

## STUDIO DI FATTIBILITÀ

# INSTALLAZIONE DEL SISTEMA ACQUAPONICO NELLA FATTORIA MONTAGNA BENEDIČIČ

**Preparazione di uno studio di fattibilità:  
Camera dell'Agricoltura e delle Foreste della  
Slovenia**

**Istituto Agrario e Forestale di Kranj**

**Kranj, agosto 2025**

## 1. Introduzione

Lo studio di fattibilità è stato condotto presso un'azienda agricola nella Gorenjska. L'azienda agricola di montagna Benedičič dispone di 6,98 ettari di terreno agricolo in uso (prati) e 200 m<sup>2</sup> di seminativo. È nota principalmente per la sua attenzione all'allevamento di bovini da carne. Oltre all'allevamento di bestiame, l'azienda si occupa attualmente principalmente di silvicoltura. Oltre alle attività correnti, l'azienda vorrebbe migliorare l'economia della produzione agricola e la gamma dei suoi prodotti introducendo l'acquaponica su piccola scala.

## 2. Riepilogo

L'acquaponica rappresenta una soluzione altamente fattibile e sostenibile per la produzione alimentare, adatta a privati e aziende in Slovenia. Il sistema, che combina la coltivazione di pesci e piante, è caratterizzato da un'eccezionale efficienza, poiché utilizza fino al 90% di acqua in meno rispetto all'agricoltura tradizionale e consente alle piante di crescere fino a quattro volte più velocemente. Il rapporto analizza gli aspetti tecnici, finanziari e operativi, affrontando un'ampia gamma di opzioni, dai progetti a basso costo per l'autoconsumo ai sistemi commerciali.

I risultati principali mostrano che il costo iniziale di un sistema domestico può essere piuttosto basso, soprattutto se realizzato con materiali riciclati. I costi di gestione sono prevedibili e includono principalmente l'elettricità, l'acquisto di avannotti e mangime per pesci. Il quadro legislativo in Slovenia si concentra principalmente sull'acquacoltura commerciale, mentre non esistono normative specifiche per i sistemi domestici non commerciali, il che ne facilita l'installazione.

L'analisi strategica raccomanda un approccio graduale, partendo da un sistema semplice basato sul substrato, per ridurre i rischi iniziali e acquisire esperienza nella gestione di un sistema acquaponico. Con questo approccio, chiunque può verificare la fattibilità del progetto per le proprie esigenze specifiche, che si tratti di autosufficienza, formazione o come base per una possibile espansione commerciale.

### **3. Introduzione all'acquaponica: simbiosi sostenibile**

#### **3.1 Principi di base e ciclo simbiotico**

L'acquaponica è un sistema di produzione alimentare integrato che combina l'acquacoltura, la coltivazione di organismi acquatici come i pesci, e l'idroponica, la coltivazione di piante in acqua senza l'uso del suolo. L'essenza di questo sistema è un ecosistema chiuso e autoregolante basato sulla simbiosi naturale. I pesci producono escrementi ricchi di ammonio ( $\text{NH}_4$ ). Questo ammonio è potenzialmente tossico per i pesci, ma i batteri nitrificanti benefici che si insediano nel filtro biologico e sulle radici delle piante lo convertono in nitriti ( $\text{NO}_2$ ) meno dannosi e poi in nitrati ( $\text{NO}_3$ ). I nitrati sono la forma ideale di azoto che le piante assorbono come fertilizzante, purificando così l'acqua per i pesci, creando un ciclo continuo ed efficiente.

I microrganismi sono onnipresenti in questo sistema e sono mediatori chiave che consentono la simbiosi tra i due principali gruppi di organismi. Senza la loro attività, l'ecosistema non sarebbe in grado di sostenersi, il che evidenzia l'importanza di stabilire una colonia batterica stabile prima che il sistema sia pienamente operativo.

