le fasi del processo partecipativo	32
5.1.1	"Produttori": aspetti tecnologici	33
5.1.2	"Consumatori": distribuzione e consumo	33
5.1.3	Smart city "agro-urban": l'acquaponica in ambiente urbano	34
5.2	Comunicazione e divulgazione	36
6	IL FUTURO DELL'ACQUAPONICA NELL'AREA DI PROGRAMMA	39



INDICE DELLE FIGURE

Figura 0 1:	Foto di gruppo dei partecipanti presso l'impianto pilota italiano e sloveno	8
Figura 1 1:	Mappa dell'area di programma con indicati i partners	10
Figura 2 1:	Gli impianti pilota di BeBlue: acquaponica marina, Università Ca' Foscari di Venezia; troticoltura acquaponica, Università di Ljubljana	12
Figura 2 2:	Schermata dell'interfaccia utente per il controllo di qualità dei dati	13
Figura 2 3:	Pigmenti estratti di <i>Isochrysis galbana</i> (A), Pigmenti estratti di <i>Selenastrum capricornutum</i> (B)	14
Figura 3 1:	Schematizzazione di un sistema acquaponico accoppiato, nel riquadro, e dei principali flussi di materia da e verso l'esterno	16
Figura 3 2:	Curve di crescita dell'orata e della salicornia	20
Figura 3 3:	Curve di crescita della trota iridea e della lattuga, varietà Salanova	21
Figura 3 4:	Schermata iniziale di DigiPonic	22
Figura 3 5:	Schermata iniziale della funzionalità "Progettazione"	23
Figura 3 6:	Schermata iniziale della funzionalità "Gestione"	23
Figura 3 7:	Proiezione settimanale della crescita di trote, peso medio, e lattuga, peso medio della pianta	24
Figura 4 1:	Esempio di quantificazione dei costi economici di capitale, operativi e dei costi ambientali	26
Figura 4 2:	Foto dal meeting di Portogruaro	28
Figura 4 3:	Gli esperti di KGZS - ZAVOD KRANJ - Zavod Kranj incontrano un produttore agricolo interessato all'agricoltura fuori suolo e all'acquaponica	29
Figura 5 1:	Articolazione delle attività di partecipazione condotte nel progetto BeBlue.	30
Figura 5 2:	Composizione percentuale dei diversi gruppi di attori coinvolti nei network di Bluegrass (sinistra) e BeBlue (destra)	31
Figura 5 3:	Foto Working Group a Trieste e Forum Plenario Trieste	32
Figura 5 4:	Foto fiera di Komenda 2025, fiera Aquafarm 2025 e forum plenari ad Škofije (Kp)	33
Figura 5 5:	Foto dal Evento IUAV	34
Figura 5 6:	eventi lancio (in senso orario presso l'Università di Ljubljana, alle fiere Aquafarm e NovelFarm e presso il Campus Scientifico dell'Univ. Ca' Foscari di Venezia	36
Figura 5 7:	Foto aquaponic day, a Ljubljana e a Venezia-Mestre	37
Figura 5 8:	Link ad articoli su giornali e podcast	37
Figura 5 9:	Foto dell'evento finale in Ca' Dolfin, Università Ca' Foscari Venezia	38

INDICI DELLE TABELLE

Tabela 2 1:	Variabili "biotiche" monitorate nei due impianti pilota	13
Tabela 2 2:	Variabili abiotiche monitorate nei due impianti pilota	14
Tabela 3 1:	Principali processi associati ai flussi da e verso la soluzione acquosa schematizzati in Fig. 3.1	17
Tabela 3 2:	Variabili di stato biotiche e abiotiche	17
Tabela 4 1:	Principali risultati dell'analisi di sostenibilità economica e ambientale	27
Tabela 5 2:	Risultati della SWOT analysis presentata da Shoreline al Forum di Trieste	35

HANNO CONTRIBUITO ALLA REDAZIONE DEL PRESENTE VOLUME:

l'Università Ca' Foscari di Venezia: Roberto Pastres, Joseph Safi, Matteo Bolzonella, Francesco Cavararo, Caterina Garbin

Shoreline: Marco Francese, Matteo Maglito, Gabriele Bordin, Katja Antolović.

LegaCoop: Antonio Gottardo, Daniela Novelli.

Università di Lubiana, Facoltà di Biotecnica: Andrej Udovč, Ana Slatnar Janja Rudolf, Vid Žitko, Anton Perpar

KZ Agraria Koper: Patricija Pirnat, Tine Matoš, Tanja Verhovnik

KGZS – Zavod Kranj: Mitja Kadoič, Miha Štular, Tatjana Grilc.



SOMMARIO

Questo opuscolo riassume i principali risultati ottenuti in due anni di intensa attività, in cui sono stati conseguiti gli obiettivi del progetto di cooperazione transfrontaliera Italia-Slovenia “BeBlue - Beyond Bluegrass”. Il progetto ha contribuito al raggiungimento dell’obiettivo specifico SO2.6: “Promuovere la transizione verso un’economia circolare ed efficiente sotto il profilo delle risorse”, facilitando la diffusione dell’acquaponica. Questa tecnologia circolare e sostenibile consente la co-produzione di pesce e specie vegetali in sistemi a ricircolo. BeBlue ha capitalizzato i risultati conseguiti dal progetto di cooperazione transfrontaliera BLUEGRASS, (<https://2014-2020.ita-slo.eu/bluegrass>), che introdusse l’acquaponica nell’area di programma.

A tal fine, BeBlue ha:

1. **Sviluppato un prototipo di “Digital Twin”**, per facilitare e ottimizzare la gestione degli impianti acquaponici, mediante la loro digitalizzazione: il prototipo è fruibile gratuitamente attraverso la piattaforma “DiGiPonic”.
2. **Dimostrato il potenziale utilizzo di sistemi acquaponici** per ottenere prodotti innovativi ad alto valore aggiunto quali: 1) salicornia; 2) macroalghe e 3) micro-ortaggi.
3. **Messo a punto e reso disponibile gratuitamente attraverso un’interfaccia accessibile via web** uno strumento per la valutazione della sostenibilità ambientale ed economica dei prodotti acquaponici messi alla prova in BeBlue: l’interfaccia fornisce l’impronta carbonica, l’impronta idrica, l’impronta ambientale di prodotto (Product Environmental Footprint), il tempo di ritorno dell’investimento.
4. **Aumentato la conoscenza e visibilità dell’acquaponica** tra gli operatori del settore (alias “produttori”), nel mondo del commercio (alias “consumatori”) e infine tra i potenziali investitori, mediante una intensa attività di comunicazione (87 post, 33 news, 27 videos), e di networking, che ha visto un aumento delle iscrizioni dei portatori di interesse da 288 a 456, tra i quali si sono dimostrati attivi, rispettivamente, 123 alla fine di Bluegrass e 196 ora alla fine di BeBlue.

Gli strumenti messi a punto da BeBlue sono stati utilizzati in una fitta serie di incontri con gli operatori del settore e potenziali investitori.

Questi risultati sono stati raggiunti grazie all'attiva partecipazione dei sei partner di progetto e del partner associato. Quattro partners, l'Università Ca' Foscari di Venezia, L'Università di Ljubljana, la cooperativa Shoreline e la cooperativa Agraria e il partner associato, IUAV, hanno proseguito con successo la collaborazione iniziata in Bluegrass. Cruciale è stato il ruolo dei due partners che si sono uniti come "taker", LegaCoop e KGZS – Zavod Kranj: essi hanno colto la sfida del progetto e contribuito in maniera decisiva a coinvolgere operatori e aziende nelle attività progettuali.



Figura 0 1: Foto di gruppo dei partecipanti presso l'impianto pilota italiano e sloveno

"produttori" – intesi come agricoltori, itticoltori, fornitori alle imprese di beni e servizi, consulenti per le imprese, ricercatori nel campo della produzione primaria, associazioni di categoria, istituzioni di controllo e di gestione finanziamenti pubblici.

"consumatori" – intesi come associazioni di consumatori, esperti di commercializzazione, uffici marketing della GDO, aziende per la distribuzione e vendita, organizzazioni per la promozione del settore agroalimentare

1. IL PROGETTO BEBLUE

Il progetto BeBlue nasce per aumentare la resilienza del sistema agroalimentare nell'area di programma rispetto sia alla repentina variazione delle condizioni climatiche, sia alla situazione di instabilità finanziaria originata dal conflitto armato attualmente in atto alle porte dell'Europa e, più recentemente, dal cambio della politica economica statunitense. In questo contesto, diviene molto rilevante lo sviluppo di sistemi di produzione circolari, a basso impatto ambientale, meno dipendenti dalle importazioni, efficienti dal punto di vista energetico e distribuiti nel territorio. In questo ambito, il progetto BeBlue - Beyond Bluegrass ha valorizzato i risultati ottenuti nel progetto BLUEGRASS, mediante il quale è stata promossa nel territorio di programma l'acquaponica. Questa tecnologia di produzione alimentare sostenibile ed innovativa è basata sui principi dell'economia circolare. L'acquaponica coniuga agricoltura fuori suolo e allevamento di pesce in un unico sistema a ricircolo, in grado di utilizzare al meglio le risorse naturali necessarie a produrre il mangime per i pesci, minimizzando nel contempo il consumo di risorse idriche e il rilascio di sostanze potenzialmente eutrofizzante nei corpi idrici superficiali.

BeBlue ha contribuito a diffondere l'acquaponica nell'area di programma, rappresentata in Fig. 1.1, agendo in maniera coordinata in tre ambiti.

1. **Tecnologico:** BeBlue ha dimostrato la fattibilità dell'acquaponica marina e della trotticoltura acquaponica, sviluppando un prototipo di "Gemello Digitale" o "Digital Twin" di un impianto acquaponico, validato utilizzando i dati rilevati nei due impianti pilota messi a punto nel progetto Bluegrass;

2. **Valutativo:** BeBlue ha sviluppato un modello integrato per la valutazione della sostenibilità ambientale ed economica dei prodotti acquaponici;

3. **Partecipativo:** BeBlue ha notevolmente ampliato la rete di attori potenzialmente coinvolti nella produzione, distribuzione e consumo di prodotti acquaponici ereditata dal progetto Bluegrass, introducendo un gruppo di lavoro specifico riguardante la produzione di cibo in ambiente urbano e coinvolgendo numerosi imprenditori a tal punto da spingerli a investire e diversificare la loro produzione.

