

Aspetti tecnici dell'Agricoltura Urbana

Indice dei contenuti

Informazioni generali sul modulo	3
Risultati dell'apprendimento	4
Contenuti e risorse principali	5
CAPITOLO 1: Sistemi per l'agricoltura urbana tradizionale	5
1.1. Progetti di agricoltura urbana supportati dalla comunità	5
CAPITOLO 2: Sistemi innovativi per l'agricoltura urbana	11
2.1. Agricoltura sui tetti (Rooftop Farming)	12
2.2. Acquaponica urbana	19
2.3. Agricoltura verticale (Vertical farming)	24
CAPITOLO 3: Il ciclo dell'acqua e dei rifiuti nel contesto urbano	29
3.1. Il compostaggio urbano	29
3.2. Il ciclo dell'acqua nel contesto urbano	30
Concetti chiave e vocabolario	31
Sezione di valutazione	32
Attività / esercizi	36
Risorse utili per la lezione	37
Bibliografia, riferimenti e link per saperne di più	38

Informazioni generali sul modulo

Modulo n°2
TITOLO: Aspetti tecnici dell'Agricoltura Urbana
Autori: Giuseppina Pennisi, Elisa Appolloni, Ivan Paucek, Alessandro Pistillo
Introduzione
<p>Questo modulo introduce e illustra le varie tipologie di agricoltura urbana che si possono trovare nelle città di tutto il mondo. Viene fatta una distinzione tra sistemi tradizionali e innovativi. Nell'ambito dei sistemi tradizionali, l'agricoltura urbana supportata dalla comunità viene presa come esempio e descritta in modo più approfondito. Nell'ambito dei sistemi innovativi, sono stati descritti e approfonditi gli orti sui tetti, l'acquaponica urbana e le vertical farm. Ogni sistema sarà analizzato in termini di caratteristiche, ubicazione, funzioni, aspetti tecnici, sfide di sviluppo e necessità di supporto.</p> <p>L'obiettivo del modulo è quello di rispondere alla domanda: "Di cosa devo tener conto, dal un punto di vista tecnico, se decido di iniziare un'attività di agricoltura urbana?"</p>
Durata
12 ore – La durata di questo modulo è di otto ore di lezione e di quattro ore di pratica con esercizi e lettura delle risorse aggiuntive.

Risultati dell'apprendimento

Al completamento con successo dell'unità di apprendimento 2 i partecipanti dovrebbero essere in grado di...

Conoscenze	Capacità tecniche	Soft Skills
<ul style="list-style-type: none"> • Conoscere le diverse tipologie di iniziative di agricoltura urbana orientate al business • Conoscere le caratteristiche specifiche di CSA, agricoltura sui tetti, vertical farm e acquaponica • Conoscere il ciclo dei rifiuti e la loro gestione nei contesti urbani • Comprendere il ciclo dell'acqua in un contesto urbano e sapere come l'acqua può essere riciclata attraverso iniziative di agricoltura urbana 	<ul style="list-style-type: none"> • Essere in grado di identificare i passi principali per costruire una CSA • Essere in grado di sapere quali sono le sfide relative a un sito in cui stabilire una CSA urbana • Essere in grado di distinguere gli scopi di un orto sul tetto • Essere in grado di scegliere un sito utilizzabile per un orto sul tetto • Essere in grado di dimensionare un sistema acquaponico 	<ul style="list-style-type: none"> • Comunicare le tipologie di agricoltura urbana e i relativi vantaggi e svantaggi; • Creare un'iniziativa di agricoltura urbana e metterla in relazione con un contesto locale; • Conoscere i problemi più comuni quando si sviluppa un'iniziativa di agricoltura urbana e sviluppare la capacità di risolverne i problemi

Contenuti e risorse principali

CAPITOLO 1: Sistemi per l'agricoltura urbana tradizionale

L'agricoltura può assumere diverse forme nei contesti urbani, contribuendo alla sicurezza alimentare e alla sostenibilità ambientale urbana (Taylor e Taylor Lovell, 2014). Gli orti e i giardini comunitari sono le forme più antiche e conosciute di sistemi agricoli urbani tradizionali. La prima tipologia è principalmente dedicata all'autoproduzione, la seconda all'impegno sociale e alla costruzione della comunità (Orsini et al., 2020a). D'altra parte, l'agricoltura urbana supportata dalla comunità, abbreviata anche come CSA (Community Supported Urban Agriculture), è principalmente dedicata al business e alla generazione di reddito. In questa sezione, abbiamo deciso di descrivere in modo più approfondito solo la CSA urbana, come tipologia di agricoltura urbana orientata al business. Tuttavia, nella sezione **Risorse utili per la lezione**, alla fine del modulo, sono riportate diverse risorse esterne relative principalmente allo sviluppo e alla gestione degli orti comunitari.

1.1. Progetti di agricoltura urbana supportati dalla comunità

Il concetto dietro l'agricoltura supportata dalla comunità (CSA) è quello di trovare un modo per sostenere l'agricoltura e gli agricoltori, assicurando che questi ultimi (o un gruppo di essi) abbiano un mercato per i loro raccolti. L'idea principale è che un gruppo di consumatori si riunisca con gli agricoltori nelle vicinanze e che insieme condividano i costi della stagione agricola (compreso l'affitto della terra, le sementi, gli attrezzi e i salari) ed anche i prodotti della fattoria.

Possono esistere diverse tipologie di CSA urbane o periurbane, ciascuna caratterizzata da aspetti e sistemi di gestione diversi.



Tipologie di CSA urbane



Figura 1. Tipologie di CSA urbane (ridisegnate da Pilley, 2001).

Una CSA ben progettata in una comunità urbana o periurbana può produrre cibo, ma può anche servire come un motore economico che fornisce lavoro a un agricoltore e ad altro personale. Sebbene lo sviluppo e le caratteristiche di ogni CSA siano determinate dal luogo, dalle circostanze e dalla comunità, ci sono alcuni passi fondamentali che chiunque voglia intraprendere questa attività deve considerare.

Nelle sezioni seguenti daremo una descrizione più dettagliata dei passi che riteniamo fondamentali.

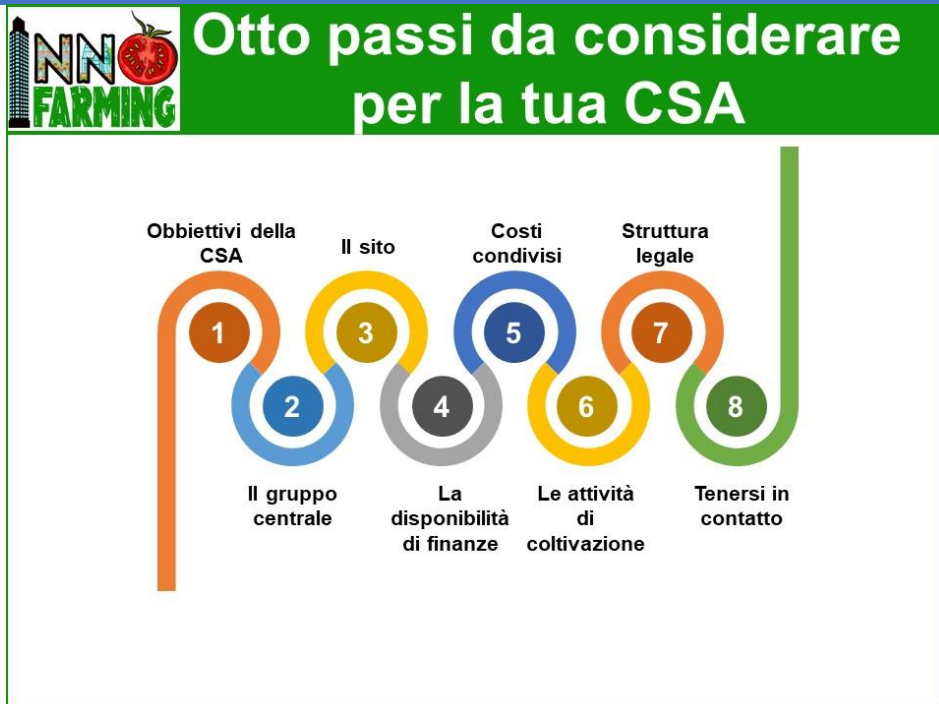


Figura 2. Otto passi da considerare per l'insediamento di una CSA urbana.

Le persone

Per sviluppare una CSA urbana, è necessario creare due gruppi di persone oltre ai contadini.

Il primo è composto dai consumatori, membri che legano la CSA e perpetrano l'impegno nel tempo. Normalmente, sono guidati da diverse ragioni: mangiare meglio, far parte di un movimento alimentare locale, aiutare l'ambiente, sostenere i produttori. Questo gruppo di persone può essere trovato usando diverse strategie: promuovendo la CSA urbana attraverso il giornale locale, preparando una brochure, facendo presentazioni a organizzazioni civiche o comunitarie oppure parlando con la radio locale.

Il secondo è il gruppo centrale, che sarà responsabile di tutte le attività di gestione della CSA diverse dalla coltivazione, quali reclutamento dei membri, comunicazione, distribuzione del cibo, finanze ed organizzazione di eventi. Gli agricoltori possono far parte del gruppo centrale, ma se così non fosse, il gruppo centrale potrebbe fungere da collegamento tra gli agricoltori e i consumatori. Di solito, esso è composto da membri della CSA appartenenti al primo gruppo di eletti da un'assemblea generale.

Il luogo

Per una più facile gestione di una CSA urbana, all'inizio dell'attività sono necessari circa 0,5 ettari di terra per 30 sottoscrizioni, superficie che può variare a seconda delle colture coltivate (ad esempio, è necessaria più terra per coltivare zucche o patate o alberi da frutta). Se è disponibile una serra, è necessaria meno superficie perché i contadini potranno coltivare piantagioni successive durante l'anno. Bisogna però fare attenzione, perché la costruzione di una serra porterà via molto tempo e (in alcuni casi) denaro, senza considerare

che in un contesto urbano possono essere richiesti permessi di costruzione (**Schenk e Hotchkiss, 2014**).

Inoltre, con l'inizio della raccolta dei prodotti, sarà necessario disporre di un posto per immagazzinare e distribuire la merce. A seconda dello spazio disponibile, il tempo di distribuzione può essere organizzato in diversi modi:

- Se lo spazio è piccolo, organizzare orari di ritiro scaglionati;
- Se non si ha abbastanza personale, organizzare lo spazio in modo da permettere alle persone di entrare e selezionare i loro prodotti in modo indipendente;
- Se si ha uno spazio piccolo ma diversi membri del personale a disposizione, organizzare le scatole dei prodotti, in modo che le persone possano ritirare rapidamente le scatole.



Figura 3. Passi per trovare un sito per una CSA urbana.

Quando il sito giusto sarà trovato, le attività legate alla CSA potranno iniziare. Tuttavia ci sono ancora alcune sfide relative al sito che dovrebbero essere considerate.