### 3.2 Principali vantaggi e ragioni strategiche di fattibilità

L'installazione di un sistema acquaponico comporta una serie di importanti vantaggi che ne supportano la fattibilità:

- **Eccezionale efficienza idrica:** i sistemi acquaponici consumano fino al 90% di acqua in meno rispetto all'agricoltura convenzionale, poiché l'acqua viene costantemente ricircolata. Tutto ciò che serve è reintegrare l'acqua persa dalle piante attraverso l'evaporazione e la traspirazione.
- **Crescita più rapida e rese più elevate:** la produzione di ortaggi in acquaponica è fino a 4 volte più veloce rispetto all'orticoltura convenzionale. Inoltre, è possibile ottenere una resa 20 volte superiore su una superficie 10 volte inferiore. Questa efficienza è particolarmente importante per gli ambienti urbani e gli spazi con restrizioni.
- **Sicurezza ambientale e sanitaria:** il sistema è biologico per definizione, poiché non devono essere presenti fertilizzanti e pesticidi chimici, per non danneggiare i pesci. Le piante che non crescono nel terreno sono meno suscettibili ai parassiti.
- **Produzione tutto l'anno:** in un ambiente controllato, come una serra o uno spazio interno, l'acquaponica consente una produzione tutto l'anno, indipendentemente dalle condizioni climatiche esterne.

Oltre ai suoi benefici economici e ambientali misurabili, l'acquaponica rappresenta anche un significativo cambiamento concettuale nel modo di pensare alla produzione alimentare. È un esempio lampante di economia circolare pratica, in cui i rifiuti di una parte del sistema diventano una risorsa per un'altra. Questo modello evidenzia valori sociali e ambientali più ampi che vanno oltre la semplice produzione alimentare.

C'è anche interesse per l'utilizzo dell'acquaponica in contesti educativi e terapeutici, come il progetto ACRES, che aiuta le persone autistiche ad acquisire esperienza lavorativa, o un progetto nell'Irlanda del Nord che insegna competenze imprenditoriali e digitali. L'esperienza personale con un sistema installato in un soggiorno regala una sensazione "meravigliosa e rilassante" nel guardare le piante crescere. Questa prospettiva più ampia evidenzia che la fattibilità di un progetto non è determinata solo dai dati finanziari, ma anche dal raggiungimento di obiettivi legati alla vita sostenibile, alla cura di sé e al benessere personale.

## 4. Analisi della tipologia dei sistemi acquaponici

Conoscere le diverse tipologie di sistemi acquaponici è fondamentale per pianificare e selezionare l'impianto più appropriato. Ogni sistema presenta vantaggi e svantaggi unici che incidono sulla complessità, sui costi e sull'idoneità per specifiche piante.

### 4.1 Sistemi basati sui media

Questo sistema utilizza un letto riempito con un substrato inerte come ghiaia, sabbia o argilla espansa. L'acqua proveniente dalla vasca di coltura viene pompata nel letto, dove le piante assorbono i nutrienti, e l'acqua purificata viene poi restituita alla vasca di allevamento ittico.

Il vantaggio principale di questo sistema è la sua integrazione funzionale. Il substrato funge da filtro meccanico, intrappolando le particelle solide provenienti dagli escrementi dei pesci, e da filtro biologico, poiché la sua ampia superficie fornisce un ambiente ideale per la proliferazione dei batteri nitrificanti. Questa doppia funzione semplifica la progettazione complessiva ed elimina la necessità di unità filtranti separate, rendendolo il più robusto e adatto ai principianti.

## 4.2 Sistemi di coltura in acque profonde (DWC)

Nel sistema DWC (Deep Water Culture), le radici delle piante galleggiano su zattere in grandi serbatoi d'acqua. L'acqua viene costantemente aerata tramite pompe ad aria.

Il DWC è apprezzato per la sua semplicità e stabilità. L'ampio volume d'acqua funge da sistema tampone, garantendo livelli stabili di pH e nutrienti, riducendo il rischio di sbalzi improvvisi che potrebbero danneggiare le piante. Il sistema è adatto a un'ampia gamma di piante, tra cui ortaggi a foglia, erbe aromatiche e alberi da frutto di grandi dimensioni.

## 4.3 Sistemi di film nutritivi (NFT)

La tecnica NFT (Nutrient Film Technique) prevede la circolazione continua di un sottile film di soluzione nutritiva (di circa 1-3 mm di spessore) sulle radici delle piante situate in canali o tubi inclinati.