Le attività di BeBlue sono state attentamente pianificate per convergere verso un obiettivo comune: **dimostrare che sia possibile sviluppare una filiera per i prodotti acquaponici, sostenibile dal punto di vista economico ed ambientale.**



Figura 1 1: Mappa dell'area di programma con indicati i partners

La collaborazione transfrontaliera si è rivelata un elemento qualificante ed essenziale del progetto: solo grazie ad essa è stato possibile raggiungere gli obiettivi previsti, grazie alla forte integrazione tra le competenze dei sei partner e del partner associato (vedi Fig. 1.1):

- ✓ **competenze tecnico-scientifiche**, fornite dall'Università Ca' Foscari di Venezia (Lead Partner), dall'Università di Ljubljana e dal partner associato IUAV;
- ✓ **competenze in processi partecipativi e comunicazione**, messe a disposizione da Shoreline ed AGRARIA
- ✓ **presenza sul territorio**, assicurata da LegaCoop, per quanto riguarda il territorio italiano, e da KGZS – Zavod Kranj, per quanto riguarda quello sloveno.

4. Nei capitoli successivi, passeremo in rassegna i principali risultati ottenuti. In particolare, nel **Cap. 2** vedremo come il Gemello Digitale sia stato concettualizzato e quali risultati abbia fornito. Il **Cap. 3** è dedicato all'analisi della sostenibilità ambientale ed economica ed allo strumento per la sua valutazione sviluppato in BeBlue. Nel **Cap. 4** vengono riportati i principali risultati dell'attività di rete, con particolare enfasi al coinvolgimento delle aziende interessate a valorizzare i risultati di BeBlue attraverso ulteriori progetti ed investimenti. I principali numeri della comunicazione di BeBlue e dei prodotti di divulgazione fruibili via web sono sintetizzati nel **Cap.5**. Conclusioni e prospettive dell'acquaponica nel territorio di programma sono indicate nel **Cap. 6**.

2. GLI IMPIANTI PILOTA E I PRODOTTI INNOVATIVI

L'adattamento ai cambiamenti climatici richiede una particolare attenzione all'utilizzo delle risorse idriche che ci si attende diventino sempre più scarse anche in un'area tradizionalmente ricca d'acqua come quella del programma di cooperazione Italia-Slovenia. La coltivazione fuori suolo, a questo riguardo, rappresenta un'opzione che sta divenendo sempre più importante rispetto alle colture tradizionali: i prodotti idroponici consentono infatti un notevole risparmio d'acqua. La scarsità d'acqua sta ormai rappresentando un problema anche per la piscicoltura in acque dolci, e in particolare la trotticoltura: il progetto di cooperazione Italia-Slovenia "Circular Rainbow" sta affrontando questo tema, ipotizzando la conversione degli attuali sistemi produttivi a flusso continuo in sistemi a ricircolo totale o parziale.

In questo quadro, nel progetto BeBlue sono state sperimentate due produzioni integrate innovative:

1. **Acquaponica marina:** produzione di orata, piante alofite, in particolare salicornia, e macroalghe.
2. **Trotticoltura acquaponica:** produzione di trota iridea, lattuga e micro-ortaggi.

La prima innovazione è stata messa alla prova nell'impianto pilota gestito dall'Università Ca' Foscari di Venezia, la seconda nell'impianto gestito dall'Università di Ljubljana, rappresentati, rispettivamente, in "Fig. 2.1a, 2.1b, 2.1c, 2.1d.





Figura 2 1: Gli impianti pilota di BeBlue: a) acquaponica marina, Università Ca' Foscari di Venezia; b) troticoltura acquaponica, Università di Ljubljana

Gli impianti, originariamente allestiti nell'ambito del progetto Bluegrass, sono stati digitalizzati, muniti di sensori automatici per il monitoraggio di alcune importanti variabili di qualità dell'acqua:

- **ossigeno disciolto;**
- **temperatura;**
- **pH.**

Nel sistema di acquaponica marina è stato aggiunto il monitoraggio della salinità.

Queste variabili devono rimanere all'interno di intervalli prestabiliti per assicurare il benessere degli organismi che convivono in un sistema acquaponico. I sensori ne consentono il rilevamento alla frequenza temporale desiderata: i dati vengono successivamente inviati alla piattaforma accessibile da remoto **BQC – BeBlue Quality Control** che consente all'operatore di controllare la qualità dei dati. Come evidenziato in Fig 2.2, l'interfaccia utente segnala, in rosso, la presenza di dati potenzialmente anomali che possono essere rimossi dall'operatore e sostituiti con una loro stima, ottenuta mediante appropriate metodologie statistiche. Si ha così il pieno controllo, in tempo reale, di ciò che sta accadendo nel sistema.

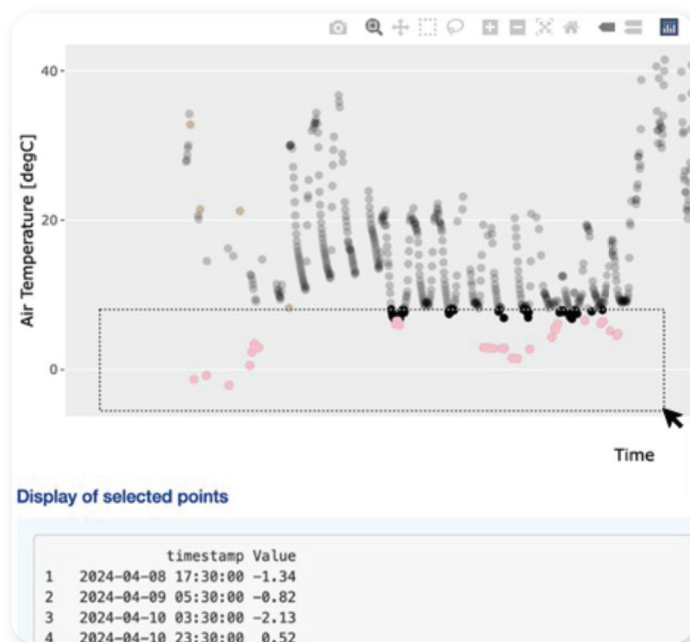


Figura 2 2: Schermata dell'interfaccia utente per il controllo di qualità dei dati.

Il piano di monitoraggio messo in opera in BeBlue ha previsto la misura sistematica di altre variabili di qualità dell'acqua, e la stima degli accrescimenti delle specie coltivate e allevate. Esso è riassunto in Tab. 2.1 e descritto in dettaglio nel Deliverable 1.1.2 del progetto.

Tabella 2 1: Variabili "biotiche" monitorate nei due impianti pilota

Variabili biotiche	Frequenza più elevata	UNIVE	UNILJU
Peso individuale del pesce [g]	1/mese	X	X
Peso individuale Salicornia	1/settimana	X	X
Peso individuale Salanova	1/mese	X	X
Densità di biomassa alghe	1/settimana	X	

Tabella 2 2: Variabili abiotiche monitorate nei due impianti pilota.

Variabili abiotiche - RAS	Frequenza	UNIVE	UNILJU
Concentrazione di TAN [mgN/L]	1/settimana	X	X
Concentrazione di NO ₃ [mgN/L]	1/settimana	X	X
Concentrazione di NO ₃ [mgN/L]	1/settimana	X	X
Concentrazione di Carbonati [mgCO ₃ ²⁻ /L]	1/settimana	X	X
Concentrazione di PO ₄ ³⁻ [mgP/L]	1/settimana	X	X
Umidità relativa [%]	1/15 minuti	X	X
Temperatura dell'aria [°C]	1/15 minuti	X	X
PAR [μmol/m ² s]	1/15 minuti	X	X

Per prevenire eventuali problemi al benessere del pesce, sono stati condotti monitoraggi complementari mediante organismi bioindicatori specifici: riccio *Paracentrotus lividus* e microalga *Isochrysis galbana* per il sistema di acquaponica marina dell'Università di Ca' Foscari Venezia, e alga *Selenastrum capricornutum* per il sistema di trofocultura acquaponica dell'Università di Ljubljana. Gli organismi sono stati scelti per l'elevata sensibilità ai nutrienti, la semplicità dei protocolli e la disponibilità commerciale. I test seguono protocolli standardizzati: metodo ISPPRA per il saggio di spermiotossicità del riccio di mare, metodo APAT-IRSA/CNR per la quantificazione dei pigmenti delle alghe unicellulari. L'approccio biologico integra le analisi chimiche fornendo una valutazione cumulativa dell'effetto delle condizioni dell'impianto.

L'osservazione visiva del colore delle alghe può fornire indicazioni preliminari immediate sulla salute dell'impianto (Fig. 2.3). Il sistema può essere implementato direttamente negli impianti senza modifiche strutturali complesse. L'investimento iniziale è contenuto (fotobioreattore e spettrofotometro portatile) con costi di gestione limitati. Le alghe sono accessibili anche a personale non specializzato, mentre il test con riccio richiede competenze di laboratorio pur rimanendo rapido ed efficace.

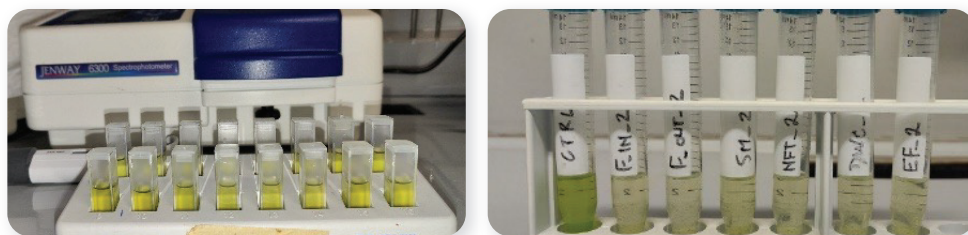


Figura 2 3: - Pigmenti estratti di *Isochrysis galbana* (A), Pigmenti estratti di *Selenastrum capricornutum* (B)

3. IL GEMELLO DIGITALE DI UN IMPIANTO ACQUAPONICO

I sistemi acquaponici presentano una complessità maggiore rispetto sia ai sistemi di allevamento di pesce a ricircolo o RAS (Recirculation Aquaculture Systems), sia ai sistemi idroponici di coltivazione fuori suolo. La loro gestione deve infatti assicurare condizioni ottimali per il benessere e l'accrescimento di pesce e vegetali, nonché mantenere la temperatura dell'acqua entro limiti che consentano alla comunità batterica di convertire efficientemente l'azoto ammoniacale in nitrato.