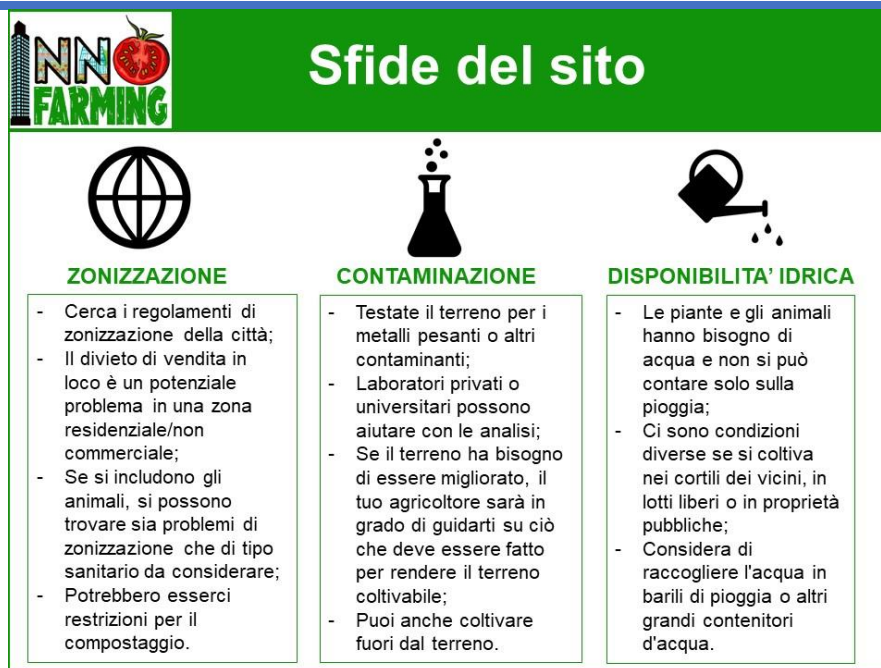


Figura 4. Altre sfide legate al sito per una CSA urbana.

Fissare la quota condivisa e il prezzo

In una CSA urbana, ogni membro riceve una quota della produzione totale ed è quindi fondamentale cercare di quantificare e prezzare tale quota. Il costo di una quota dovrebbe riflettere i costi totali di produzione e considerare anche un salario per il contadino o il coltivatore. Di solito, ci sono due modi per definire il prezzo della quota. Il primo è quello di considerare ciò che un cittadino spende normalmente in prodotti freschi ogni settimana e fornire l'equivalente per i prodotti della CSA a prezzi di mercato.

Il secondo, più sofisticato, è quello di preparare un budget preventivo all'inizio della stagione, e fissare un prezzo sulla base del numero di membri e sui costi che si dovrebbero affrontare durante la stagione. Il budget dovrebbe considerare le spese, comprese le sementi, le attrezzature, gli stipendi del personale (almeno un agricoltore, e possibilmente gli assistenti agricoltori e un manager della fattoria o un coordinatore della CSA), i costi della terra, i costi dell'acqua, e altre spese (per esempio, assicurazione, riparazioni e manutenzione, tasse). Alla fine della stagione i deficit possono essere addebitati mentre i fondi avanzati possono essere ridistribuiti o tenuti per la stagione successiva.

L'economia di scala è un altro aspetto da tenere in considerazione. Con l'aumento del numero di membri i costi fissi sono distribuiti tra più persone, quindi una buona pratica è fissare il prezzo della quota considerando il raggiungimento di redditività con il numero più basso di membri, e successivamente abbassare il prezzo, se più persone si uniscono alla CSA.

In una CSA urbana, i costi di coltivazione possono essere abbassati coinvolgendo i membri nelle attività lavorative. In questo caso, è necessario valutare quante ore di lavoro compongano una quota. Il lavoro può essere direttamente legato alla coltivazione, alle attività di compostaggio, o alle attività di gestione della parte commerciale della CSA. Fissando il prezzo per un'ora di lavoro e conoscendo il numero di ore di lavoro "contenute" nella quota, le persone possono pagare invece che lavorare.

Attività di coltivazione

Una buona organizzazione e pianificazione sono fondamentali per il successo dell'attività e del business. La quantificazione della produzione per coprire i bisogni dei membri dipende da diversi fattori:

- il numero di membri della CSA urbana, che aiuta a definire la dimensione della quota;
- la varietà di prodotto che la CSA vuole fornire;
- l'importanza di alcuni prodotti rispetto ad altri (per esempio, pomodori vs sedano);
- i fallimenti del raccolto.

Le attività agricole possono essere gestite utilizzando software specifici disponibili online, oppure creando una sorta di mappa delle coltivazioni che riporti cosa viene seminato, quando viene trapiantato, la durata del ciclo di coltivazione, quando viene raccolto, cosa viene piantato e cosa viene raccolto in ogni settimana della stagione, con le rese stimate per ogni coltura.

Alcune pubblicazioni suggeriscono che la coltivazione di venti diversi tipi di verdure e ortaggi, con diverse varietà per alcune colture (come pomodori e lattuga), è un buon punto di partenza per una CSA di dimensioni moderate. All'inizio, scegliere specie che si adattano bene al clima è una strategia ottimale e meno rischiosa. Una scelta interessante potrebbe essere quella di inserire qualche coltura perenne (per esempio, asparagi o bacche) fin dall'inizio.

Alcune colture possono essere coltivate direttamente dai semi, ma per molti altri prodotti si planteranno piantine coltivate indoor, in piccole serre chiamate cold frames o in qualche altro spazio protetto. Di conseguenza, potrebbe essere molto utile trovare uno spazio che si possa usare per questa operazione durante l'anno.

In una CSA, i prodotti devono essere forniti alle persone durante tutta la stagione (la durata dipende principalmente dalle condizioni climatiche e dalla disponibilità di una serra), quindi la pianificazione è essenziale. Per soddisfare i bisogni dei membri, bisogna pianificare piantagioni in successione per le diverse colture (per esempio, lattuga e altre verdure, ortaggi a radice e fagioli). In questo caso, fare un programma di semina è molto importante.

Le attività principali per avviare e gestire la produzione in una CSA urbana sono:

- Preparazione del suolo/fertilità: in questa fase, l'analisi del suolo è necessaria per conoscere le caratteristiche fisiche e chimiche del substrato di coltivazione.
- Compostaggio: bisogna controllare le regole della propria città.
- Preparazione dei letti: in un ambiente urbano, se si lavora sul sito di un vecchio edificio industriale o pubblico, si potrebbe prendere in considerazione l'idea di letti rialzati, perché il terreno sul posto potrebbe essere contaminato.
- Vivaio: se si dispone di una serra vi si può dedicare un posto al suo interno; altre opzioni per iniziare i semi in anticipo includono cornici a freddo semplicemente costruite.
- Controllo dei parassiti: cercare quali colture vanno coltivate insieme per allontanare certi insetti (companion planting), e considerare la rotazione delle colture e gli habitat degli insetti quando si fanno i piani di semina.
- Irrigazione: dovrebbe essere automatizzata e basata sulle caratteristiche del suolo, le condizioni climatiche e il tasso di traspirazione delle colture.
- Raccolta.

Distribuzione dei prodotti.

La soluzione più semplice è quella di avere un luogo dedicato alla distribuzione, con una cella frigorifera, in prossimità del luogo dove avviene la coltivazione, in modo che i prodotti non debbano muoversi. Due opzioni sono le più comuni:

- Scatole pronte: i vantaggi sono che ogni membro ha la stessa quota, ed è un risparmio di tempo per i membri che devono solo prendere la loro scatola e andare. Dall'altro lato, i membri non hanno scelte e la fase di "imballaggio" richiede tempo.
- Auto-impacchettamento: i membri possono scegliere i prodotti e incontrarsi, non c'è spreco di tempo da parte dei lavoratori per l'imballaggio dei prodotti; è necessario però più spazio e impacchettare una quota richiede più tempo, per un membro, che ritirare semplicemente una scatola.

CSA urbana: un esempio da Bologna (Italia).

Un interessante esempio di CSA periurbana è [Arvaia](#), situata a Bologna, Italia. Arvaia è nata nel 2013, coltivando ortaggi su un terreno di 3 ettari. Nel 2015, ha vinto la gara d'appalto del Comune di Bologna che ha assegnato l'intera area, di circa 47 ha, alla sua gestione con un contratto di 25 anni. Pagando l'affitto al Comune, Arvaia ha iniziato a coltivare legumi e cereali nel 2016 e all'inizio del 2017 ha piantato il primo nucleo del futuro frutteto, che fornirà ai soci anche frutta per circa sei mesi all'anno.



Figura 5. Immagini dalla CSA Arvaia.

Questa CSA coltiva in modo biologico, evitando l'uso di prodotti chimici, e sostenibile, con un'alta intensità di lavoro (e non di capitale) ed un basso impatto sulla terra. Produce ortaggi e frutta di stagione, senza imballaggi e passaggi intermedi, fornendo il raccolto direttamente ai soci che contribuiscono in vari modi alla loro produzione. Garantisce un reddito equo a chi lavora e cibo sano e accessibile a tutti, e questo attraverso il meccanismo di solidarietà di quella fetta di comunità a sostegno dell'agricoltura.

Oggi, Arvaia ha 476 membri e coltiva 75 varietà, tra ortaggi, frutta e cereali. Il prezzo delle verdure è di circa 750€ all'anno per "porzione". La porzione è distribuita per 50 settimane all'anno ed è composta da circa 7 kg di verdure a settimana.

CAPITOLO 2: Sistemi innovativi per l'agricoltura urbana

Sono state sviluppate nuove tecnologie per gestire la bassa fertilità del suolo e/o la disponibilità di acqua, ottimizzare la coltivazione in spazi limitati e minimizzare l'impatto della produzione orticola sull'ambiente e sulla salute umana. Queste tecnologie hanno dimostrato

di essere efficienti nell'affrontare questi ostacoli, ma devono essere integrate efficacemente nei sistemi agricoli e alimentari locali. Per avere una possibilità di essere adottate è necessario trasferire le conoscenze ad i produttori ed offrire loro assistenza tecnica. Alcuni sistemi utilizzano substrati naturali e vari tipi di compost, altri fanno riferimento invece a sistemi semplificati senza suolo. Questi sistemi di coltivazione altamente intensivi trovano la loro applicazione nelle aree urbane e periurbane dove lo spazio a disposizione è molto scarso e l'utilizzo molto competitivo. Nelle sezioni seguenti, verranno descritti i più comuni sistemi innovativi di agricoltura urbana.

2.1. Agricoltura sui tetti (Rooftop Farming)

L'agricoltura sui tetti è una forma di agricoltura urbana innovativa applicata agli edifici, che supera il problema del limitato spazio coltivabile nelle città sfruttando i tetti piatti di diverse tipologie di costruzioni (ad esempio, uffici, ospedali, scuole, supermercati, hotel, edifici residenziali, ecc.). Le moderne tecnologie per la coltivazione sui tetti sono state sviluppate per la prima volta in Germania, Svizzera e Scandinavia, come un modo per aumentare l'efficienza ambientale degli edifici, diminuire il deflusso delle acque, aumentare la biodiversità urbana e controbilanciare gli effetti delle isole di calore (**Caputo et al., 2017**). L'agricoltura sui tetti può essere sviluppata sia in condizioni protette (*serre sui tetti*) che non protette (*orti/giardini all'aperto sui tetti*), applicando tecnologie avanzate o materiali di recupero, coltivando su suolo (ad esempio, in contenitori riempiti di terra o con terra applicata direttamente sulla superficie del tetto) o utilizzando sistemi di coltivazione senza suolo (ad esempio, idroponica o acquaponica) (**Appolloni et al., 2020**).

La realizzazione di un orto sul tetto dovrebbe partire dalla definizione del progetto, considerando gli obiettivi di coltivazione, le caratteristiche del sito, la tipologia di giardino, le persone coinvolte e la disponibilità di risorse. La fase di definizione sarà fondamentale per avere un'idea chiara delle sfide che si possono incontrare durante la realizzazione e il funzionamento del progetto.