Il principale vantaggio dei sistemi NFT è la loro eccezionale efficienza in termini di spazio, soprattutto se installati verticalmente, che consente rese elevate in spazi ridotti. Il sistema utilizza una quantità minima di substrato, facilitando l'ispezione e la manutenzione delle radici. È particolarmente adatto per piante di piccole dimensioni con apparati radicali poco profondi, come lattuga, erbe aromatiche e fragole.

#### 4.4 Sistemi ibridi

I sistemi ibridi combinano elementi di diverse tipologie per sfruttarne i vantaggi. Un esempio di sistema ibrido è la combinazione di zattere DWC galleggianti e una pompa che fa circolare l'acqua in modo simile a quello dei sistemi NFT. Questi sistemi innovativi offrono una migliore stabilità grazie al maggiore volume d'acqua, garantendo al contempo un flusso costante di nutrienti.

È interessante notare che la semplicità percepita dei sistemi DWC e NFT può essere ingannevole. Sebbene le componenti vegetali di questi sistemi possano essere facili da installare e utilizzare, è essenziale che, a differenza dei sistemi basati su supporti che fungono da filtri integrati, i sistemi DWC e NFT utilizzino una filtrazione meccanica e biologica separata (ad esempio, utilizzando separatori a vortice e biofiltri con biosfere) per prevenire l'accumulo di rifiuti solidi e danni alle radici. Questo aspetto tecnico, non immediatamente evidente, può rendere i sistemi DWC e NFT più complessi da installare e presentare maggiori potenziali punti di guasto rispetto ai sistemi basati su supporti apparentemente più semplici. Per un principiante è quindi meglio iniziare con un sistema basato sui media che combina funzioni di filtraggio, riducendo così la complessità e i rischi iniziali.

Tabella 1: Analisi comparativa dei tipi di sistemi acquaponici

Funzione	Sistemi basati sui media	Sistemi DWC	Sistemi NFT
<b>Facilità di installazione</b>	Alto	Alto (per la parte vegetale)	Moderare
<b>Filtrazione</b>	Integrato (medio)	Esterno (obbligatorio)	Esterno (obbligatorio)
<b>Consumo d'acqua</b>	Alto (rispetto a NFT)	Alto (volume elevato)	Basso (film sottile)
<b>Efficienza dello spazio</b>	Basso	Moderare	Alto (soprattutto verticalmente)
<b>Idoneità per gli impianti</b>	Vari (inclusi corpi fruttiferi)	Ampia gamma, anche più ampia	Piante piccole, radici poco profonde
<b>Principali vantaggi</b>	Affidabilità, robustezza, filtrazione integrata, ideale per principianti	Stabilità, semplicità, ideale per piante grandi	Elevata efficienza produttiva, risparmio di spazio
<b>Principali svantaggi</b>	Peso, minore risparmio idrico	Filtrazione aggiuntiva richiesta, sensibilità temperatura	Dipendenza dalla pompa (rischio elevato), non adatto per impianti di grandi dimensioni

## 5. Parametri biologici e ambientali

La selezione e la corretta coltivazione degli organismi viventi sono fattori chiave per il buon funzionamento di un sistema acquaponico.

### 5.1 Scelta delle specie ittiche adatte

La scelta del pesce dipende dallo scopo della produzione (alimentare o ornamentale), dalla complessità della gestione e dai fattori climatici. Sia per gli allevamenti domestici che per quelli commerciali, i pesci d'acqua dolce sono particolarmente adatti.

- **Principianti e ornamentali:** i guppy (*Poecilia reticulata*) e i pesci rossi sono scelte eccellenti. Sono resistenti, tollerano un'ampia gamma di condizioni e producono un fertilizzante di alta qualità per le piante.
- **Per uso alimentare:** tilapia, pesce gatto e trota sono spesso utilizzati in sistemi commerciali e domestici per la produzione di pesci destinati all'alimentazione, principalmente per la loro resistenza e la rapida crescita.