Ciò richiede sia conoscenze di agronomia, sia di acquacoltura, tanto più essenziali quanto maggiore è la scala produttiva e, quindi, il rischio di perdita di prodotto a causa di azioni gestionali non appropriate o non tempestive. In fase di progettazione, inoltre, è importante dimensionare correttamente le componenti del sistema e, in particolare la biomassa e densità di allevamento in relazione alla superficie allocata per la coltivazione delle specie vegetali. Attualmente, non sono disponibili strumenti, accessibili gratuitamente, che facilitino la progettazione e la gestione di sistemi acquaponici, tenendo conto della evoluzione temporale delle biomasse che si intende co-produrre.

Per questa ragione, una delle attività principali del progetto BeBlue è costituita dallo sviluppo e applicazione di un "gemello digitale" o "Digital Twin" di un impianto acquaponico, in seguito DT. Un DT può essere definito **una rappresentazione digitale del sistema che fornisce indicazioni riguardo all'evoluzione del suo stato combinando:**

1. **conoscenze a priori riguardo i processi che vi avvengono, mediante modelli matematici;**
2. **l'informazione man mano acquisita attraverso la rilevazione di dati sperimentali.**

3.1 Il modello concettuale di un impianto acquaponico

I sistemi acquaponici includono **organismi appartenenti a tre distinti livelli trofici:**

- **consumatori:** il pesce;
- **produttori primari:** piante o alghe;
- **decompositori:** batteri.

Il DT sviluppato in BeBlue simula l'evoluzione di un **sistema acquaponico accoppiato**: in questo caso tutto il flusso idrico uscente dal comparto in cui è allevato il pesce, denominato RAS, viene convogliato nella serra idroponica, o GreenHouse (GH). Il corretto dimensionamento del sistema è cruciale per ottimizzarne il funzionamento, in quanto tutto l'azoto escreto dal pesce nell'arco di un ciclo produttivo dovrebbe essere assimilato dalla componente vegetale. Tale sistema comprende cinque componenti essenziali, schematizzate in Fig. 3.1:

1. Le vasche per l'allevamento del pesce (FT);
2. La serra per la coltivazione fuori suolo di vegetali (GH);
3. Il biofiltro, in cui le comunità batteriche convertono l'azoto ammoniacale in nitrico (BF);
4. L'unità in cui vengono rimossi i solidi sospesi, ad es. filtro a sabbia, filtro a tamburo, sedimentatore (MF);
5. La vasca di raccolta e distribuzione o sump (SU).

Qualora il sistema sia disaccoppiato e le biomasse di pesce siano elevate, deve includere un componente in cui avvenga la rimozione di anidride carbonica ed uno in cui il nitrato venga ridotto ad azoto molecolare, attraverso il processo di denitrificazione.

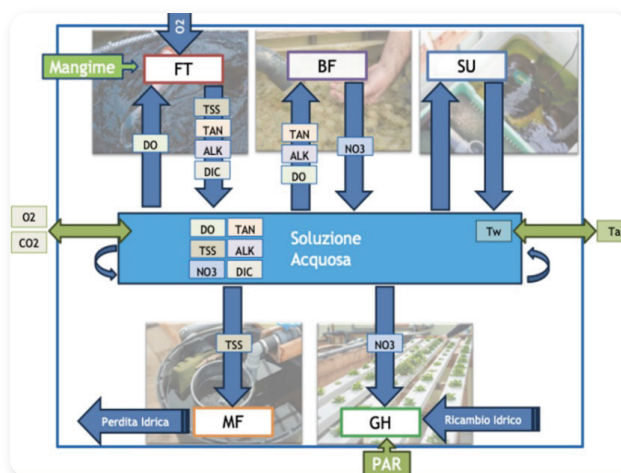


Figura 3 1: Schematizzazione di un sistema acquaponico accoppiato, nel riquadro, e dei principali flussi di materia da e verso l'esterno.

La Fig. 3.1 evidenzia il ruolo centrale della soluzione acquosa che connette i componenti e riceve i metaboliti prodotti dagli organismi: i principali processi sono descritti sinteticamente in Tab. 3.1. Essi modificano la concentrazione delle sei variabili abiotiche presentate in Tab. 3.2 e indicate in Fig. 3.1.

Tabella 3 1: Principali processi associati ai flussi da e verso la soluzione acquosa schematizzati in Fig. 3.1.

Processo	Flusso di materia
Pesce: respirazione	- Ossigeno dalla soluzione al pesce - Anidride carbonica dal pesce alla soluzione
Pesce: metabolizzazione delle proteine	- Azoto ammoniacale e urea dal pesce alla soluzione
Batteri: nitrificazione	- Azoto ammoniacale e ossigeno dalla soluzione alla biomassa batterica - Nitrato dalla biomassa batterica alla soluzione
Alghe: respirazione	- Ossigeno dalla soluzione alle alghe - Anidride carbonica dalle alghe alla soluzione
Alghe: fotosintesi	- Anidride carbonica o ioni bicarbonato dalla soluzione alle alghe - Ossigeno dalle alghe alla soluzione
Piante: respirazione delle radici	- Ossigeno dalla soluzione alle radici - Anidride carbonica dalle radici alla soluzione
Piante: assimilazione di azoto	- DIN, principalmente nitrato, dalla soluzione alle radici

L'analisi della letteratura ha consentito di individuare sei variabili "abiotiche" in grado di descrivere l'evoluzione della composizione della soluzione: esse sono presentate in Tab. 3.2, assieme alle variabili "biotiche" utilizzate per simulare l'accrescimento del pesce e dei vegetali.

Variabili di stato biotiche
Peso vivo individuale medio del pesce [g]
Numero di pesci
Peso fresco individuale medio pianta [g]
Numero di piante
Densità biomassa algale [g/L]
Variabili di stato abiotiche
Concentrazione di azoto ammoniacale totale - TAN [mmol/L]
Concentrazione di nitrato - NO_3 [mmol/L]
Concentrazione di ossigeno disciolto - DO [mmol/L]
Concentrazione di Carbonio Inorganico Disciolto - DIC [mmol/L]
Alcalinità - ALK [mmol/L]
Concentrazione di solidi sospesi totali - TSS [g/L]

Tabella 3 2: Variabili di stato biotiche e abiotiche

Gli scambi di composti chimici tra organismi e soluzione ne **alterano la composizione chimica**, in particolare:

- le **escrezioni di ammoniaca dei pesci aumentano sia la concentrazione di azoto ammoniacale totale o TAN, Total Ammonia Nitrogen, sia l'alcalinità**, cioè la capacità della soluzione di tamponare aggiunte di acido;
- la **bio-conversione di TAN in nitrato**, diminuisce l'alcalinità;
- l'**anidride carbonica aumenta la concentrazione di Carbonio Inorganico Disciolto o DIC** (Dissolved Inorganic Carbon);
- **Alcalinità e DIC** influenzano in maniera determinante l'acidità della soluzione, quantificata dal **pH**.

3.2 Le azioni di controllo

Il rilascio dei metaboliti condurrebbe, in breve tempo, il sistema al collasso, in assenza le appropriate azioni di gestione /controllo elencate di seguito;

1. Disinfezione, mediante lampada a raggi ultravioletti;
2. Rimozione del materiale solido sospeso, mediante il filtro meccanico;
3. Ossigenazione dell'acqua, mediante insufflamento di aria od ossigeno;
4. Controllo della temperatura dell'acqua, mantenendola in un intervallo tale da assicurare una elevata attività dei batteri nitrificatori e da assicurare un alto tasso di accrescimento del pesce e delle specie vegetali;
5. Controllo dell'acidità della soluzione, mantenendo il pH a livelli accettabili per tutti gli organismi;
6. Controllo della razione alimentare.

Il DT deve quindi essere in grado di simulare:

1. La circolazione idrica;
2. L'accrescimento degli organismi;
3. Il rilascio dei metaboliti;
4. I processi chimico-fisici e biochimici che avvengono nella soluzione acquosa.
5. L'effetto delle azioni di controllo.

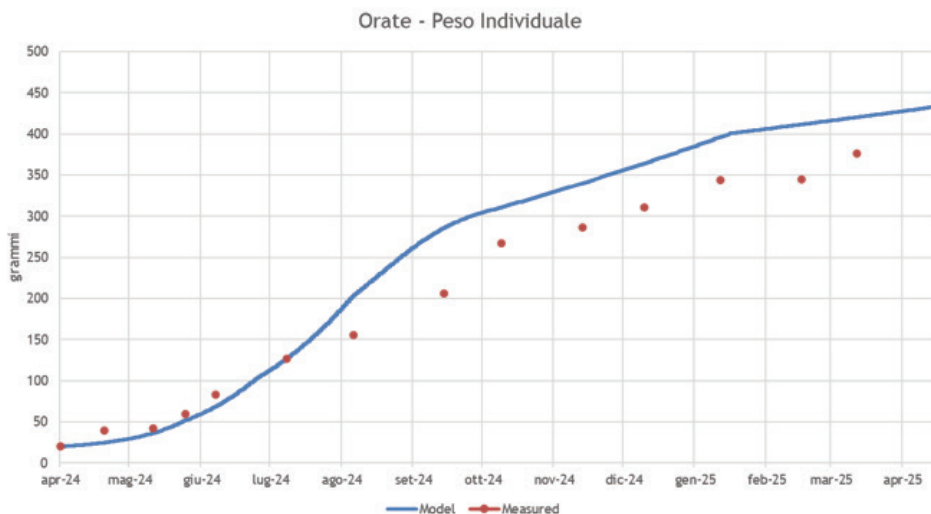
3.3 Risultati

La struttura del DT è descritta in dettaglio nel Deliverable di progetto 1.4.1. Vengono qui riassunti i risultati principali, ottenuti applicandolo ai due impianti pilota, gestiti dall'Univ. Ca' Foscari di Venezia e dall'Univ. di Ljubljana.