Scopi di coltivazione.

La definizione degli obiettivi della coltivazione è il primo passo da compiere quando si inizia un progetto di coltivazione su un tetto. In base all'obiettivo di coltivazione, le esperienze di Rooftop Farming possono essere classificate in cinque diverse categorie: commerciali, sociali-educative, di immagine, di innovazione o di miglioramento della qualità della vita urbana (**Thomaier et al., 2015**).



Scopi dell'agricoltura sui tetti


 Immagine	Coltivazione con fini estetici e di marketing, specialmente applicata su alberghi, ristoranti e caffetterie che trasformano i prodotti ottenuti
 Qualità della vita urbana	Progetti per il miglioramento della qualità della vita dei residenti e degli impiegati urbani, offrendo uno spazio verde dove produrre il proprio cibo e rilassarsi. È spesso applicato su edifici residenziali o uffici
 Commerciale	Produzione alimentare con scopo di lucro, spesso eseguita da start-up o imprese agricole
 Sociale e Educativo	Progetti che mirano a insegnare valori sociali ed ecologici, spesso applicati su scuole o istituzioni senza scopo di lucro
 Innovativo	Coltivazione con scopo di ricerca e innovazione, spesso applicata su università o centri di ricerca

Figura 6. Elenco degli scopi dell'agricoltura sui tetti.

Lo scopo del progetto influenzerà inevitabilmente la selezione di tecniche e tecnologie, e l'approccio alla progettazione. **Sanyè-Mengual et al. (2015)**, in uno studio che affronta un progetto sperimentale sul tetto di un'abitazione sociale a Bologna (Italia), afferma che, guardando all'impatto ambientale, la coltivazione convenzionale su suolo in contenitori è più vantaggiosa rispetto a quella idroponica nei mesi invernali. Al contrario, se lo scopo è la massimizzazione della produttività, i sistemi idroponici possono consentire una resa maggiore rispetto alle tecniche di agricoltura convenzionale considerando la stessa area di coltivazione (**Grewal e Grewal, 2012**).

Sito del progetto.

A causa della peculiare posizione su un tetto, le caratteristiche del sito sono un aspetto fondamentale da considerare per lo sviluppo di un efficace progetto di Rooftop Farming. La scelta del sito può influenzare la durata degli impianti di coltivazione (temporanea o permanente), l'accessibilità delle risorse, la scala di produzione e la sicurezza dell'utente. Pertanto, coloro che decidono di intraprendere questo tipo di attività dovrebbero considerare diversi fattori prima di impostare il loro progetto, eventualmente adattando il luogo, al fine di mantenere le migliori condizioni possibili durante lo svolgimento delle attività di giardinaggio (**Germain et al., 2008**).

Uno dei più importanti fattori che influenzano la diffusione dell'agricoltura sui tetti è l'adeguatezza degli edifici, che si riferisce alla necessità che l'edificio sopporti carichi più elevati dovuti al peso della terra e di altre attrezzature. Considerando i carichi strutturali, una classificazione comune dei tetti verdi li divide in tre categorie principali in base alla profondità del substrato, come riportato nella **Tabella 1**.

Tabella 1. Principali caratteristiche del substrato dei tetti verdi estensivi, semi-estensivi e intensivi (Caputo et al., 2017).

	Estensiva	Semi-estensiva	Intensiva
Profondità substrato	60-200 mm	120-250 mm	150-400 mm
Peso strutturale	60-150 kg m ⁻²	120-200 kg m ⁻²	180-500 kg m ⁻²
Costo	basso	periodico	alto

I carichi associati alla profondità di coltivazione possono non costituire un problema importante se l'orto è integrato in un nuovo edificio, e se tali carichi sono stati considerati fin dall'inizio del processo di progettazione. Negli edifici preesistenti, questi carichi possono non essere compatibili invece con la capacità di carico del tetto.

Questo è vero anche per le serre. Tali strutture possono non avere necessariamente un grande peso in termini di materiali strutturali e rivestimento esterno, grazie alla costruzione con elementi leggeri quali alluminio e pannelli in policarbonato. Tuttavia, a seconda delle attrezzature utilizzate per il metodo di coltivazione, il carico totale può aumentare criticamente. Come riportato da **Caputo et al. (2017)**, un altro fattore chiave nella progettazione di una serra sul tetto è il carico dei venti, che diventa maggiore con l'altezza dell'edificio, richiedendo quindi particolare attenzione alla robustezza della serra stessa e soprattutto dell'attaccatura della serra all'edificio. Infine, deve essere fatta attenzione anche ai serbatoi d'acqua che possono rappresentare un carico localizzato in specifici punti del tetto.

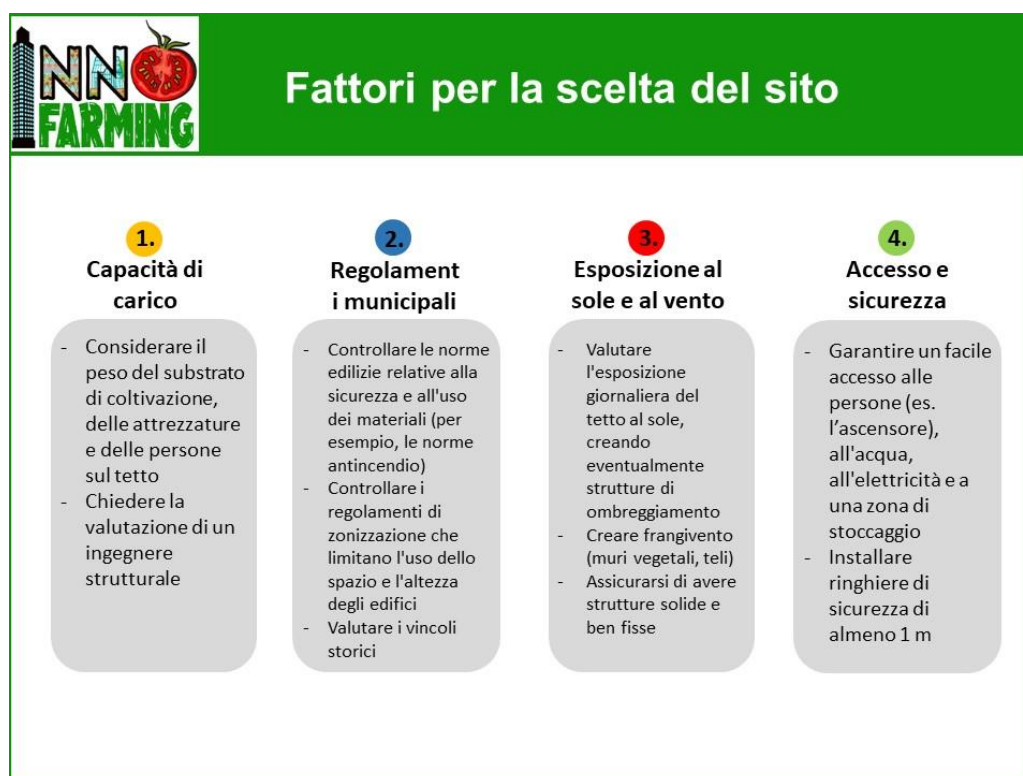


Figura 7. Fattori che dovrebbero essere considerati per la scelta del sito per una fattoria sul tetto.

Se non è indipendente, l'accesso al tetto può rappresentare un problema. Un accordo formalizzato con gli abitanti dell'edificio è necessario per permettere la circolazione verticale. In alternativa, scale esterne possono essere costruite e aggiunte agli edifici già esistenti.

La sicurezza è un altro punto cruciale, poiché, molto spesso, negli edifici esistenti il tetto non è progettato per ospitare persone. Per questo motivo, dovranno essere costruiti adeguati parapetti di protezione, se non sono già presenti.

Progettazione e realizzazione

Una volta che il progetto è stato definito e il sito è stato scelto, la realizzazione dell'orto sul tetto può iniziare. Il futuro gestore dell'orto può decidere se chiedere aiuto per la progettazione, assumendo un professionista esperto come un architetto del paesaggio. Tuttavia, la realizzazione del progetto può anche essere eseguita autonomamente. In questo caso, 3 passi fondamentali dovrebbero essere considerati per evitare errori.

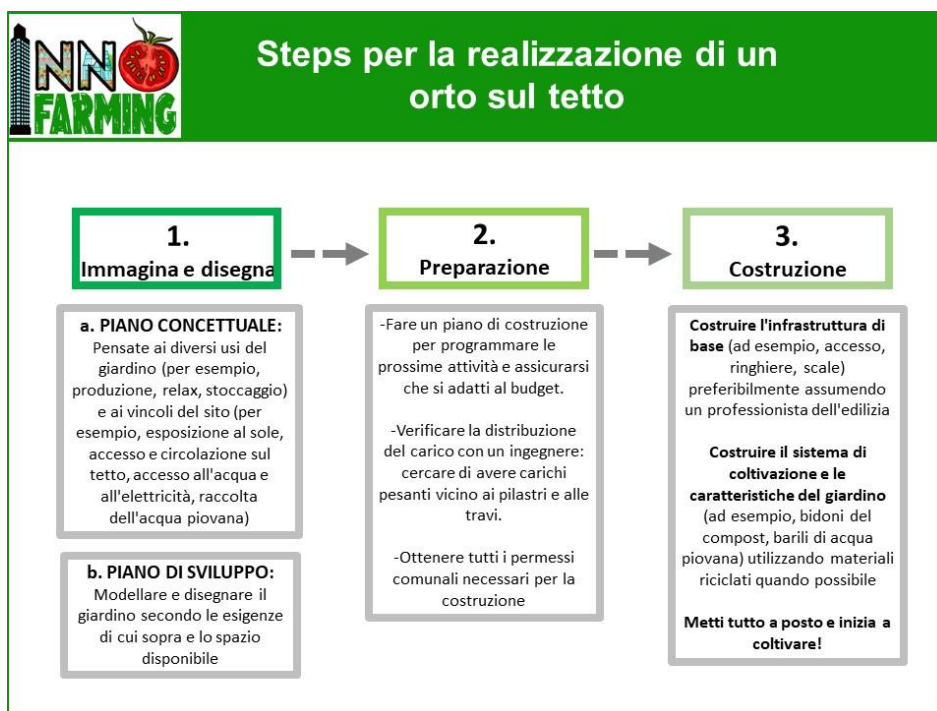


Figura 8. Passi per la realizzazione della fattoria sul tetto.

Orti sul tetto in sistemi idroponici semplificati e utilizzo di terreno

I sistemi comunemente usati per la coltivazione sui tetti sono quelli basati sull'utilizzo di suolo, di acqua o di substrati inerti. Gli ultimi due sistemi sono comunemente conosciuti come sistemi idroponici o culture senza suolo. I vantaggi della coltivazione idroponica sui tetti sono (**Rodríguez-Delfín et al., 2017**):

- Sfruttamento di luoghi inadatti all'agricoltura tradizionale;
- Rendimenti generalmente più alti rispetto alla coltivazione tradizionale basata sul suolo, grazie alla crescita più rapida e vigorosa delle piante, così come a un maggior numero di raccolti all'anno;
- Basso consumo di acqua e fertilizzanti;
- Nessuna perdita di fertilizzanti;
- Possibile utilizzo della coltivazione idroponica sui tetti anche per scopi sociali e per migliorare i redditi delle popolazioni svantaggiate generando lavoro autonomo nelle loro case.