### 5.2 Scelta delle specie vegetali adatte

La maggior parte delle piante con frutti fuori terra cresce bene nei sistemi acquaponici. La scelta delle piante dovrebbe essere coordinata con il tipo di pesce che si desidera allevare: gli scarti dei pesci carnivori sono più adatti per le verdure a foglia, mentre gli scarti dei pesci erbivori sostengono piante da frutto e da fiore.

- **Per principianti:** si consiglia di iniziare con verdure a foglia verde ed erbe aromatiche come lattuga, spinaci, rucola e basilico. Queste piante sono resistenti, crescono rapidamente e hanno apparati radicali poco profondi, ideali per i sistemi NFT.
- **Selezione più avanzata:** una volta che il sistema è stabile, si possono coltivare anche piante più esigenti come pomodori, cetrioli, peperoni, fragole e fagioli.

### 5.3 Gestione della chimica dell'acqua e della salute dell'ecosistema

Mantenere condizioni ecologiche stabili è fondamentale per ottenere prestazioni ottimali.

- **Parametri dell'acqua:** il monitoraggio giornaliero e settimanale di pH, temperatura, ammoniaca, nitriti e nitrati è essenziale. Il pH ottimale per la maggior parte dei sistemi è compreso tra 6,5 e 8,0.
- **Temperatura:** la temperatura dell'acqua influisce sulla salute dei pesci, sulla crescita delle piante e sull'attività batterica. L'intervallo ideale è compreso tra 18 °C e 30 °C, ma questo deve essere adattato alle specie di pesci e piante selezionate.

Tabella 2: Specie consigliate e relativi parametri per l'acquaponica domestica

<b>Categoria</b>	<b>Tipo</b>	<b>Parametri del pH</b>	<b>Temperatura ottimale (°C)</b>	<b>Adatto ai principianti</b>
<b>Pesce (ornamentale)</b>	Pesce rosso	6,5-8,0	18-24	SÌ
	Guppy	6,8-8,0	22-28	SÌ
<b>Pesce (commestibile)</b>	Trota	6,5-8,0	10-18	No
	Tilapia	6,5-8,0	22-30	SÌ
	Pesce gatto	6,5-8,0	20-30	SÌ
<b>Piante (a foglia)</b>	Insalata	6,0-7,0	18-26	SÌ
	Basilica	5,5-6,5	18-30	SÌ
	Spinaci	6,0-7,0	18-24	SÌ
<b>Piante (Piante da frutto)</b>	Pomodori	5,5-6,5	18-26	Moderare
	Cetrioli	5,5-6,5	18-26	Moderare
	Fragole	5,5-6,5	18-26	Moderare

## 6. Attrezzature e infrastrutture necessarie

La fattibilità di un progetto è direttamente correlata alla disponibilità e al costo delle attrezzature necessarie.

### 6.1 Componenti hardware di base

Per allestire un sistema acquaponico sono necessari i seguenti componenti:

- **Acquario:** un serbatoio che contiene acqua e pesci.
- **Aiuola:** un contenitore o un canale in cui crescono le piante. Nei sistemi basati su substrati, vengono spesso utilizzati serbatoi di plastica con una capacità di 1000 litri.
- **Pompa dell'acqua:** la parte principale del sistema che garantisce la circolazione dell'acqua tra l'acquario e la sezione dedicata alle piante. La corretta portata è fondamentale nella scelta. Un progetto studentesco ha dimostrato che una portata di 150 l/h era troppo elevata e causava la morte delle piante, mentre 50 l/h si è rivelata ottimale.
- **Pompa dell'aria e diffusori:** forniscono ossigeno, essenziale per pesci e piante, soprattutto nei sistemi DWC.
- **Tubi e raccordi per l'acqua:** per collegare tutti i componenti e dirigere il flusso dell'acqua.
- **Substrato di coltura:** le sfere di argilla (argilla espansa) sono spesso utilizzate per sostenere le radici nei sistemi basati su substrati.

## 6.2 Sistemi avanzati e automazione

L'automazione può semplificare la gestione, ma aumenta anche i costi e la complessità. I sistemi possono essere potenziati con i seguenti componenti:

- **Biofiltri:** unità separate per sistemi DWC e NFT che offrono un'ampia superficie per la crescita dei batteri nitrificanti.
- **Controller:** microcontrollori utilizzati per automatizzare e monitorare parametri come pH e temperatura.
- **Sensori:** misuratori di pH e temperatura che inviano i dati al controller per il monitoraggio in tempo reale.