3.3.1 Aquaponica marina

L'aquaponica marina in sistemi a ricircolo è ancora al suo stadio iniziale di sviluppo: l'obiettivo delle attività condotte in BeBlue nell'impianto pilota gestito dall'Università Ca' Foscari di Venezia era quindi valutarne la fattibilità tecnica e **fornire dati quantitativi su cui basare una analisi di sostenibilità ambientale ed economica.**

Tali obiettivi possono dirsi pienamente raggiunti, come dimostrano i grafici rappresentati in Fig. 3.2, in cui vengono presentate le curve di crescita dell'orata (*Sparus aurata*) e della salicornia. La prima evidenzia un aumento del peso medio da 40 a 450 grammi in un anno: alcuni esemplari hanno anche superato i 600 grammi. Questi tassi di crescita sono in linea con quelli ottenuti in maricoltura. La produttività della salicornia in questo tipo di coltivazione è ancora oggetto di indagini scientifiche: i risultati rilevati durante la sperimentazione condotta nella primavera 2025 evidenziano una produttività media di circa 300 grammi nei primi due mesi e mezzo, con punte di 600 grammi. Si evidenzia inoltre la notevole differenza tra gli accrescimenti ottenuti illuminando artificialmente le piante con luci led, rispetto a quelli delle piante coltivate utilizzando luce naturale.



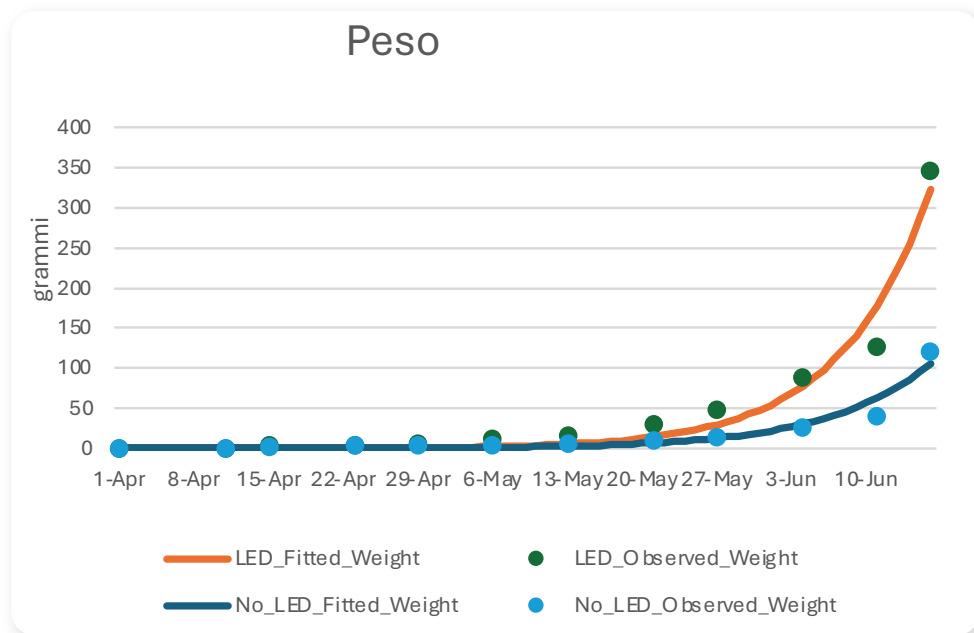


Figura 3.2: Curve di crescita dell'orata e della salicornia.

3.3.2 Troticoltura acquaponica

L'acquaponica tradizionale, in cui si utilizza acqua dolce, è molto versatile: si possono co-produrre diverse specie di pesce e di ortaggi. In BeBlue è stata selezionata la trota iridea in quanto l'allevamento di questa specie è molto diffuso nell'area di programma e vi è quindi la possibilità che alcuni allevatori considerino la riconversione dei loro attuali impianti di allevamento ittico in impianti acquaponici. Attualmente, la quasi totalità delle troticolture sono a flusso continuo: l'acqua viene prelevata dalla falda o da corsi d'acqua superficiali, attraversa l'impianto e viene restituita a corpi idrici superficiali. Dal punto di vista quantitativo, l'acqua non viene sottratta ma la qualità dell'acqua in uscita è inferiore a quella in ingresso. Questa modalità produttiva è però seriamente minacciata dai cambiamenti climatici: una possibile strategia di adattamento è la riconversione degli allevamenti in impianti a ricircolo, totale o parziale. In questo caso, accoppiarli ad una serra idroponica potrebbe essere economicamente vantaggioso. La fattibilità tecnica ed economica della riconversione è in corso di valutazione nell'ambito del progetto di cooperazione Italia-Slovenia "Circular Rainbow", <https://www.ita-slo.eu/it/circularrainbow>, in cui si stanno sviluppando prototipi di "Gemello Digitale" per questi tre sistemi di allevamento:

a) flusso continuo; **b)** ricircolo parziale; **c)** ricircolo (RAS).

Rispetto alla carpa, la specie più comunemente allevata in aquaponica, l'allevamento della trota richiede un maggior controllo delle variabili di qualità dell'acqua, in quanto essa richiede acque fresche e ben ossigenate.

I risultati ottenuti nell'impianto pilota gestito dall'Università di Ljubljana durante la primavera 2025 sono illustrati in Fig. 3.3. La lattuga, il prodotto quantitativamente più importante, ha mostrato accrescimenti medi in linea con la letteratura, tra i 150 e 160 grammi al mese, ben riprodotti dal DT.

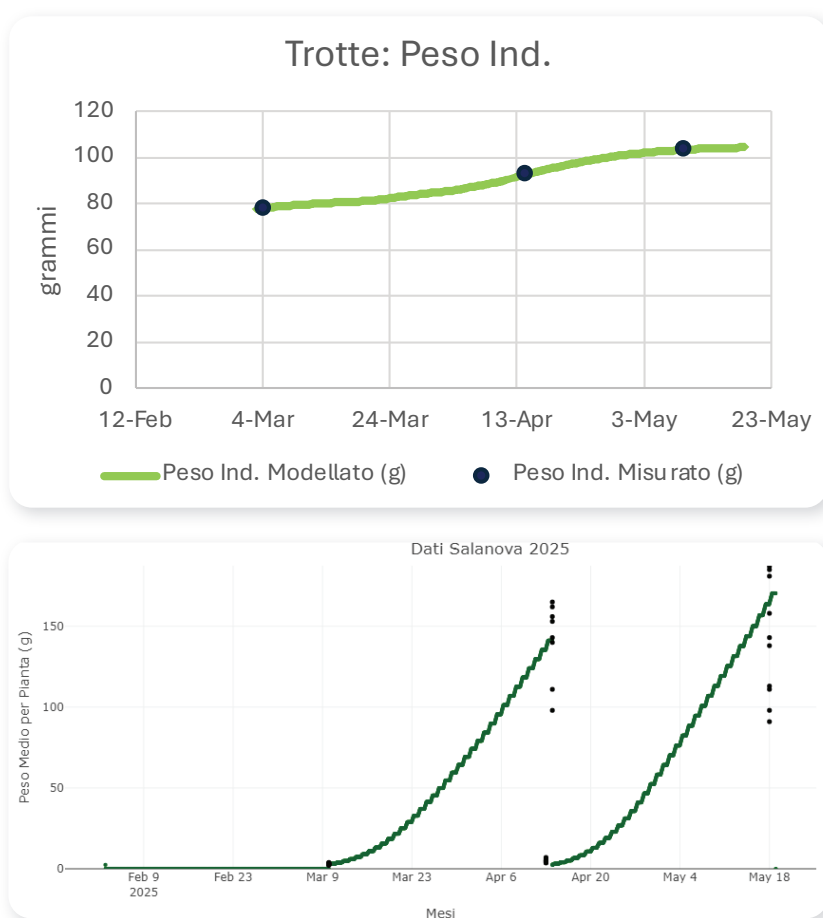
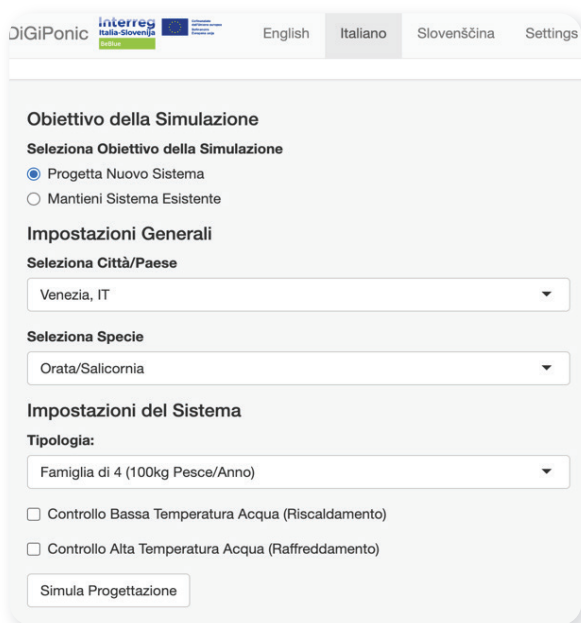


Figura 3 3: Curve di crescita della trota iridea e della lattuga, varietà Salanova.

3.4 L'interfaccia DiGiPonic

La piattaforma, "DiGiPonic", accessibile gratuitamente via web al link "<https://beblue.shinyapps.io/DiGiPonic/>", è dotata di un'interfaccia utente di semplice utilizzo, sviluppata in ambiente R utilizzando il pacchetto software Rshiny.

L'interfaccia utente include due funzionalità principali, come evidenziato in Fig. 3.1: la prima è stata progettata per fornire indicazioni utili a dimensionare correttamente un impianto acquaponico accoppiato, la seconda per facilitarne la gestione.