Per quanto riguarda i sistemi di coltivazione basati sul suolo, di solito sono costituiti da letti di coltivazione (contenenti terra proveniente da campi agricoli, mescolata con materia organica e altri substrati) e percorsi pedonali. La profondità del suolo dipenderà dai limiti strutturali dell'edificio, dalla capacità del suolo di trattenere l'acqua e dalle esigenze delle colture. Quando è saturo d'acqua, un metro cubo di terreno può pesare fino a 1,6 tonnellate (**Fairholm, 1999**), superando la capacità portante del tetto. Di conseguenza, substrati leggeri o altri mezzi di coltivazione possono essere usati in alternativa al terreno. I substrati di coltivazione organici e inerti, come la perlite e la pomice, sono di solito usati in contenitori. Per quanto riguarda le colture senza terra, invece, le tecniche più comunemente adottate sono l'impiego del film nutritivo (NFT) o l'idroponica flottante.

Ulteriori dettagli sui terreni di coltivazione e sui sistemi senza suolo per l'agricoltura sui tetti possono essere trovati in **Rodríguez-Delfín et al. (2017)**, **Gruda et al. (2013)**, e **Savvas et al. (2013)**.

Tecnologie per le serre sui tetti

Gli agricoltori di orti sui tetti possono decidere di usare una serra per proteggere le colture da condizioni ostili, quali temperatura sfavorevole, pioggia, vento, malattie e parassiti.

Il fattore chiave di una serra è la trasmissione della luce, che può dipendere dall'orientamento, dalla pendenza del tetto, dal materiale di copertura e dalle parti strutturali. Per quanto riguarda l'orientamento della serra, l'orientamento da est a ovest (E-W) è preferibile all'orientamento da nord a sud (N-S), secondo diversi studi condotti su serre convenzionali. Per quanto riguarda l'inclinazione del tetto, un'inclinazione di 30° è un buon compromesso tra trasmissione della luce e costi di costruzione (**Montero et al., 2017**).

La maggiore perdita di trasmissione della luce in una serra è dovuta alle parti strutturali, che nelle serre sui tetti sono più abbondanti, a causa delle norme edilizie urbane che sono più esigenti rispetto a quelle rurali in termini di coefficienti di sicurezza contro il carico di vento e neve, combinazione di carichi, indennità di spostamento e così via.

Per quanto riguarda i materiali di copertura, la **Tabella 2** contiene le proprietà ottiche ottimali per le serre.

Tabella 2. *Principali caratteristiche del substrato dei tetti verdi estensivi, semi-estensivi e intensivi (Montero et al., 2017).*

Proprietà	Comportamento ottimale
Assorbanza	Minima assorbanza della radiazione solare
Colore	Non dovrebbe agire come un filtro della luce
Fotosensibilità	Resistente agli UV per evitare degradazione
Riflessività	Minima riflessione della PAR, massima riflessione dell'infrarosso
Trasmittanza	Massima trasmittanza della PAR, minima trasmittanza dell'infrarosso
Diffusione solare	Più alta possibile, senza limitare la trasmittanza della PAR

Le serre sul tetto hanno gli stessi scopi e requisiti di una serra convenzionale sul terreno, ma hanno anche alcune caratteristiche specifiche, principalmente legate alle parti strutturali, per rispettare i codici di costruzione degli edifici, che sono più severi di quelli agricoli. Per esempio, l'edificio dell'ICTA-ICP a Bellaterra (Spagna) ha dovuto adattare le strutture comuni delle serre: la struttura in acciaio è stata sovradimensionata per garantire la resistenza al vento, e il policarbonato è stato usato come materiale di copertura, perché il

polietilene a densità leggera (LDPE) era vietato. Infatti, i materiali per le serre sul tetto dovrebbero rispettare le leggi sulla sicurezza antincendio e dovrebbero essere più resistenti.



Figura 9. Serra sul tetto dell'edificio ICTA-ICP a Bellaterra (Spagna).

Anche il costo, la manutenzione e il peso sono considerati fattori limitanti nella selezione dei materiali. Il policarbonato e il polimetilmetacrilato (PMM) possono essere usati come pannelli a singolo strato (maggiore trasmissione della luce) o a doppio strato (elevato risparmio di energia termica).

Informazioni generali sulle serre possono essere trovate in [Good Agricultural Practices for greenhouse vegetable crops](#).

Gestione sostenibile

Una volta che l'orto sul tetto è pronto, l'agricoltore deve iniziare a pensare alla selezione e alla gestione delle piante. Una gestione sostenibile è un aspetto importante da considerare in caso di coltivazione sui tetti, al fine di evitare rischi per la salute delle persone che vivono nelle vicinanze e la competizione delle risorse per altri usi urbani (**Orsini et al., 2017**).

Per quanto riguarda i rischi per la salute, l'uso di pesticidi, erbicidi e fertilizzanti chimici dovrebbe essere evitato su un tetto, impiegando risorse alternative non dannose per la salute umana. Il compost può essere usato come fertilizzante, mentre l'associazione di piante sinergiche o pesticidi naturali potrebbe aiutare a controllare naturalmente lo sviluppo di insetti e malattie. Inoltre, poiché il compost è un fertilizzante naturale ottenuto dalla decomposizione dei rifiuti organici, la sua applicazione può aiutare a chiudere il ciclo alimentare con conseguenze positive sull'ambiente, oltre che a ridurre i costi per la nutrizione delle piante. Un substrato di coltivazione ottimale è rappresentato da una miscela di terra con 50-30% di compost per la nutrizione e 5-10% di perlite per il drenaggio.

L'acqua è la risorsa per la quale si crea più concorrenza in un contesto urbano. L'uso dell'acqua municipale per scopi agricoli può determinare una pressione eccessiva a causa dell'uso contemporaneo da parte degli abitanti della città e delle attività industriali. Per questo motivo, una fattoria o un giardino sul tetto dovrebbe considerare l'integrazione di un sistema di raccolta dell'acqua piovana. Questa fonte di irrigazione è l'opzione migliore per l'irrigazione delle piante, avendo una temperatura naturalmente calda che non crea shock alle piante ed essendo priva di cloro che può limitarne la crescita. Tuttavia, l'acqua piovana deve essere raccolta e immagazzinata correttamente, evitando l'ingresso delle zanzare e la formazione di alghe mediante reti e barili scuri.



Come creare un collettore di acqua piovana: un esempio facile

Materiali:

- 1 o più barili (200L) (1)
- Zanzariera (2)
- 2 scafi passanti (3), 4 gommini (4),
- 1 tubo Carlon (5), 2 fascette (6) (per ogni barile supplementare)
- Articoli per il taglio e il disegno



- Trovare il beccuccio della grondaia e pianificare il collegamento con il barile
- Creare un'apertura sul barile o usare il coperchio come apertura
- Coprire l'apertura con una rete
- Collegare l'apertura del barile alla grondaia

Come collegare più barili:

- Mettere più barili uno accanto all'altro
- Mettere degli scafi passanti su due dei lati opposti dei barili a 10-30 cm dal coperchio
- Collegare i barili con un tubo Carlon usando fascette
- Usare gommini per evitare perdite d'acqua

Figura 10. Passi per la realizzazione di un collettore di acqua piovana.

Brooklyn Grange: la più famosa azienda agricola su un tetto nel cuore di New York

Brooklyn Grange è una azienda agricola urbana commerciale. Ad oggi, coltivano tre tetti di New York City. L'azienda di Long Island è stata costruita nel 2010, ed è composta da circa 540 tonnellate di terra in 43000 m² di letti di coltivazione. L'azienda Navy Yard, costruita nel 2012, comprende 1360 tonnellate di terra su un edificio di 65000 m². La fattoria di Sunset Park, completata nel 2019, è di 140000 m² in totale, compresa una serra di 4800 m². La superficie totale dei tetti, comprese le serre, i patii e le passerelle, è di 22 ettari.

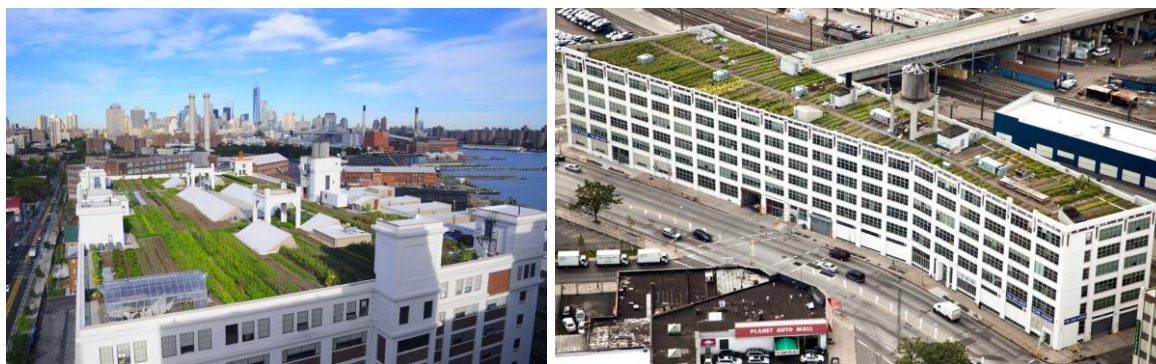


Figura 11. Orto sul tetto di Brooklyn Grange (Fonte della foto: <https://www.brooklyngrangefarm.com/about-brooklyn-grange-1>)

Brooklyn Grange è la più grande azienda agricola sul tetto di tutto il mondo e produce ogni anno circa 45 tonnellate di verdure coltivate biologicamente. La fattoria vende i prodotti direttamente alla comunità in cinque mercati settimanali, oltre a diversi ristoranti locali e negozi al dettaglio. Durante l'estate, hanno anche un fiorente programma CSA attraverso il quale distribuiscono quote.

Per informazioni tecniche sull'agricoltura sui tetti:
scarica [Rooftop Agriculture](#) or leggi [Rooftop Urban Agriculture](#)

2.2. Acquaponica urbana

L'acquaponica è un sistema di produzione alimentare bio-integrato, risultante dalla combinazione tra l'attività di allevamento di pesci (acquacoltura) e il sistema di produzione di piante senza terra (idroponica) (Palm et al., 2018).

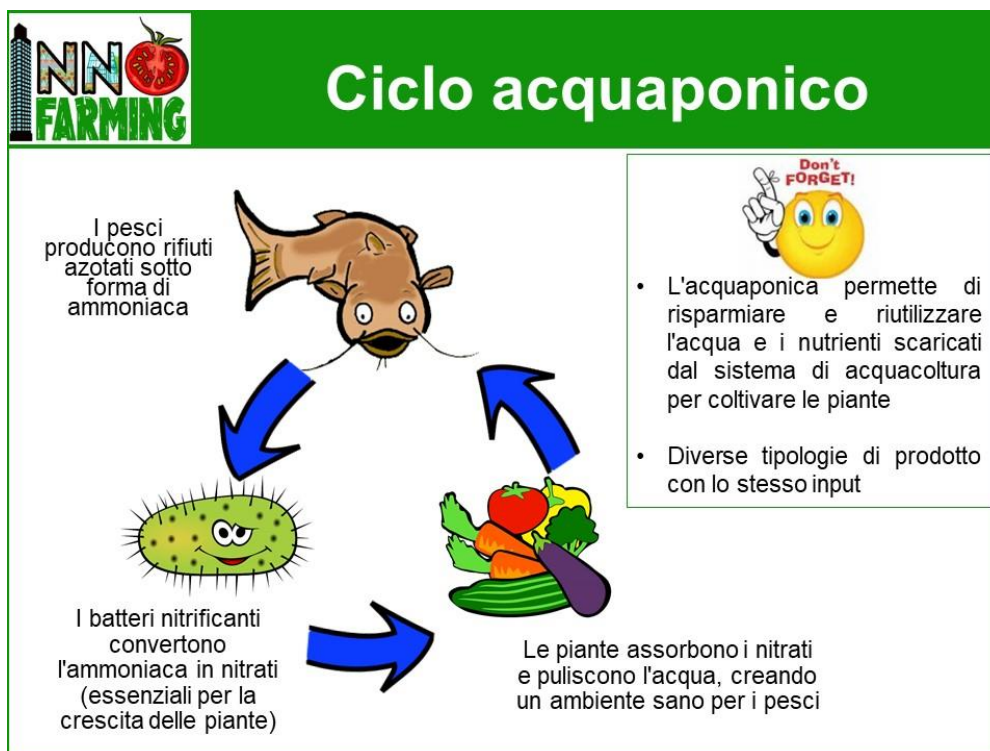


Figura 12. Chiusura del ciclo dell'acqua e dei nutrienti con l'acquaponica.