Sebbene l'automazione riduca la necessità di un monitoraggio manuale quotidiano, è importante notare che introduce un nuovo livello di rischio e complessità tecnica. L'impostazione del controller richiede competenze di programmazione. Inoltre, non bisogna sottovalutare l'importanza dell'osservazione di pesci e piante, che è probabilmente il modo migliore e più diretto per comprenderne le condizioni. Pertanto, per un principiante, si consiglia di impostare prima un sistema semplice e a funzionamento manuale.

L'illuminazione artificiale è essenziale per la coltivazione indoor durante tutto l'anno.

- **Lampadine a LED:** sono molto efficienti dal punto di vista energetico, consumando fino all'80% in meno rispetto alle lampade fluorescenti. Emettono inoltre molto meno calore, il che contribuisce a mantenere condizioni favorevoli per la crescita delle piante e riduce la necessità di ulteriore raffreddamento.

- **Spettro luminoso:** le luci a LED "a spettro completo" di alta qualità imitano la luce solare e forniscono una varietà di lunghezze d'onda essenziali per la fotosintesi e la crescita. La luce blu (400-500 nm) favorisce la crescita vegetativa, mentre la luce rossa (600-700 nm) è importante per la fioritura e la formazione dei frutti.

#### 6.4 Scelta del tipo di sistema acquaponico per l'azienda agricola

In accordo con l'azienda agricola, abbiamo scelto un sistema acquaponico con coltura in acque profonde (DWC), in quanto facile da usare e adatto ai principianti. Abbiamo deciso che alleviranno trote iridee in cinque vasche IBC in PVC con un volume di 5.000 litri. Per quanto riguarda le verdure, coltiveranno principalmente ortaggi a foglia o lattuga. L'intero sistema coprirà una superficie di 200 m<sup>2</sup>. Per l'azienda agricola, monitoreremo il contenuto di ossigeno disciolto nell'acqua, la temperatura e il pH dell'acqua a intervalli di tempo predefiniti con un misuratore portatile e, con l'ausilio di analisi fotometriche, il contenuto di ammoniaca, nitrati e nitriti nell'acqua.

## 7. Analisi di fattibilità finanziaria e dei costi

L'analisi dei costi è una parte fondamentale di uno studio di fattibilità, poiché mostra la redditività finanziaria del progetto.

### 7.1 Investimento iniziale

I costi di installazione possono variare notevolmente a seconda del sistema scelto.

- **Sistemi commerciali:** il prezzo di un sistema acquaponico commerciale dipende dalle dimensioni del sistema stesso e dalla sua sofisticatezza tecnologica.
- **Sistema autoconsumo:** per gli utenti domestici, l'opzione più conveniente è costruirne uno proprio utilizzando materiali riciclati: contenitori IBC, piscine in plastica, tubi in PVC, ecc.

## 7.2 Costi operativi correnti

I costi correnti sono prevedibili, il che contribuisce alla sostenibilità a lungo termine.

- **Elettricità:** il costo di gestione più importante è il consumo di elettricità che alimenta la pompa dell'acqua, la pompa dell'aria e l'eventuale illuminazione artificiale. In questo caso, la scelta di luci a LED a basso consumo energetico può ridurre significativamente i costi.
- **Acquisto di avannotti, mangimi e servizi veterinari:** sono costi che si presentano in qualsiasi allevamento ittico. Dato che ci sono pochi fornitori per i costi previsti sopra menzionati, anche i costi sono più o meno costanti e non variano molto da un fornitore all'altro.
- **Acqua:** il costo dell'acqua è pressoché trascurabile, poiché l'acqua circola e il fabbisogno di acqua dolce è solo per integrare le perdite dovute all'evaporazione.

### 7.3 Calcolo della redditività finanziaria

Per l'azienda agricola sopra menzionata, abbiamo preparato un calcolo della redditività finanziaria dell'investimento in un sistema acquaponico.