The screenshot displays the DiGiPonic web application interface. At the top, there is a header with the DiGiPonic logo, the Interreg Italia-Slovenia logo, and language selection buttons for English, Italiano (selected), and Slovenščina, along with a Settings button. The main content area is titled "Obiettivo della Simulazione" and includes a section "Seleziona Obiettivo della Simulazione" with two radio button options: "Progetta Nuovo Sistema" (selected) and "Mantieni Sistema Esistente". Below this is the "Impostazioni Generali" section, which includes "Seleziona Città/Paese" with a dropdown menu showing "Venezia, IT", and "Seleziona Specie" with a dropdown menu showing "Orata/Salicornia". The "Impostazioni del Sistema" section features a "Tipologia:" dropdown menu set to "Famiglia di 4 (100kg Pesce/Anno)" and two unchecked checkboxes: "Controllo Bassa Temperatura Acqua (Riscaldamento)" and "Controllo Alta Temperatura Acqua (Raffreddamento)". A "Simula Progettazione" button is located at the bottom of the settings section.

Figura 3 4: Schermata iniziale di DiGiPonic.

La funzionalità "Progettazione" fornisce indicazioni relative al dimensionamento del RAS in cui si alleva il pesce e della serra idroponica, in base ad alcuni dati forniti dall'utente quali: le specie da co-produrre, la produzione annuale desiderata di pesce, il regime termico prevalente, come visualizzato in Fig. 3.5.

Dati di temperatura aggiornati (dal server)

Respiro Ingressi Output Crescita biotica

Tabelle riassuntive

Sistema

Spettacolo 10 voci Ricerca:

Parametro	Valore
1 Posizione	Venezia, IT
2 Specie	Orata/Salcomia
3 Tipologia	Famiglia di 4 persone (100 kg di pesce/anno)

Visualizzazione di 1-3 di 3 voci

Precedente 1 Prossimo

RAS

Spettacolo 10 voci Ricerca:

Parametro	Valore	Unità
1 Volume totale del serbatoio	8	m3
2 Densità di stoccaggio	12.5	Pesci/m3
3 Numero stimato di giovani	178	Giovani
4 Feed totale richiesto	113	kg/anno
5 FCR	1.347	-
6 Acqua escreta	29.58	g(N)/kg(hamburger)

Visualizzazione da 1 a 6 di 6 voci

Precedente 1 Prossimo

Serra

Spettacolo 10 voci Ricerca:

Parametro	Valore	Unità
1 Densità di impianto iniziale	50	pianta/m2
2 Durata del ciclo [giorni]	60	Gorni
3 Cicli totali all'anno	5	cicli
4 Area totale stimata	16	metri quadri
5 Biomassa stimata della singola pianta alla fine del ciclo	300	gFW
6 Mortalità delle piante	5	%
7 Numero di piante raccolte a fine ciclo	760	pianta

Visualizzazione da 1 a 7 di 7 voci

Precedente 1 Prossimo

Figura 3 5: Schermata iniziale della funzionalità “Progettazione”.

La funzionalità **“Gestione”** permette invece di ottenere indicazioni concrete riguardo le azioni gestionali da programmare settimanalmente o su base mensile. La schermata iniziale è presentata in Fig. 3.6.

Dati di temperatura aggiornati (dal server)

Respiro Ingressi Output Crescita biotica Output Crescita dell'acqua

Tabelle riassuntive

Sistema

Spettacolo 10 voci Ricerca:

Parametro	Valore
1 Posizione	Venezia, IT
2 Specie	Orata/Salcomia

Visualizzazione di 1-2 di 2 voci

Precedente 1 Prossimo

RAS

Spettacolo 10 voci Ricerca:

Parametro	Valore	Unità
1 Volume totale del serbatoio	4	m3
2 Densità di stoccaggio	25	Pesci/m3
3 Pesci medio totale stimato del pesce	30	giovani/area
4 Feed totale richiesto	30.3	g(N)/kg(hamburger)
5 FCR	1.429	-
6 Acqua escreta	19.603	g(N)/kg(hamburger)

Visualizzazione da 1 a 6 di 6 voci

Precedente 1 Prossimo

Serra

Spettacolo 10 voci Ricerca:

Parametro	Valore	Unità
1 Densità di impianto iniziale	25	pianta/m2
2 Pesci medio totale della pianta	4.20	giovani/pianta
3 Area totale stimata	12	metri quadri
4 Numero di piante raccolte a fine ciclo	188	pianta

Visualizzazione di 1-4 di 4 voci

Precedente 1 Prossimo

Figura 3 6: Schermata iniziale della funzionalità “Gestione”.

La funzionalità “Progettazione” è basata su valori medi annuali di produttività delle specie co-prodotte. Essa fornisce indicazioni utili a dimensionare la serra, in relazione al volume produttivo del pesce, e a stimare la produzione annuale delle specie vegetali. La funzionalità “Gestione” invece utilizza il Gemello Digitale per fornire:

- stime della razione alimentare e dell'accrescimento del pesce e delle specie vegetali, in maniera da poter programmare l'acquisto di mangime e la fase di raccolta del prodotto;
- previsione dell'evoluzione temporale del pH e, in base ad essa, suggerimenti riguardo l'aggiunta di un composto chimico per mantenere l'acidità della soluzione entro l'intervallo di accettabilità per le specie co-prodotte;
- previsione della concentrazione di TAN e nitrato nella soluzione acquosa, suggerendo eventuali azioni di ricambio idrico per abbassarle, qualora esse siano in procinto di provocare stress al pesce.

I risultati sono restituiti prevalentemente in forma grafica: un esempio è mostrato in Fig. 3.7, che presenta la proiezione mensile della biomassa di trota e lattuga. L'utente, tuttavia, è in grado di estrarli in forma numerica, come file in formato .csv, facilmente importabili in Excel e leggibili da altri ambienti di programmazione, quali “R” e “Python”.

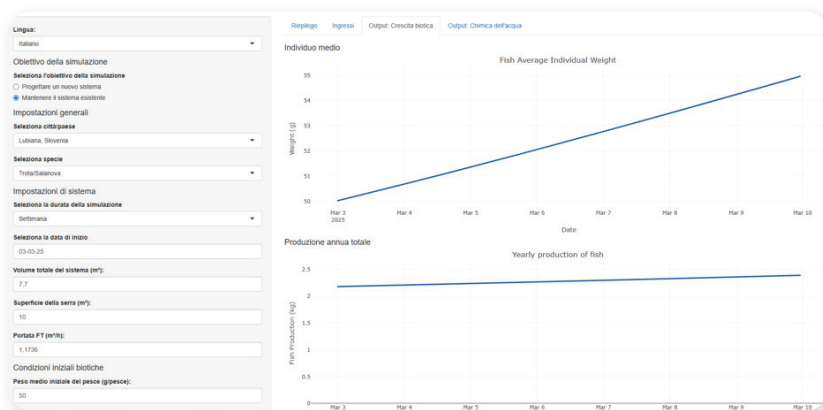


Figura 3 7: Proiezione settimanale della crescita di trote, peso medio, e lattuga, peso medio della pianta.

4 I PRODOTTI DA ACQUAPONICA SONO SOSTENIBILI?

La sostenibilità ambientale dei prodotti alimentari è un tema di grande rilievo, sia per la salute del nostro pianeta sia per la loro valorizzazione a livello commerciale. Risulta in crescita, infatti, la percentuale di consumatori che richiede prodotti di qualità elevata ed ambientalmente sostenibili. La sostenibilità ambientale, tuttavia, deve convivere con quella economica: produrre in maniera sostenibile comporta, in generale, costi più elevati e quindi il rischio per l'azienda di perdere competitività. Per questa ragione, nel progetto BeBlue sono state svolte un insieme di attività volte a:

1. Valutare la sostenibilità ambientale ed economica dei prodotti messi alla prova nel progetto;
2. Predisporre strumenti, accessibili via web, che facilitino il trasferimento dei risultati ottenuti a diverse scale produttive.

In tal modo, aziende interessate a riconvertire la propria attività produttiva o investitori nel settore agro-alimentare possono facilmente ottenere valutazioni preliminari, utili per giungere alla stesura di un business plan, dopo i necessari approfondimenti.

4.1 Valutazione della sostenibilità dei prodotti acquaponici

Le analisi di sostenibilità economica ed ambientale sono state condotte parallelamente, in quanto entrambe si basano sulla stima dei flussi di materia ed energia necessarie ad allestire il sistema produttivo e a farlo funzionare.

L'analisi economica considera due tipologie di costi:

- costi di capitale, necessari ad allestire il sistema produttivo, in seguito denominati CAPEX (CAPital EXpenditure);
- costi operativi, necessari a far funzionare l'impianto, in seguito denominati OPEX (OPerational EXpenditure), generalmente rapportati ad un anno.

Il profitto annuale lordo viene calcolato sottraendo gli OPEX dai ricavi annuali. Dividendo il costo di capitale per il profitto annuale netto, dopo la tassazione, si ottiene una stima del tempo di ritorno dell'investimento o PayBackTime, un indice interessante per gli investitori.

La sostenibilità ambientale è stata valutata utilizzando l'Analisi del Ciclo di Vita o LCA (Life Cycle Analysis), una metodologia ormai molto consolidata ed utilizzata da molte aziende per l'autovalutazione della sostenibilità dei loro processi produttivi. L'LCA traccia i flussi di materia ed energia che concorrono alla produzione di un bene o servizio, tenendo conto anche di quelli necessari a smaltire correttamente i rifiuti inerenti il processo produttivo. Invece che in denaro, i flussi vengono convertiti in indicatori di "danno ambientale": il più noto è l'impronta carbonica, che tiene conto delle emissioni complessive di gas serra. Questo indicatore è infatti espresso in massa di "CO2 equivalenti", ottenuti mediante coefficienti che rapportano l'effetto serra di altri gas, ad es. il metano, a quello dell'anidride carbonica. Vediamo un semplice esempio, rappresentato in fig. 4.1, riferito ad uno dei componenti essenziali di un sistema acquaponico, la vasca in cui vengono allevati i pesci. Una volta definito il volume e il materiale di cui è fatta la vasca è possibile stimare:

1. il costo economico;
2. il costo ambientale ad esempio i kg di CO2 equivalenti necessari per costruirla e farla arrivare all'azienda acquaponica.