Il sistema

Un sistema acquaponico è composto da:

- **Vasca per i pesci:** sono le vasche per l'allevamento e l'alimentazione dei pesci, il cui dimensionamento dipende dalla densità dei pesci e dalla biomassa desiderata. Una forma rotonda con fondo piatto è raccomandata per la circolazione dell'acqua e il movimento dei rifiuti solidi, mentre per quanto riguarda i materiali, la plastica (ad esempio, polietilene a bassa densità) o la fibra di vetro sono raccomandati per la loro resistenza e la lunga durata. Le vasche bianche sono consigliate per una più facile visione dei pesci al fine di controllare facilmente il comportamento e la quantità di rifiuti depositati sul fondo della vasca stessa, e anche per mantenere l'acqua fresca. La vasca dovrebbe essere coperta per evitare perdite accidentali.
- **Filtro meccanico:** è l'unità per la cattura del cibo non consumato e dei biofilm distaccati, e per l'eliminazione del particolato fine. Nei sistemi a bassa densità di allevamento (<math><10 \text{ kg/m}^3</math>) i dispositivi si basano sulla sedimentazione per la rimozione delle particelle (per dimensioni delle particelle $\geq 100 \text{ }\mu\text{m}</math>), mentre i sistemi con una densità di allevamento più elevata (>math>>10 \text{ kg/m}^3</math>) possono richiedere filtri a tamburo rotante (per dimensioni delle particelle $\geq 30 \text{ }\mu\text{m}</math>) e frazionatori di schiuma (per dimensioni delle particelle $\leq 30 \text{ }\mu\text{m}</math>).$$$

- **Biofiltro:** è il luogo dove i batteri nitrificanti possono crescere e convertire l'ammoniaca in nitrati. Se le piante sono coltivate in un letto di crescita media (si usa un substrato) e la densità di stoccaggio dei pesci è bassa, il biofiltro non è necessario; in tutte le altre condizioni possibili, il biofiltro più utilizzato è il reattore a letto mobile (MBBR), composto da piccole strutture di plastica ad alta superficie specifica, tenute in costante movimento e costantemente aerate (ad esempio, Bioballs®).
- **Sottosistema idroponico:** è la parte del sistema in cui vengono coltivate le piante. Di solito consiste in letti riempiti con diversi substrati oppure in sistemi idroponici (per esempio, tecnica del film nutritivo o coltura in acqua profonda).
- **Pozzetto:** è il punto più basso del sistema in cui scorre l'acqua e da cui viene ripompata l'acqua alle vasche di allevamento.

Iniziare a progettare un sistema acquaponico

La progettazione di un nuovo sistema acquaponico dovrebbe essere basata sugli obiettivi e i requisiti di produzione, e dovrebbe considerare:

- lo scopo del sistema (ad esempio, business, autoproduzione, educativo, estetico);
- il sito e lo spazio disponibile (ad esempio, per un sistema commerciale sono necessari almeno 1'000 m²);
- l'ubicazione (ad esempio, se l'impianto è collocato all'interno sarà necessaria l'illuminazione interna, se l'impianto è collocato all'esterno sarà necessario il riscaldamento, ma probabilmente i costi di costruzione saranno inferiori);
- la gestione del sistema (per esempio, l'automazione è costosa, ma il lavoro manuale richiede tempo);

La progettazione e la costruzione di un sistema acquaponico segue una serie di fasi sequenziali: studio di fattibilità e selezione del sito, progettazione di base, progettazione dettagliata, preparazione del sito di costruzione e costruzione.

Studio di fattibilità: sito e infrastrutture

Le esigenze di base richieste al sito per ospitare un sistema acquaponico sono

- **stabilità del sito:** a causa del peso dell'acqua, è necessario controllare la capacità di carico della superficie di appoggio;
- **controllo delle condizioni climatiche:** durante i periodi di bassa temperatura e scarsa luce diurna, un'opzione è fermare la produzione per poi ricominciare in primavera. Altra possibilità è invece quella di riscaldare l'acqua e l'aria e fornire illuminazione artificiale (ma, attenzione ai costi).

Al contrario, le temperature estremamente alte devono essere evitate durante l'estate. È possibile quindi installare delle reti ombreggianti o, in caso di produzione in serra, dipingere l'esterno della serra con vernice bianca;

- **servizi:** sono necessarie prese elettriche per le pompe, un generatore d'ossigeno (o d'aria) e una fonte d'acqua per i cambi d'acqua o per la pulizia dei filtri. È importante anche considerare dove devono andare gli scarichi;
- **accessibilità:** il luogo dovrebbe essere accessibile per spostare i materiali, le piante raccolte e i pesci in caso di emergenza. D'altra parte, dovrebbe essere protetto dalle persone non autorizzate a causa del rischio di infezioni e malattie;
- **spazi di lavoro:** in questa fase dello studio di fattibilità, dovrebbero essere considerati i luoghi per lo stoccaggio del cibo per i pesci, del materiale di pulizia, degli strumenti, delle attrezzature di monitoraggio e degli abiti da lavoro.

Il bilanciamento del sistema acquaponico

Un sistema acquaponico è il risultato di un equilibrio tra piante, pesci e batteri (**Sallenave, 2016**). I pesci devono fornire nutrienti adeguati alle piante e le piante devono filtrare l'acqua per i pesci. Il biofiltro deve essere abbastanza grande per processare tutti i rifiuti dei pesci, ed è necessario un volume d'acqua sufficiente per far circolare questo sistema.

Prima di tutto, è fondamentale sottolineare che pesci, piante e batteri hanno diversi range ottimali in termini di parametri fisico-chimici dell'acqua:

- Pesci d'acqua calda: 22-32°C, pH = 6-8,5, 4-6 mg L⁻¹ DO (ossigeno disciolto)
- Pesci d'acqua fredda: 10-18°C, pH = 6-8,5, 6-8 mg L⁻¹ DO
- Piante: 16-30°C, pH = 5,5-6,5, ≥3 mg L⁻¹ DO
- Batteri: 14-34°C, pH = 6-8,5, 4-8 mg L⁻¹ DO

Di solito, l'uso del rapporto di alimentazione (*feed rate ratio*) è il modo più efficace per bilanciare un sistema acquaponico. Il rapporto valuta quanto mangime per pesci dovrebbe essere aggiunto ogni giorno al sistema, considerando l'area disponibile per la crescita delle piante. Il rapporto cambia in funzione del tipo di piante coltivate (40-50 g m² giorno⁻¹ o 50-80 g m² giorno⁻¹, rispettivamente per verdure a foglia o a frutto), e del tipo di mangime usato. Il primo passo è quello di calcolare quante piante si vogliono coltivare (considerando che in generale la densità di piantagione è di 20-25 piante m⁻² per gli ortaggi a foglia e 4-8 piante m⁻² per gli ortaggi da frutto), e di conseguenza la quantità necessaria di area di coltivazione. Una volta che si conosce l'area di coltivazione, è possibile calcolare la quantità di mangime per pesci che può essere aggiunta al sistema ogni giorno e, di conseguenza, il numero di pesci necessari per consumare questo mangime, considerando che pesci di dimensioni diverse hanno esigenze e regimi alimentari diversi (molti pesci piccoli mangiano tanto quanto alcuni pesci grandi). Tuttavia, in media, i pesci consumeranno 1-2% del loro peso corporeo al giorno durante la fase di crescita. Per completare il sistema, bisogna specificare che la densità massima raccomandata per i pesci è di 20 kg di pesci per 1'000 L d'acqua. Infine, anche il volume del biofiltro dovrebbe essere calcolato considerando la quantità di mangime che entra nel sistema giornalmente e considerando un volume minimo di 0,5 L per grammo di mangime giornaliero.

Un esempio di calcoli per bilanciare il sistema acquaponico è riportato nella **Figura 13**.



Esempio di calcoli per bilanciare il sistema

- Un sistema di 100 m² per la coltivazione di ortaggi a foglia, permette di produrre 2'500 piante.
- Considerando il rapporto di alimentazione per gli ortaggi a foglia:

$$100 \text{ m}^2 * \frac{50 \text{ grammi di cibo / giorni}}{1 \text{ m}^2} = 5000 \text{ grammi di cibo /giorni}$$

- Il pesce (biomassa = kg) in un sistema mangia 1-2% del suo peso corporeo al giorno, quindi:

$$5000 \text{ grammi cibo/giorno} * \frac{100 \text{ grammi pesce}}{1 - 2 \text{ grammi cibo/giorno}} = 250 - 500 \text{ kg}$$

- Considerando una densità di allevamento di 20 kg m⁻², 13-25 vasche di 1'000 L saranno necessarie per equilibrare il sistema (o 4-8 vasche di 3'000 L).
- Infine, considerando che la quantità giornaliera di mangime che entra nel sistema è di 5'000 grammi, un biofiltro di 2'500 L dovrebbe essere aggiunto al sistema.

Figura 13. Esempio di calcolo per bilanciare un sistema acquaponico basato sul rapporto di alimentazione.

Pratiche di gestione

Per gestire correttamente il sistema acquaponico, ci sono alcune attività che dovrebbero essere eseguite su base giornaliera, settimanale o mensile (**Somerville et al., 2014; Junge et al., 2020**).

Attività quotidiane.

- Alimentare i pesci (1-2 volte al giorno, se possibile), controllare quanto mangime è stato mangiato e, nel caso sia necessario, regolare i tassi di alimentazione;
- Ogni volta che si cibano i pesci, controllare il comportamento e il loro aspetto, e rimuovere i pesci morti, avendo cura di annotare ogni commento importante;
- Controllare che l'acqua scorra;
- Controllare il livello dell'acqua e, se necessario, aggiungere altra acqua per compensare l'evaporazione;
- Controllare la temperatura dell'acqua;
- Controllare che le pompe dell'acqua e dell'aria funzionino bene e pulire i loro ingressi da eventuali ostruzioni;
- Controllare la vasca dei pesci, dove non deve essere presente fango;
- Controllare se ci sono perdite;
- Controllare l'aerazione nel biofiltro e coprire il biofiltro per schermarlo dalla luce (prevenzione dalla crescita delle alghe);
- Controllare le piante per i parassiti e gestire i parassiti, se necessario. Rimuovere le foglie con segni di malattie o infestazioni di parassiti.

Attività settimanali.