Investimento in immobilizzazioni (investimento) .....	101.000,00 EUR
Dimensioni del sistema acquaponico .....	200 m <sup>2</sup>
Quantità di trote allevate/anno .....	1.000,00 kg
Quantità di lattuga coltivata/anno.....	13.300,00 kg
Valore totale delle vendite/anno.....	29.950,00 EUR
Costi operativi/anno.....	17.800,00 EUR
Tasso di ammortamento .....	10%
Ritorno finanziario sull'investimento (FRO) .....	4.897

Tabella 3: Ritorno finanziario sull'investimento in un sistema acquaponico

Kmetija Benedičič

**Finančna donosnost naložbe**

Naložbe v osnovna sredstva	101.000
Naložbe v obratna sredstva	0
<b>Investicijski izdatki</b>	<b>101.000</b>
Rezidualna vrednost naložbe	4.208
Rezidualna vrednost obratnih sredstev	0
Rezidualna vrednost osnovnih sredstev	4.208
Diskontna stopnja %	4,000
<b>Neto sedanja vrednost</b>	<b>4.243</b>
<b>Relativna NSV %</b>	<b>4,201</b>
<i>Izračun iz nominalnih donosov od prvega inv. izdatka</i>	*
Doba vračila v mesecih	98
Doba vračila v letih	8,2
<i>Izračun iz diskontiranih donosov od prvega inv. izdatka</i>	*
Doba vračila v mesecih	118
Doba vračila v letih	9,8
<i>Izračun iz nominalnih donosov od zaključka naložbe</i>	*
Doba vračila v mesecih	98
Doba vračila v letih	8,2
<i>Izračun iz diskontiranih donosov od zaključka naložbe</i>	*
Doba vračila v mesecih	118
Doba vračila v letih	9,8
<b>Interna stopnja donosa</b>	<b>4,897</b>

## 8. Requisiti operativi e manutenzione

L'acquaponica richiede una manutenzione regolare ma semplice, fondamentale per la stabilità a lungo termine.

### 8.1 Routine giornaliera e settimanale

- **Ispezione giornaliera:** è importante osservare quotidianamente i pesci e le piante. Il loro comportamento e aspetto devono essere controllati per individuare tempestivamente eventuali problemi. I pesci devono essere alimentati regolarmente, con somministrazione più frequente ma in dosi più piccole.
- **Ispezione settimanale/mensile:** si raccomanda di monitorare settimanalmente i parametri chiave dell'acqua come pH, ammoniaca, nitriti e nitrati. L'acqua evaporata o assorbita dalle piante deve essere rabboccata di tanto in tanto.

### 8.2 Risoluzione dei problemi comuni

I guasti di sistema spesso si verificano a causa di ignoranza ed errori. Con un rilevamento tempestivo e un intervento adeguato, i problemi possono essere risolti rapidamente.

- **Squilibri chimici:** un flusso d'acqua eccessivo può causare la morte delle piante ed è anche importante mantenere livelli di pH stabili.
- **Guasti alle apparecchiature:** uno dei rischi maggiori è il guasto della pompa dell'acqua, poiché un'interruzione del flusso d'acqua può rapidamente mettere a repentaglio la salute di piante e pesci. Pertanto, si raccomanda una regolare manutenzione della pompa e l'eventuale utilizzo di un sistema di backup.

*Tabella 4: Lista di controllo della manutenzione giornaliera e settimanale*

Compito	Frequenza	Scopo
<b>Alimentazione dei pesci</b>	Quotidiano	Fornire nutrienti per pesci e piante
<b>Ispezione visiva</b>	Quotidiano	Rilevamento precoce di problemi di salute dei pesci o delle piante
<b>Ispezione del flusso d'acqua</b>	Quotidiano	Garantire il corretto funzionamento della pompa e delle tubazioni
<b>Misurazione dei parametri dell'acqua</b>	Settimanale	Mantenimento di livelli stabili di pH, ammoniaca, nitriti e nitrati
<b>Riempimento dell'acqua</b>	Settimanale	Sostituzione dell'acqua persa attraverso l'evaporazione e la traspirazione
<b>Pulizia dei filtri</b>	Secondo necessità	Rimozione delle particelle solide accumulate

## 9. Aspetti normativi dell'acquaponica in Slovenia

### 9.1 Quadro legislativo attuale

Un'analisi della legislazione mostra che le normative relative alle attività di acquacoltura in Slovenia si concentrano principalmente sulla piscicoltura commerciale. Leggi e regolamenti disciplinano dettagliatamente questioni quali il controllo veterinario, la prevenzione delle malattie e la gestione dell'acquacoltura.