Il primo dato è facilmente reperibile, il secondo si può ricavare da database accessibili attraverso i software che consentono di effettuare l'LCA di un bene o servizio. In questo progetto è stato utilizzato il software "SimaPro" e il data base "Ecoinvent".

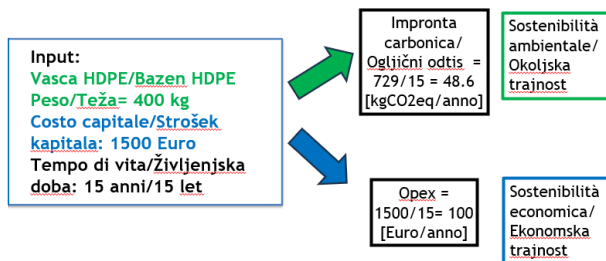


Figura 4 1: Esempio di quantificazione dei costi economici di capitale, operativi e dei costi ambientali.

L'esempio evidenzia che entrambe le analisi si basano sull'inventario dei componenti infrastrutturali del sistema produttivo e su una stima dei consumi annuali di ciò che è necessario per produrre il bene/servizio e per mantenere in efficienza i suoi componenti.

Nell'ultima fase delle analisi i costi economici ed ambientali totali sono stati divisi per la biomassa prodotta, per ricavare un indice comparabile ad altri sistemi in grado di produrre alimenti simili.

Nel progetto BeBlue, le stime sopraelencate sono state ricavate dalla definizione di un impianto virtuale, in grado di produrre un fatturato di un certo interesse per una piccola impresa acquaponica. Inoltre, considerato un secondo modello di business, costituito da una azienda per cui l'acquaponica non sia l'attività principale ed i prodotti vengano utilizzati internamente: il caso tipico potrebbe essere un agriturismo che utilizzi pesce e verdure per i propri clienti o un gruppo di famiglie che si consocino per gestire un piccolo impianto per autoconsumo.

Le analisi vengono condotte mediante un codice, sviluppato inizialmente in ambiente di programmazione "R" e successivamente tradotto in "Python". E' stata inoltre predisposta un'interfaccia, disponibile gratuitamente al link www.ita-slo.eu/beblue che consente l'utilizzo del codice.

I principali risultati vengono presentati in Tab. 4.1 per i due impianti di dimensioni maggiori, in grado di produrre, rispettivamente, 6 tonnellate di orate o di trote l'anno. In questo caso, viene stimata, rispettivamente, una produzione di circa 42 tonnellate di salicornia e 66 tonnellate di lattuga.

Tabella 4 1: Principali risultati dell'analisi di sostenibilità economica e ambientale.

	Acquaponica Marina	Troticoltura Acquaponica
CAPEX [Euro]	428.713	478.407
OPEX [Euro]	257.789	272.972
Ricavo [Euro]	380.760	561.896
Profitto lordo [Euro]	127.971	288.924
Profitto tassato [Euro]	89.580	202.247
PBT [anni]	4.8	2.4
Impronta carbonica [kgCO ₂ eq/kg]	2.4	1.6
Impronta idrica [m ³ /kg]	2.0	1.7
PEF [micropunti]	217	143

Questi risultati, sebbene basati su un impianto tipico virtuale, suggeriscono che entrambe le tipologie di acquaponica siano ambientalmente ed economicamente sostenibili. Come evidenzia il grafico riportato in Fig. 4.2, l'utilizzo di quantità elevate di energia elettrica è l'aspetto maggiormente critico: i costi economici ed ambientali si abbasserebbero notevolmente se le aziende avessero già installati impianti fotovoltaici in grado di fornire una percentuale rilevante dell'energia necessaria. Ad esempio, se questa percentuale giungesse al 40%, il costo energetico si abbasserebbe in proporzione e l'impronta carbonica diverrebbe 1.8 e 1.2 [kgCO₂eq/kg biomassa], rispettivamente per l'acquaponica marina e la trocicoltura acquaponica.

4.1.1 Coinvolgimento di aziende ed investitori

Le indicazioni fornite dai calcolatori di sostenibilità economica ed ambientale sono state presentate e discusse con un gruppo di aziende ed operatori particolarmente interessati a valorizzare i risultati del progetto BeBlue.

In territorio italiano, gli esperti del progetto BeBlue hanno incontrato le aziende a Portogruaro il 14 maggio 2025: erano presenti 14 imprese su 33 invitate, ovvero il 42%, a dimostrazione dell'efficacia del coinvolgimento degli stakeholder durante 1 anno e mezzo di progetto. Questo appuntamento è stato forse uno dei principali successi del processo, avendo unito le forze tra partner *giver* e *taker* in modo di stimolare concreto interesse. Durante l'incontro **è emerso un grande interesse per l'acquaponica marina**: in particolare, la produzione di salicornia ed alofite è stata vista come una possibile attività complementare all'agriturismo o più direttamente a fianco della molluschicoltura, in crisi in molte aree a causa dell'invasione del granchio blu e di altri effetti dei cambiamenti climatici. La sinergia tra la produzione del seme di vongola verace e quella di alofite è stata indicata come una interessante prospettiva di sviluppo e valorizzazione dei risultati di BeBlue.



Figura 4 2: Foto dal meeting di Portogruaro.

In territorio sloveno, sono stati svolti separatamente due incontri con aziende particolarmente interessate a valorizzare i risultati di BeBlue. Gli esperti di KGZS - ZAVOD KRANJSI sono recati presso i loro impianti e ne hanno discusso con i due imprenditori.

La prima azienda coltiva ortaggi sia in campo sia in serra e vende i prodotti a negozi vicini al luogo di produzione. L'imprenditore considera l'acquaponica un miglioramento della produzione fuori suolo di ortaggi, che potrebbe essere messa in opera modernizzando i suoi attuali impianti in serra. Ritiene inoltre che non sia problematico vendere prodotti acquaponici ai suoi clienti abituali.

La seconda azienda è una troticoltura, che produce sia uova di trota sia trota iridea in diversi siti. L'azienda ha diversificato i propri canali di vendita, includendo la vendita diretta ai consumatori. I suoi impianti sono a flusso continuo: le acque in uscita dalle vasche di allevamento del pesce, tuttavia, potrebbero essere convogliate su letti di coltura di lattuga o altri ortaggi prima di essere scaricate nei corpi idrici superficiali. In questo modo, una parte dell'azoto e fosforo disciolti verrebbero assimilati dai vegetali, riducendo l'impatto ambientale e producendo un reddito aggiuntivo.

Queste due visite indicano che l'acquaponica possa essere una via interessante per migliorare la sostenibilità ambientale ed economica sia di aziende agricole sia di troticolture che sinora hanno operato in maniera tradizionale. Quest'ultimo aspetto sarà ulteriormente esplorato nel progetto Interreg Italia-Slovenia "Circular Rainbow", a cui partecipa KGZS - Zavod Kranj.



Figura 4 3: Gli esperti di KGZS - Zavod Kranj incontrano un produttore agricolo interessato all'agricoltura fuori suolo e all'acquaponica.

5. FARE RETE PER CRESCERE

L'acquaponica in sistemi a ricircolo è una modalità produttiva relativamente nuova, poco nota non solo ai consumatori ma anche a potenziali operatori ed investitori. Inoltre, sebbene il numero di studi e progetti stia aumentando, la progettazione e la gestione di impianti a scala produttiva non è ancora standardizzata. Questi fattori hanno sinora limitato la nascita di aziende in grado di assicurare volumi produttivi importanti nell'area di programma, nell'intero territorio italiano e sloveno. Un potenziale freno agli investimenti viene anche dalla attualmente scarsa riconoscibilità dei prodotti acquaponici, che rende più difficile valorizzare la loro qualità, giustificando un prezzo più elevato, rispetto a prodotti simili ottenuti in maniera tradizionale.

Lo sviluppo dell'acquaponica, oltre a progressi tecnologici, richiede quindi anche la sensibilizzazione dei diversi attori della filiera produttiva. Sia in Bluegrass sia in BeBlue, questa problematica è stata affrontata **aggiungendo alle consuete attività di comunicazione e divulgazione un insieme di azioni mirate a connettere tali attori in una rete che consenta lo scambio di opinioni, informazioni e promuova iniziative di comune interesse.**

Questa si chiama **partecipazione attiva** ed è essenziale per la buona e trasparente conduzione di un progetto, nonché per la risonanza che genera dimostrando la capacità di condividere buone pratiche e tecnicismi. La capacità di organizzare e condurre appuntamenti partecipativi permette di coinvolgere stakeholder di diversa estrazione su argomenti di interesse comune facilitando il dialogo per creare sinergie e collaborazioni.

Una costante attività di comunicazione informa sugli appuntamenti del processo partecipativo passo dopo passo mediante l'invio tramite mailing di inviti ed agende, nonché la produzione di comunicati sia per il web che per i social e di tutto il materiale necessario per gli appuntamenti in presenza.

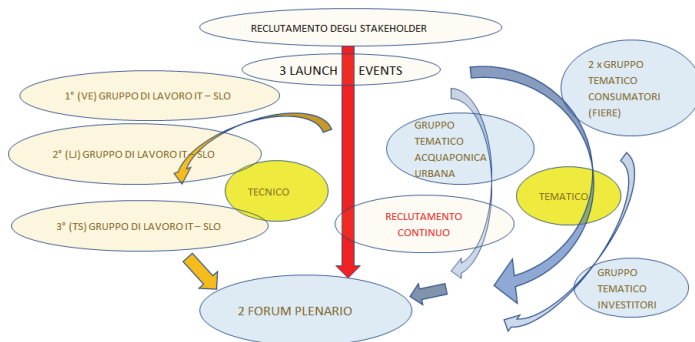


Figura 5 1: Articolazione delle attività di partecipazione condotte nel progetto BeBlue.

La partecipazione ideata e messa in atto nel progetto BeBlue prevedeva più percorsi paralleli ma non contemporanei, come illustrato nel grafico a flusso precedente. Alla fine del progetto Bluegrass, conclusosi nel 2020, la rete contava 288 stakeholder, suddivisi tra quattro gruppi di interesse, come evidenziato nel grafico a torta presentato a sinistra in Fig. 5.2. Di questi 123 sono stati particolarmente attivi.