- Eseguire test sulla qualità dell'acqua per temperatura, pH, ammoniaca, nitriti e nitrati prima di nutrire i pesci. Se i livelli superano i valori di soglia, prendere le misure appropriate:
 - Se NH₄⁺ o NO₂ sono troppo alti, interrompere/ridurre l'alimentazione
 - Se O₂ è troppo basso, o NH₃ o la temperatura troppo alti, aumentare l'aerazione e ridurre la temperatura utilizzando uno scambiatore di calore a piastre

- Regolare il pH, se necessario;
- Controllare le piante alla ricerca di carenze. Aggiungere fertilizzante organico, se necessario;
- Eliminare i rifiuti dei pesci dal fondo delle vasche e nel biofiltro;
- Rimuovere il fango dal raccoglitore di fanghi. Non dovrebbero esserci fanghi nei tubi;
- Piantare e raccogliere i prodotti, se necessario;
- Pescare i pesci, se necessario;
- Controllare che le radici delle piante non ostruiscano i tubi o il flusso dell'acqua.

Attività mensili.

- Inserire nuovi pesci nelle vasche, se necessario;
- Pulire il biofiltro, il chiarificatore e tutti i filtri;
- Pulire il fondo della vasca dei pesci con reti da pesca;
- Pesare un campione di pesci, regolare la quantità di mangime in base al tasso di alimentazione adatto alla taglia dei pesci e controllare accuratamente che non ci siano malattie.

Piante e pesci adatti all'acquaponica.

I pesci e le piante coltivate in un sistema acquaponico dovrebbero avere esigenze simili per quanto riguarda la temperatura e il pH.

I pesci solitamente allevati in acquaponica sono:

- tilapia;
- carpa;
- pesce gatto;
- branzino blu/brim;
- persico sole;
- crappie;
- koi;
- pesci rossi fantasia;
- pacu;
- vari pesci ornamentali come pesci angelo, guppy, tetra, pesci spada, molly.

Le piante che possono essere facilmente coltivate in un'unità acquaponica sono:

- verdure a foglia (per esempio, lattuga, pak choi, cavolo, bietola, rucola);
- erbe (per esempio, basilico, menta, erba cipollina);
- verdure fruttate (per esempio, pomodoro, peperone, cetriolo).

ECF FARM Berlin: un'azienda acquaponica a Berlino (Germania)

Situata a Berlino Schöneberg, [ECF Farm Berlin](#) è una delle più moderne strutture di acquaponica urbana del mondo. I prodotti dello stabilimento sono pesci persici e piante di basilico in vaso. La superficie totale della fattoria è di 1'800 m², con una serra di 1'000 m². I lavoratori sono 8 in totale: 2 coltivatori di pesce, 3 coltivatori di serra e 3 addetti alla pianificazione e alla gestione. Di solito, il pesce viene commercializzato sotto vuoto e conservato a 2°C, e venduto come pesce congelato attraverso una società intermedia (che ha canali di commercializzazione certificati per i prodotti ittici freschi). A volte, si vende come pesce fresco, con uno sforzo logistico molto maggiore. Il prezzo del pesce è di circa 7 € kg⁻¹ alla ECF, e poi l'azienda intermedia vende il prodotto a 9 € kg⁻¹. Le piante in vaso vengono prodotte in serra usando un sistema idroponico (chiamato sistema ebb-and-flow), dove 2000-4000 L di acqua vengono riciclati dalle vasche dei pesci alla serra ogni giorno. Di

solito, vengono prodotti 400'000 vasi all'anno, che vengono venduti in imballaggi senza plastica. La catena di supermercati (Rewe) paga 1-1.5 € pianta⁻¹ all'azienda, e vende a 2.5 € al pubblico

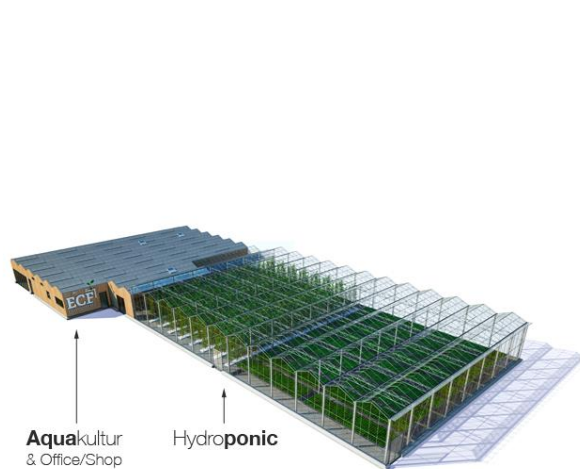


Figura 14. ECF FARM a Berlino (fonte: Pinterest) e serra (fonte: <https://greencardgardener.com/2017/03/27/urban-farming-berlin-style/>).

Per informazioni tecniche sull'acquaponica scarica [Small-scale aquaponic food production](#) or leggi [Aquaponics Food Production Systems](#)

2.3. Agricoltura verticale (Vertical farming)

Un sistema di agricoltura verticale, conosciuto anche come *Vertical Farming*, è un sistema in cui le colture vengono coltivate in ambienti chiusi (indoor), controllando i parametri di temperatura, luce e nutrienti.

Queste aziende sono normalmente situate in comunità urbane o nelle loro vicinanze. Edifici abbandonati o di nuova costruzione possono essere siti adeguati per sviluppare questo sistema di coltivazione. Un'altra opzione che sta guadagnando crescente attenzione, potrebbe essere l'installazione di vertical farm in container di spedizione.

Una vertical farm è composta da sei elementi strutturali principali (**Kozai e Niu, 2016**):

- una struttura ben isolata e quasi ermetica simile a un magazzino, coperta da pareti opache;
- un sistema a più livelli (per lo più 4-16 livelli o strati; circa 40 cm di distanza tra i livelli) dotato di dispositivi di illuminazione sopra i letti di coltura;
- dei condizionatori d'aria (noti anche come pompe di calore) utilizzati principalmente per il raffreddamento e la deumidificazione (per eliminare il calore generato dalle lampade e il vapore acqueo traspirato dalle piante nella stanza di coltivazione), e ventilatori per far circolare uniformemente l'aria e dunque migliorare la fotosintesi e la traspirazione.
- un'unità di erogazione di CO₂ per mantenere la concentrazione di CO₂ nella stanza a circa 1000 ppm durante il fotoperiodo, per migliorare la fotosintesi delle piante;
- un'unità di erogazione della soluzione nutritiva;
- un'unità di controllo ambientale che include sistemi di controllo della conducibilità elettrica (EC) e del pH della soluzione nutritiva.

I vantaggi delle vertical farm rispetto ai sistemi di coltivazione più tradizionali sono:

- rese costanti ed elevate durante tutto l'anno;
- nessun uso di pesticidi, elevata efficienza nell'uso della terra, dell'acqua e dei nutrienti;
- indipendenza dalla radiazione solare o dalla fertilità del suolo;
- sistema logistico più facile da gestire;
- più ampia scelta di varietà e maggiore freschezza;
- minore spreco di cibo, qualità più uniforme, assenza di corpi estranei (es. terra, sassi) e alto indice di raccolto.

D'altra parte, i costi di investimento per le vertical farm sono da 4 a 10 volte più alti di una serra high-tech. Inoltre, la luce artificiale usata nelle vertical farm richiede elettricità, mentre una serra beneficia della radiazione solare. I costi dell'elettricità possono rappresentare il 30% dei costi totali di produzione in una vertical farm, e tra questi, il 50% è legato all'illuminazione artificiale.

Tuttavia, per avere maggiori possibilità di successo, bisogna considerare diversi fattori quando si progetta una vertical farm. L'agricoltore verticale dovrebbe avere l'obiettivo di produrre il prodotto migliore. Questo perché la coltivazione indoor permette di ottimizzare e controllare molti parametri dell'ambiente di coltivazione, ottenendo in questo modo un corretto e ottimale sviluppo del raccolto.

In ogni caso, la prima decisione che i coltivatori dovranno prendere è cosa coltivare. La seconda decisione è come coltivarlo. Le informazioni riguardanti queste considerazioni principali sono presentate di seguito.

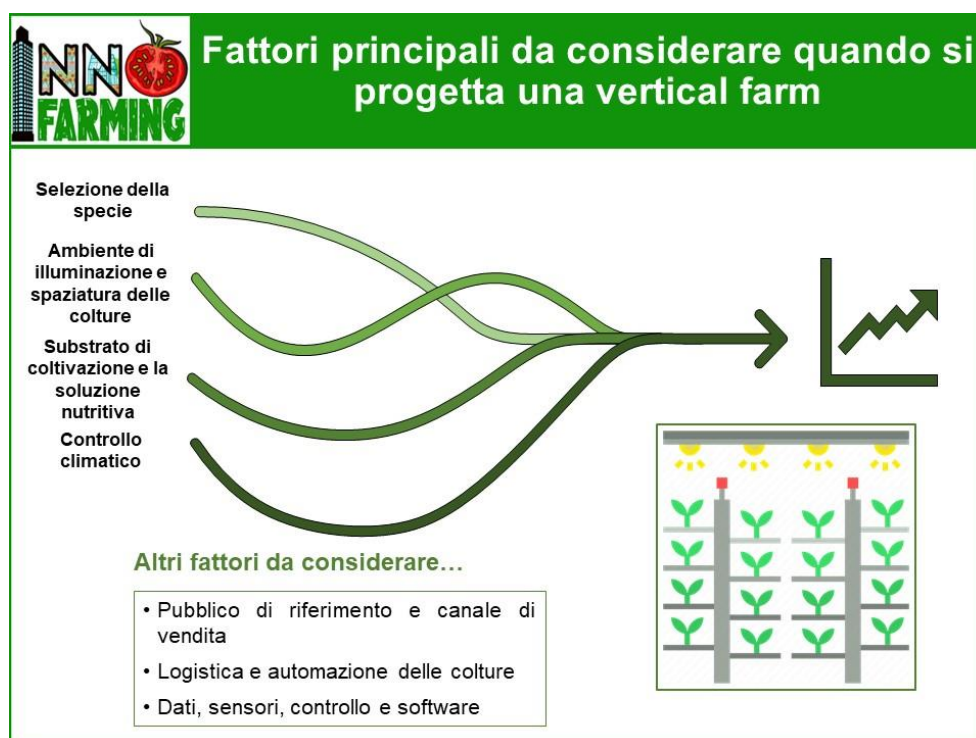


Figura 15. Principali fattori da considerare quando si pianifica la costruzione di una fattoria verticale.

Selezione delle specie

Al giorno d'oggi, gli ortaggi da foglia e le erbe aromatiche sono le colture più comunemente coltivate con l'agricoltura verticale. Queste piante sono una buona scelta se lo scopo è quello di essere economicamente efficienti. Dal momento che gli ortaggi da foglia e le erbe

aromatiche sono caratterizzate da una crescita veloce, possono essere eseguiti diversi raccolti all'anno con costi minori soprattutto per l'energia, grazie ai bassi requisiti di illuminazione. Per esempio, le colture a crescita rapida sono: lattuga, cavolo, menta, coriandolo, prezzemolo, basilico, ecc.

Studi recenti stanno inoltre dimostrando che anche le piante medicinali possono essere coltivate nelle vertical farm. Grazie all'ambiente completamente controllato è possibile ottenere prodotti finali con le stesse caratteristiche morfologiche e nutraceutiche durante tutto l'anno. Questo aspetto, applicato alle piante medicinali comunemente utilizzate nella trasformazione industriale, è di fondamentale importanza. Anche microgreens e germogli possono essere adattati alla coltivazione in vertical farm, così come le colture commerciali con valori elevati quale la *Cannabis*.