Non esistono normative specifiche per l'installazione di un piccolo sistema acquaponico non commerciale per uso domestico. Ciò significa che non sono necessari permessi o ispezioni da parte delle autorità competenti, come l'Amministrazione per la Sicurezza Alimentare, Veterinaria e la Protezione delle Piante, per la propria coltivazione. Questo rappresenta un vantaggio significativo in termini di fattibilità, in quanto elimina gli ostacoli burocratici. Tuttavia, questa libertà comporta anche responsabilità: l'individuo è pienamente responsabile della sicurezza e della salute del proprio sistema, garantendone l'igiene e prevenendo potenziali danni all'ambiente (ad esempio, la fuga di specie ittiche invasive). È importante sottolineare che la comprensione della biologia e della chimica del sistema è fondamentale per una gestione sicura ed efficace senza supervisione esterna.

### 9.2 Esempi di buone pratiche

In Slovenia, esistono già esempi e progetti di successo che confermano la fattibilità dell'acquaponica. L'azienda Satilu ha realizzato il primo orto acquaponico per la coltivazione verticale di ortaggi nel villaggio di Banuta, nel Prekmurje, e successivamente ha installato un sistema analogo a Strugnano. Un esempio modello è in funzione anche presso l'agriturismo Pomona a Rogaska Slatina.

## 10. Valutazione del rischio e strategie di mitigazione

Ogni progetto comporta dei rischi che possono essere mitigati con un'adeguata pianificazione e conoscenza.

- **Rischio di instabilità biologica:** il rischio principale è il collasso dell'ecosistema, spesso dovuto al blocco del ciclo dell'azoto, che porta all'accumulo di ammoniaca e nitriti tossici.

**Strategia di mitigazione:** stabilire attentamente una colonia batterica (chiamata "ciclo") prima di immettere pesci e monitorare regolarmente i parametri dell'acqua come il pH.

- **Rischio di guasto tecnico:** il guasto della pompa è un punto critico, in quanto può portare rapidamente alla morte di pesci e piante.

**Strategia di mitigazione:** utilizzare attrezzature di qualità, sottoporle a regolare manutenzione ed eventualmente installare una pompa di riserva per intervenire rapidamente in caso di guasto.

- **Rischio di inesperienza operativa:** il fallimento iniziale del progetto è spesso dovuto a errori come la scelta della pompa sbagliata o la sovralimentazione dei pesci.

**Strategia di mitigazione:** iniziare con un sistema più piccolo e semplice basato su un mezzo di coltura più resistente agli errori dei principianti e aggiornare gradualmente il sistema con automazione e componenti più complessi man mano che si acquisisce esperienza.

## 11. Conclusioni e raccomandazioni

Sulla base di un'analisi approfondita, l'installazione di un sistema acquaponico nell'azienda agricola in questione è valutata come altamente fattibile. Il progetto è tecnicamente fattibile, finanziariamente accessibile e non incontra ostacoli normativi significativi per l'uso domestico.

- **Per uso personale:** si consiglia di iniziare con un sistema fai-da-te a basso costo, basato su un substrato che può essere costruito con materiali riciclati. Questo approccio riduce le barriere finanziarie e tecniche iniziali e consente l'apprendimento attraverso la pratica. L'enfasi dovrebbe essere posta sulla comprensione del processo, sull'autosufficienza e sulla formazione, piuttosto che sulla massimizzazione della resa.

- **Per scopi commerciali:** si raccomanda un approccio graduale. Iniziare con un piccolo sistema per acquisire esperienza fondamentale. Una volta che il sistema è stabile e i processi biologici sono compresi, si può prendere in considerazione l'investimento in automazione, sistemi ibridi e la coltivazione di specie commercialmente interessanti.