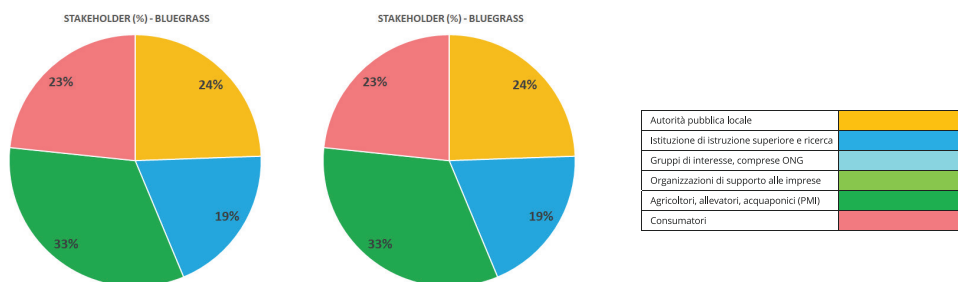


Figura 5.2: Composizione percentuale dei diversi gruppi di attori coinvolti nel network di Bluegrass (sinistra) e BeBlue (destra)

Grazie a una migliore pianificazione e a una efficace facilitazione in BeBlue, la rese si è espansa ed attualmente conta 456 stakeholder, come evidenzia il grafico a torta di destra in Fig. 5.2. Di questi, 196 si sono fidelizzati al progetto, tanto da contribuire spesso nella conduzione degli eventi. Va comunque ricordato che il reclutamento di stakeholder è stato un processo dinamico e continuo che veniva messo in atto in ogni occasione di incontro con gli attori dell'area di programma dell'Interreg. A questo si univa una costante ricerca in web di portatori di interesse potenzialmente interessati all'acquaponica ed un proficuo passaparola tra tutti coloro che hanno seguito il progetto.

Questo risultato è stato raggiunto grazie ad una intensa attività di networking, progettata fin dall'inizio e condotta efficacemente grazie all'esperienza del precedente progetto includendo una formazione iniziale per tutti i partner e periodiche riunioni organizzative prima di ogni evento. Queste specifiche attività di networking, unite a una puntuale attività di comunicazione, hanno consentito non solo di coinvolgere un maggior numero di persone, ma anche di raccogliere spunti ed opinioni estremamente importanti per orientare l'ulteriore sviluppo dell'acquaponica.

5.1 Le fasi del processo partecipativo

Il processo partecipativo, coordinato da Shoreline, ha coinvolto tutti i partner, in virtù di una buona progettazione e in virtù di una conduzione esperta unita al contatto diretto dei “taker” con gli stakeholder del territorio. Applicare tecniche consolidate coinvolgendo tutti partner e sperimentarle con nuove modalità (desk alle fiere, Working Group ibridi sia in presenza che in remoto usando lavagne fisiche e digitali, questionari e seminari abbinati ai Working Group) ha consentito la creazione di situazioni in cui i partner “taker” abbiano potuto esprimersi al meglio. L'affiancamento al progetto da parte di figure professionali già esperte in idroponica e acquaponica ha contribuito a suscitare l'interesse di molti imprenditori per una nuova modalità di produzione. Le competenze scientifiche dei partner hanno poi condito il tutto, consentendo di ottenere un soddisfacente successo.

5.1.1 “Produttori”: aspetti tecnologici

Sono stati organizzati tre Working Group, utilizzando il metodo “World Café” in occasione dei due eventi di lancio del progetto (1 febbraio 2024 a Mestre e 9 aprile 2024 a Lubiana) e in un successivo evento, che ha avuto luogo a Trieste il 26 settembre 2024. I risultati sono stati validati in un Forum Plenario, sempre a Trieste il 27 maggio 2024 (18 iscrizioni di cui 4 on line).



Figura 5 3: Foto Working Group a Trieste e Forum Plenario Trieste

5.1.2 “Consumatori”: distribuzione e consumo

Dopo gli eventi lancio, in particolare quello con la GDO, il fronte delle filiere di distribuzione e vendita adeguate alle esigenze dei consumatori, sono sembrate difficili da affrontare senza nessuna intermediazione. Così si è deciso di proporre due Working Group lunghi due giorni all'interno di due fiere del settore agroalimentare, una sorta di desk di consultazione a sportello, affiancato da un questionario con QR-code. In questo modo ci si poteva rivolgere con una intervista agli stakeholder esperti o con semplici domande on line al cittadino consumatore. Gli eventi in cui sono stati affrontati i temi della sostenibilità dei prodotti acquaponici, della loro accettabilità per i consumatori, anche in relazione alla percezione della sicurezza alimentare, sono stati i seguenti:

- ✓ alla fiera Aquafarm di Pordenone, per il secondo anno di fila, il 12 e 13 febbraio 2025. In questo importante appuntamento italiano dedicato all'acquacoltura e all'agricoltura fuori suolo, BeBlue ha avuto un notevole riscontro (81 iscrizioni), soprattutto perché vi erano 2 staff completi di intervistatori, uno stand espositivo vasto ed il partner taker italiano che reclutava stakeholder importanti;
- ✓ alla fiera di Komenda vicino a Lubiana il 11 e 12 aprile 2025, la più importante fiera dell'agricoltura in Slovenia. Anche qui il successo è stato notevole (62 iscrizioni), avendo lavorato di concerto con il partner taker sloveno.

Le conclusioni di questa attività sono state presentate nel Forum Plenario a Škofije Koper, presso Purissima d.o.o. il 12 giugno 2025 (19 iscrizioni di cui 6 on line).



Figura 5 4: (da sin.) Foto fiera di Komenda 2025, fiera Aquafarm 2025 e forum plenario ad Škofije (Kp)

5.1.3 Smart city “agro-urban”: l’acquaponica in ambiente urbano

Grazie all’attiva partecipazione del partner associato IUAV, il 10 maggio 2024 è stato organizzato presso l’Aula Magna dell’Ateneo IUAV il workshop specifico “Cibo e città: produzione, interazioni territoriali e patrimonializzazione”. Alla giornata di lavoro hanno contribuito ricercatori in Design Urbano, Pianificazione Territoriale, Economica Rurale e Architettura. Tra i 70 partecipanti registrati, numerosi sono stati gli studenti.

Il tessuto urbano si sta svuotando e frammentando a causa anche del radicale cambio nella logistica delle filiere commerciali, che ora privilegiano i centri commerciali situati nelle periferie e la distribuzione on-line. E’ possibile occupare gli spazi vuoti producendo cibo a km 0? Gli esiti del workshop confermano che tale possibilità sia realistica, combinando sistemi fuori suolo, come acquaponica e idroponica, con orti urbani.



Figura 5 5: Foto dal Evento IUAV

Questo insieme di attività ha prodotto una copiosa messe di idee/ suggerimenti per lo sviluppo dell’acquaponica ma anche sollevato perplessità rispetto sia al quadro normativo di riferimento per l’avvio e la conduzione dell’attività sia ai rischi legati all’investimento in questo settore in una congiuntura in cui i costi dei principali consumabili, energia e mangimi, sono elevati ed altalenanti. Ne è stata tentata una sintesi nell’analisi SWOT presentata in Tab. 5.2, che riassume 557 contributi, trascritti durante i vari appuntamenti del percorso partecipativo, in 42 elementi.

Tabella 5 2: Risultati della SWOT analysis presentata da Shoreline al Forum di Trieste.

Punti di forza (Strengths)	Punti di debolezza (Weaknesses)	Opportunità (Opportunities)	Minacce (Threats)
fattibilità tecnica	criticità economica è legata alla dimensione	fornitori e forniture facilitate da filiera condivisa	carenza di dati di riferimento
prodotto salubre	difficoltà tecniche per microgreen (ortaggi giovani)	acquaponica sviluppo per acquacoltori	carenza di normativa specifica
qualità prodotto	difficoltà tecniche in progettazione	capacità di sviluppo tecnico	costo di investimento importante
tecnica di produzione conosciuta	difficoltà tecniche nel controllo qualità acque	capacità di sviluppo tecnico in benessere animali	non chiaro vantaggio economico in mercato
vantaggio ambientale: risparmio d'acqua	difficoltà tecniche nel controllo qualità acque	capacità di sviluppo tecnico in controllo acque e biota	non chiaro vantaggio produzione non tradizionale
vantaggio ambientale: sostenibile	difficoltà tecniche nel controllo qualità acque e biota	capacità di sviluppo tecnico in controllo acque e biota	
vantaggio economico	difficoltà tecniche nella coltivazione di ortaggi	possibile finanziamento	
vantaggio economico: futuro per piante saline	difficoltà tecniche nelle colture o nell'allevamento	sviluppo nuova normativa agroalimentare	
vantaggio economico: mercato corto raggio	difficoltà tecniche per l'energia	vantaggio ambientale: agro-urbano	
vantaggio economico: microgreen	formazione competenze specifiche ai consumatori	vantaggio sociale e professionale	
vantaggio economico: nicchie di mercato	formazione competenze specifiche alle istituzioni	vantaggio territoriale: innovazione applicabile nell'Europa del Sud	
vantaggio economico: si unisce e implementa produzioni attuali innovative	formazione competenze specifiche operatori		
vantaggio economico: supporto ristorazione	fornitori e forniture facilitate da filiera condivisa		

5.2 Comunicazione e divulgazione

Le attività di comunicazione e divulgazione sono state programmate e svolte per raggiungere diversi gruppi di interesse ed hanno svolto un ruolo importante nella raccolta di adesioni alla rete BeBlue.

Oltre all'aggiornamento continuo del sito web di progetto e dei canali social, sono stati organizzati eventi specifici, per coinvolgere produttori, consumatori e ricercatori:

- ✓ due eventi di lancio del progetto presso le sedi dell'Università Ca' Foscari di Venezia (1 febbraio 2024) e dell'Università di Ljubljana (9 aprile 2024): durante gli eventi, i partecipanti hanno potuto anche visitare gli impianti pilota;
- ✓ due "Aquaponic day", presso le sedi dell'Università Ca' Foscari di Venezia (16 ottobre 2024) e dell'Università di Ljubljana (8 aprile 2025), in cui sono stati presentati e discussi i risultati preliminari del progetto.