Ambiente di illuminazione e spaziamento delle colture

Uno dei fattori di successo nell'agricoltura verticale è quello di fornire una luce adeguata in base alle esigenze della coltura. Ogni livello verticale su cui sono coltivate le piante dovrebbe avere una fonte di illuminazione artificiale in grado di fornire la giusta quantità di luce durante un certo periodo di tempo, al fine di garantire una crescita ottimale delle piante. Lo scopo di questa illuminazione è di simulare la luce solare a seconda del bisogno della coltura coltivata. Se consideriamo le fonti di illuminazione del mercato attuale, i LED rappresentano la soluzione più interessante per la coltivazione di piante e ortaggi, essendo caratterizzati da un basso consumo energetico. Inoltre, la luce LED può essere configurata per fornire solo quelle frequenze di luce necessarie a una particolare specie. Diverse ricerche sono già state effettuate sulla gestione della luce nelle vertical farm (**Pennisi et al., 2019a; Pennisi et al., 2019b; Pennisi et al., 2020a; Pennisi et al., 2020b**).

In aggiunta, per aumentare la produzione in funzione della quantità di luce fornita bisogna prestare attenzione ad una corretta gestione della spaziatura tra le piante. La sovrapposizione delle piante o, al contrario, un eccessivo spazio tra di esse, può portare a una perdita di produttività e a un uso non efficiente della luce. Una corretta distribuzione delle piante, quindi, in grado di garantire la quantità ottimale di luce, eviterà di sprecare energia illuminando aree senza piante.

Il Sistema di coltivazione e la soluzione nutritiva

L'idroponica, che si basa sul concetto di far crescere le piante in una soluzione ricca di nutrienti, è il sistema di coltivazione più usato nelle vertical farm. Come già detto nella sezione sull'agricoltura sui tetti, questo sistema consiste nell'avere le radici delle piante direttamente sospese in un'acqua ricca di nutrienti e ricircolata (ad esempio, nei sistemi galleggianti o con la tecnica del film nutritivo) o, altrimenti, da radici sostenute in un mezzo non terroso (ad esempio, muschio di torba, gusci di cocco e lana di roccia) a cui viene fornita la soluzione nutritiva.

Un altro sistema idroponico interessante per le vertical farm è l'aeroponica, un metodo in cui le radici delle piante sono alimentate e annaffiate spruzzando la soluzione nutritiva e rimanendo sospese in aria. La soluzione nutritiva non assorbita dalle radici viene drenata di nuovo nel serbatoio e riciclata. L'aeroponica è considerata la tecnologia più efficiente in termini di capacità di risparmio idrico. Uno svantaggio degli attuali sistemi aeroponici però è il mantenimento della salute delle radici in caso di malfunzionamento della pompa o di perdita di potenza. Senza l'irrorazione di acqua arricchita di sostanze nutritive, le radici non rimarranno sane a lungo, rischieranno di seccarsi rapidamente e moriranno.

Una vertical farm richiede quindi di prestare particolare attenzione alla soluzione nutritiva fornita alle piante. A seconda del tipo di coltura e della sua fase di crescita, la composizione della soluzione nutritiva può essere modificata allo scopo di favorire uno sviluppo ottimale della pianta lungo il suo ciclo di crescita.

Controllo dei parametri climatici

Un aspetto importante a cui gli operatori delle vertical farm dovrebbero prestare attenzione, è quello di creare le migliori condizioni climatiche per la coltura. Per ottenere questo, è necessario avere un controllo ottimale della temperatura e dell'umidità, in combinazione a una buona ventilazione. I sistemi di raffreddamento, deumidificazione e riscaldamento devono essere considerati per una corretta gestione del clima. Il controllo inadeguato di questi parametri ambientali può portare a una diminuzione della resa finale con conseguente innalzamento dei costi di produzione.

In ogni caso, gli agricoltori verticali dovrebbero considerare tutti i fattori possibili per una corretta pianificazione. Si dovrebbe sviluppare una strategia di marketing per farsi conoscere nella comunità. Un'adeguata promozione dei prodotti finali è essenziale per raggiungere i clienti. Inoltre, i coltivatori possono approfittare dell'era tecnologica che stiamo vivendo, automatizzando la produzione grazie all'uso di sensori, software e altri dispositivi di monitoraggio.

In questo contesto, l'agricoltura verticale può sembrare una promettente soluzione per il futuro del cibo. Tuttavia, prima di iniziare un progetto di vertical farming, è necessario considerare i pro e i contro di questa coltivazione (**Figura 16**).

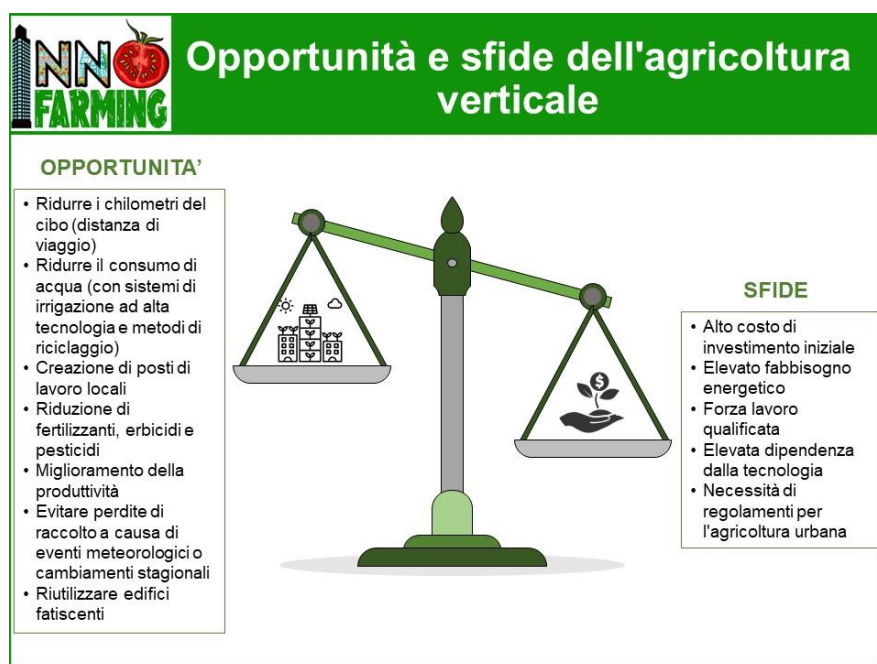


Figura 16. Opportunità e sfide dell'agricoltura verticale.

La principale barriera per l'implementazione di una vertical farm è la necessità di grandi investimenti iniziali. Pertanto, dovrebbe essere esplorata una strategia di finanziamento. In particolare, se la vertical farm ha lo scopo di ottenere un profitto, è necessario considerare uno studio sulla fattibilità economica e il mercato delle specie che saranno coltivate. La decisione del se iniziare a produrre può essere influenzata dalla scala di produzione (piccola o larga scala), scelta effettuata a seconda degli obiettivi e delle esigenze dell'agricoltore.

Inoltre, data la novità del settore, le politiche al riguardo sono ancora in via di sviluppo. In questo contesto, i nuovi agricoltori dovrebbero studiare le leggi e le politiche attuali per evitare confusione e problemi.

Il settore del vertical farming sta cercando di trovare soluzioni nelle fonti rinnovabili quali il solare e l'eolico, come un modo per ridurre i costi energetici della struttura. Anche i serbatoi di acqua piovana potrebbero essere utili per garantire un uso sostenibile di risorse idriche, anche se l'agricoltura verticale usa molta meno acqua rispetto alle pratiche agricole convenzionali. Il vertical farming ha quindi il potenziale per giocare un ruolo importante nella sostenibilità del cibo nelle aree urbane. L'avanzamento della tecnologia può portare alla produzione di sistemi di produzione più efficienti. Forse, in un futuro lontano, l'agricoltura verticale sarà in grado di fornire cibo all'intera popolazione urbana in modo completamente automatizzato e sostenibile.

AeroFarms: la più importante vertical farm del mondo

AeroFarms è un'azienda di agricoltura sostenibile indoor con sede a Newark, New Jersey, che utilizza un sistema brevettato di coltivazione aeroponica. Nel 2015, AeroFarms ha iniziato a coltivare uno spazio di 30000 m² in una ex arena di paintball e laser tag a Newark. Nel settembre 2016, AeroFarms ha aperto in una struttura di 70000 m² a Newark, la più grande fattoria verticale indoor del mondo in termini di capacità di produzione annuale (907 tonnellate all'anno di verdure a foglia).

L'innovazione di AeroFarms è data dal substrato di coltivazione in tela, brevettato e riutilizzabile per la semina, la germinazione, la crescita e la raccolta. Il loro supporto di tela è fatto di plastica riciclata post-consumo senza BPA, che può essere completamente igienizzato dopo il raccolto e riseminato senza rischio di contaminazione.



Figura 17. I sistemi di coltivazione di AeroFarms (fonte: <https://aerofarms.com/technology/>).

Per informazioni tecniche sul vertical farming:
 scarica [The future of farming is vertical](#) or leggi [Plant Factory](#)

CAPITOLO 3: Il ciclo dell'acqua e dei rifiuti nel contesto urbano

Uno dei vantaggi di fare agricoltura nel contesto urbano è la possibilità di dare nuova vita a materiali altrimenti rientranti nel ciclo dei rifiuti urbani, incentivando il riutilizzo dei rifiuti e dei sottoprodotti. Questo vale soprattutto per i rifiuti verdi della città (che possono essere utilizzati come fertilizzanti) e l'acqua.

3.1. Il compostaggio urbano

Il compostaggio urbano è attualmente in piena espansione nei programmi di agricoltura urbana, poiché i rifiuti organici compostati possono essere usati come fertilizzanti per la crescita delle piante. I rifiuti organici si riferiscono agli scarti verdi del giardino (foglie morte, ritagli di siepi, o fiori e piante appassite in casa), ai rifiuti animali (letame) e agli scarti degradabili della cucina. Il compostaggio è la fermentazione dei rifiuti organici e comprende 4 fasi:

- fase mesofila: l'anidride carbonica viene rilasciata, l'ossigeno viene consumato e la temperatura aumenta;
- fase termofila: l'energia contenuta nella materia organica si trasforma in calore, raggiungendo una temperatura di 50-60°C;
- fase di raffreddamento: la temperatura scende e i funghi colonizzano il substrato; quando la temperatura scende sotto i 30°C l'attività microbica diminuisce a favore di organismi più grandi (per esempio, vermi del compost, coleotteri, millepiedi);
- fase di indurimento: si forma l'humus.

Diversi benefici sono legati al processo di compostaggio nel contesto urbano:

- benefici agronomici: il compost migliora la struttura e la densità del suolo, la ritenzione idrica, la plasticità, oltre che aumentare il contenuto di N, P e K, necessari per la fertilità del suolo;
- benefici economici: l'agricoltura urbana può essere considerata un potenziale mercato per il compost prodotto in ambiente urbano, riducendo le difficoltà e i costi associati al trasporto;
- benefici ambientali: la produzione di compost da una parte riduce i costi di incenerimento e discarica e dall'altro lato, riduce la dipendenza da pesticidi e fertilizzanti chimici. L'uso di compost su terreni contaminati può ridurre notevolmente il contenuto di inquinanti, tra cui piombo, rame e prodotti a base di petrolio nel terreno arricchito;
- benefici sociali: l'uso del compost migliora l'educazione e la consapevolezza sulla produzione di rifiuti.