Figura 5 6: eventi lancio (in senso orario) presso l'Università di Ljubljana, alle fiere Aquafarm e Novelfarm e presso il Campus Scientifico dell'Univ. Ca' Foscari di Venezia

Inoltre, sono stati girati 27 video, di diversa durata e rivolti a diversi gruppi di interesse, accessibili al canale YouTube "BeBlue – Beyond Bluegrass" tramite link:

<https://www.youtube.com/channel/UC2qPIIN5a4GIZK3OkifjtAg/videos>

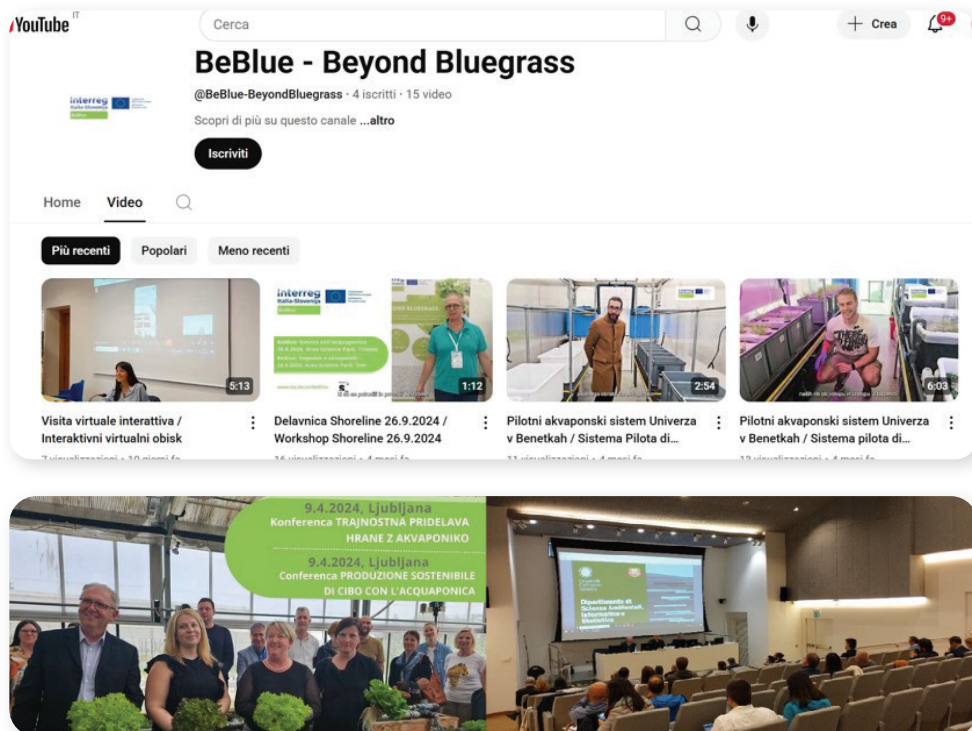
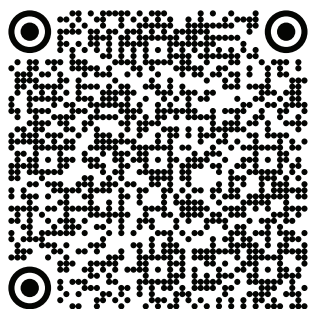


Figura 5 7: Foto aquaponic day, a Ljubljana e a Venezia-Mestre.

La comunicazione verso i consumatori e il pubblico in generale è stata condotta anche attraverso podcast e più tradizionali ma efficaci articoli diffusi a messo stampa. Sono stati pubblicati 11 articoli su media a diffusione locale e nazionale e una partecipazione a una trasmissione radiofonica.

Link al podcast:



<https://www.spreaker.com/episode/prof-roberto-pastres-beblue-acquaponica-e-sostenibilita--63461064>

Figura 5 8: Link al podcast

Per quanto riguarda la divulgazione dei risultati tecnico scientifici:

- ✓ Gli impianti pilota sono stati aperti al pubblico per tutta la durata del progetto, attraverso visite organizzate su prenotazione e per l'intera giornata in due importanti momenti di incontro, gli "Aquaponic day";
- ✓ il funzionamento degli impianti pilota è stato illustrato in due visite virtuali;
- ✓ i principali risultati tecnici sono stati presentati in due webinar, in italiano e sloveno;
- ✓ l'utilizzo delle interfacce web DiGiPonic disponibili su www.ita-slo.eu/beblue, descritte nei Cap. 3 e 4, è stato illustrato in due incontri di formazione on-line, in italiano e sloveno.

Infine, tutti i risultati sono stati presentati dai partner all'evento finale del 2 luglio 2025, ospitato dall'Aula Magna dell'Univ. Ca' Foscari di Venezia. Alle presentazioni è seguita una tavola rotonda in cui diversi attori che potrebbero avere un ruolo chiave nella creazione di una filiera commerciale dedicata all'acquaponica ne hanno discusso le prospettive di sviluppo nel territorio di programma: un deciso passo in avanti rispetto all'inizio del progetto nel 2023, reso possibile dalla capitalizzazione dei risultati del progetto Bluegrass.



Figura 5 9: Foto dell'evento finale in Ca' Dolfin, Università Ca' Foscari Venezia

6. IL FUTURO DELL'ACQUAPONICA NELL'AREA DI PROGRAMMA

I risultati riassunti in questo opuscolo sono esposti in dettaglio nei report o "deliverables" prodotti nel corso dei due anni di vita di BeBlue, che saranno disponibili al sul sito web di progetto dopo il suo termine. Le attività svolte ci hanno consentito, da un lato, di approfondire alcuni aspetti tecnici della produzione acquaponica e, dall'altro, di raccogliere idee e contributi per sviluppi futuri da tutti coloro che hanno partecipato alle attività di rete.

Per quanto riguarda gli **aspetti tecnico-economici relativi alla produzione:**

✓ si è dimostrata la fattibilità tecnica e la sostenibilità ambientale economica di due tipologie di produzione acquaponica, di estremo rilievo per l'area di programma:

- **l'acquaponica marina**, che potrebbe essere praticata lungo la fascia costiera, in particolare in aree marginali, ora sotto-utilizzate per la produzione alimentare;
- **la trotticoltura acquaponica**, che potrebbe rappresentare un'interessante diversificazione per il settore della trotticoltura, ben presente nell'area di programma ma minacciato dalla scarsità idrica derivante dai cambiamenti climatici in atto.

Per quanto riguarda gli aspetti legati alla commercializzazione e l'accettabilità da parte dei consumatori:

- ✓ si è verificato un aumento della conoscenza del sistema di produzione acquaponico da parte dei consumatori, premessa indispensabile per farne comprendere il valore aggiunto, in termini di sostenibilità dei prodotti;
- ✓ si è accertato l'interesse della grande distribuzione organizzata per produzioni locali e sostenibili, inizialmente anche di nicchia, quali quelle derivante da una filiera produttiva acquaponica;
- ✓ accanto a questo canale di commercializzazione, si è verificato l'interesse dei consumatori per la vendita diretta, attraverso e-commerce;
- ✓ le attività di rete hanno evidenziato un notevole interesse di imprenditori e ricercatori verso lo sviluppo di innovazioni per rendere l'acquaponica più efficiente.

Infine, per quanto riguarda **la capacità/volontà di investimento**, si è rilevato un notevole interesse per i prodotti innovativi, in particolare:

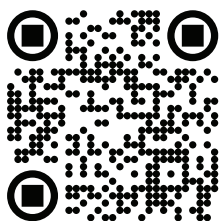
- ✓ in territorio italiano, è emersa la volontà da parte di alcune aziende di continuare la sperimentazione dell'acquaponica marina, declinandola rispetto alle caratteristiche specifiche di siti di produzione prospicienti le lagune venete e friulane e le valli da pesca;
- ✓ in tutto il territorio, alcune trotilcolture hanno mostrato interesse ad investire in serre idroponiche da accoppiare ai loro impianti, sia per diminuire il carico ambientale, sia per aumentare i fatturati producendo anche ortaggi.

Ci pare quindi che il progetto BeBlue abbia centrato il suo principale obiettivo, cioè dimostrare che sia possibile far decollare l'acquaponica nell'area di programma, creando aziende in grado di crescere nel complesso settore agroalimentare. Riteniamo, tuttavia, che per raggiungere questo obiettivo sia ancora importante l'attività di ricerca e sviluppo, mirata soprattutto a:

- ✓ caratterizzare meglio la produttività di salicornia e, eventualmente, altre piante alofite di potenziale interesse commerciale, per giungere a protocolli di produzione standardizzati anche dei germogli;
- ✓ migliorare l'efficienza energetica degli impianti, di estremo rilievo per la sostenibilità economica ma anche ambientale, soprattutto in relazione alla trotilcoltura acquaponica;
- ✓ sviluppare ulteriormente la digitalizzazione degli impianti, introducendo metodologie di monitoraggio non invasive della crescita di pesci e piante basate sul processamento di immagini: tali dati potrebbero consentire di migliorare notevolmente le capacità predittive di DT, mediante algoritmi di assimilazione dei dati;
- ✓ consolidare un gruppo che è cresciuto in organizzazione e competenze, raccogliendo diverse realtà del territorio; potremmo dire che il tempo del confronto e dello scambio è ormai concluso ed ora serve avere una rete coesa, pronta a stimolare la ricerca scientifica applicata alla creazione di una filiera per l'acquaponica.

La presente pubblicazione è disponibile anche sul **sito web del progetto BeBlue**: www.ita-slo.eu/en/beblue.

Il progetto BeBlue è co-finanziato dall'Unione europea nell'ambito del Programma Interreg VI-A Italia-Slovenia.



www.ita-slo.eu/BeBlue

 **Università
Ca' Foscari
Venezia**

 **BF**
UNIVERZA
V LJUBLJANI
Biotehniška
fakulteta

 **AGRARIA
KOPER**
Najboljše iz listre

Shoreline


 **AMBITO REGIONALE EUROPEO**

 **legacoop**

 **I
-
U
-
A
-
V**
Università Iuav
di Venezia

**Interreg
Italia-Slovenija**
BeBlue

 **Co-finanziato
dall'Unione europea
Confinanziato
Europejska unija**