Ostacoli al compostaggio

Il compostaggio può essere associato a impatti ambientali e sanitari. Questi sono principalmente legati al fatto che la biomassa del compost produce diversi gas (ad esempio, N_2O , CH_4 , NO_3) che possono anche avere un effetto non trascurabile sulla salute o sull'ambiente. Inoltre, i microrganismi che promuovono il processo di compostaggio possono causare malattie. Nei rifiuti organici da cui viene prodotto il compost si possono trovare anche inquinanti organici responsabili di malattie qualora trasmessi attraverso l'inalazione o l'ingestione di particelle di polvere organica.

3.2. Il ciclo dell'acqua nel contesto urbano

In una città circolare, l'agricoltura urbana dovrebbe soddisfare il suo fabbisogno idrico impiegando risorse che provengono dal displuvio urbano, senza utilizzare l'acqua di rete. Le risorse idriche ottimali per le iniziative di agricoltura urbana comprendono le precipitazioni naturali, come acqua piovana temporaneamente immagazzinata in cisterne, o l'uso di acque reflue urbane. L'utilizzo di acque grigie trattate o non trattate ha recentemente ricevuto maggiore attenzione grazie alla possibilità di recuperare anche alcune sostanze fertilizzanti come azoto, potassio, calcio, magnesio, sodio e fosforo. Le acque grigie sono definite come acque reflue non mischiate all'acqua di gabinetto. Le maggiori preoccupazioni riguardo il riutilizzo delle acque grigie sono dovute alla percezione per la salute pubblica e alla tecnologia inadeguata per il loro impiego. La quantità di acqua grigia prodotta in una famiglia può variare notevolmente da un minimo di 15 L per persona al giorno per le aree povere a diverse centinaia per persona al giorno. I fattori che spiegano queste enormi disparità sono per lo più attribuibili alla posizione geografica, allo stile di vita, alle condizioni climatiche, al tipo di infrastruttura, alla cultura e alle abitudini. Le acque grigie rappresentano fino al 75% del volume delle acque reflue prodotte dalle famiglie, e questo può aumentare fino a circa il 90% se si utilizzano servizi igienici a secco (**Oteng-Pepurah et al., 2018**). Alcuni studi hanno dimostrato che le acque reflue ricche di nutrienti possono essere riutilizzate in modo produttivo nei sistemi agricoli urbani e periurbani, contribuendo alla resa delle colture e migliorando la fertilità del suolo. Questo porta ad un aumento della resilienza delle aree urbane.

Concetti chiave e vocabolario

CSA: un sistema che crea uno stretto rapporto tra produttore e consumatore, permettendo al consumatore di acquistare direttamente da un'azienda agricola o da un gruppo di aziende agricole. È un modello socioeconomico alternativo di produzione e distribuzione del cibo che permette al produttore e al consumatore di condividere i rischi dell'agricoltura.

Zonizzazione: metodo di pianificazione urbana in cui un comune o un altro ente governativo divide il territorio in aree chiamate zone, all'interno delle quali sono consentiti o vietati determinati usi del suolo.

Compost: materia organica che è stata decomposta in un processo chiamato compostaggio. Questo processo ricicla vari materiali organici altrimenti considerati come prodotti di scarto, e produce un ammendante per il suolo (il compost).

Idroponica: La coltivazione di piante senza suolo. Le piante sono alimentate con una soluzione nutritiva, con le radici sostenute all'interno di una matrice inerte o liberamente galleggianti nella soluzione nutritiva.

Densità di stoccaggio: espressione del numero di pesci per unità di superficie o del peso dei pesci per unità di volume d'acqua al momento dello stoccaggio.

Biofiltro: componente delle unità di trattamento di un sistema di acquacoltura in cui gli inquinanti organici sono decomposti (principalmente ossidati) come risultato dell'attività microbiologica. I processi più importanti sono la degradazione dei metaboliti dell'azoto da parte dei batteri eterotrofi e l'ossidazione dell'ammoniaca passando da nitriti a nitrati.

Tecnica del film nutritivo (Nutrient Film Technique, NFT): tecnica idroponica in cui in un flusso superficiale di acqua contenente tutti i nutrienti necessari per la crescita delle piante viene fatta ricircolare in contatto con le radici nude delle piante in una canalina a tenuta stagna.

Coltura in acqua profonda (Deep Water Culture): metodo idroponico di coltivazione delle piante mediante la sospensione delle radici in una soluzione di acqua ricca di nutrienti e ossigenata. Conosciuto anche come sistema galleggiante, questo metodo utilizza zattere galleggianti per sospendere le radici delle piante in uno stagno d'acqua spesso profondo 10-20 cm.

Rapporto di alimentazione: rapporto che aiuta a bilanciare un sistema acquaponico, mettendo in relazione la quantità di mangime aggiunto alla quantità di area di coltivazione delle piante.

Sezione di valutazione

1. Una CSA urbana è
 - Un sistema che collega produttore e consumatore, condividendo i costi e i rischi dell'attività agricola, oltre che i prodotti
 - Un sistema di distribuzione dei prodotti agricoli
 - Un sistema di produzione agricola
2. Per avviare un'attività di CSA urbana con 30 sottoscrizioni, quanti ettari di terreno sono necessari?
 - 0,5 ettari almeno
 - 15 ettari almeno
 - 50 ettari almeno
3. Per avviare una CSA urbana, le principali sfide legate al sito sono
 - Zonizzazione, contaminazione del suolo e disponibilità d'acqua
 - Altitudine del luogo, condizioni climatiche e disponibilità d'acqua
 - Accettazione del vicinato, altitudine e contaminazione del suolo
4. Cosa rende l'agricoltura sui tetti innovativa rispetto ai sistemi tradizionali di agricoltura urbana?
 - Utilizza spazi urbani non esplorati evitando la competizione con il suolo
 - Può essere applicata con scopi socio-educativi
 - Può essere eseguita in condizioni protette (serre sul tetto)
5. Seleziona l'affermazione giusta:
 - L'agricoltura sui tetti non può essere praticata all'aria aperta
 - L'agricoltura sui tetti può essere praticata sia con la terra che con sistemi senza terra (es. idroponica)
 - L'agricoltura sui tetti non può applicare tecnologie a basso costo (es. contenitori riciclati riempiti di terra)
6. Prima di realizzare un orto sul tetto la prima cosa da definire è:
 - L'accesso al tetto
 - Le specie da coltivare
 - L'obiettivo della coltivazione
7. L'agricoltura sui tetti con scopo d'immagine è principalmente associata a...
 - Imprese agricole
 - Alberghi e ristoranti
 - Organizzazioni senza scopo di lucro
8. L'agricoltura sui tetti con scopo di innovazione mira a...
 - Far evolvere e migliorare il settore dell'agricoltura sui tetti
 - Offrire un luogo piacevole dove passare il tempo
 - Insegnare valori sociali ed ecologici
9. L'agricoltura sui tetti con lo scopo di migliorare la qualità della vita urbana è principalmente associata a...
 - Centri di ricerca
 - Edifici residenziali
 - Caffetterie

10. Quale delle affermazioni relative all'agricoltura sui tetti è sbagliata?
- L'eccessiva esposizione al vento può rappresentare un limite per la scelta del sito
 - I codici di zonizzazione devono essere controllati prima della realizzazione di un orto sul tetto
 - **Un orto sul tetto può essere realizzata su ogni tipo di tetto piano**
11. Per scegliere il sito giusto per un orto sul tetto bisogna controllare:
- **La capacità di carico del tetto**
 - La facciata dell'edificio
 - L'isolamento acustico dell'edificio
12. Il primo passo da fare per la realizzazione di un orto sul tetto è:
- Costruire l'infrastruttura di base
 - **Fare un piano concettuale**
 - Sviluppare un piano di costruzione
13. In un orto sul tetto si dovrebbe evitare di usare:
- Acqua piovana raccolta
 - **Fertilizzanti chimici e pesticidi**
 - Compost
14. L'acquaponica è la combinazione di:
- Agricoltura e acquacoltura
 - **Acquacoltura e idroponica**
 - Aeroponica e agricoltura
15. L'acquaponica è considerata un sistema di produzione circolare perché:
- L'acqua e i nutrienti scaricati dal sistema di acquacoltura si perdono nell'ambiente
 - **L'acqua e i nutrienti scaricati dal sistema di acquacoltura possono essere utilizzati per innaffiare e nutrire le piante di un piano idroponico produttivo**
 - L'acqua e i nutrienti scaricati dal sistema di acquacoltura possono essere utilizzati per l'allevamento di altri pesci in un'altra unità di acquacoltura
16. Un biofiltro è usato per
- **Ospitare i batteri che trasformano l'ammoniaca in nitrato**
 - Purificare l'acqua dai residui provenienti dalla coltivazione delle piante
 - Purificare l'acqua ricircolante nel sistema dall'inquinamento ambientale
17. Le caratteristiche ottimali di una vasca per un sistema acquaponico sono:
- **Di forma rotonda, in plastica e di colore bianco**
 - Di forma rettangolare, in plastica e nero
 - Di forma rotonda, in metallo e nero
18. Un biofiltro non è necessario in un sistema acquaponico:
- **Quando le piante sono coltivate in un letto di crescita media e la densità dei pesci è bassa**
 - Quando le piante sono coltivate in un'unità idroponica con una bassa densità di stoccaggio
 - Quando nel sistema è presente un filtro meccanico
19. In un sistema acquaponico, gli intervalli ottimali di pH sono:
- 2 e 4
 - 4 e 6
 - **6 e 8**
20. In un sistema acquaponico, la concentrazione ottimale di ossigeno disciolto varia tra:
- 0 - 3 mg L⁻¹
 - **4 - 8 mg L⁻¹**

- 8 - 10 mg L⁻¹

21. Il rapporto di alimentazione è:

- Il rapporto che valuta quanto mangime per pesci dovrebbe essere aggiunto ogni giorno al sistema considerando l'area disponibile per la crescita delle piante

- Il rapporto che valuta la quantità di mangime giornaliero assimilato dai pesci

- Il rapporto che valuta la quantità di piante cresciute nel sistema

22. Il rapporto di alimentazione per gli ortaggi a foglia varia tra:

- 40-50 g m² giorno⁻¹

- 10-30 g m² giorno⁻¹

- 100-150 g m² giorno⁻¹

23. Il volume del biofiltro deve essere calcolato tenendo conto di:

- La quantità di mangime che entra nel sistema ogni giorno

- La quantità di piante coltivate

- Il numero di pesci cresciuti

24. Le specie comunemente coltivate in un sistema acquaponico sono:

- Lattuga e tilapia

- Pomodoro e squalo

- Zucchine e pesce gatto

25. All'interno di un sistema acquaponico, nutrire i pesci è una:

- Attività giornaliera

- Attività settimanale

- Attività mensile

26. All'interno di un sistema acquaponico, i test di qualità dell'acqua dovrebbero essere eseguiti:

- Giornalmente

- Settimanale

- Mensilmente

27. Cos'è una vertical farm?

- La coltivazione di piante su strutture di supporto o scaffali in verticale.

- La coltivazione specializzata di piante rampicanti in verticale.

- Tipo di agricoltura in cui gli agricoltori coltivano piante da frutto per scopi domestici, industriali o commerciali.

28. Dove si trovano normalmente le vertical farm?

- Aree rurali.

- Aree urbane e periurbane.

- In terreni fertili.

29. Dove si trovano normalmente le vertical farm?

- Nei parchi urbani e nei container.

- Nei supermercati e nei container.

- In strutture edilizie e container da trasporto.

30. Quali sono i principali fattori da considerare quando si progetta una vertical farm?

- Selezione delle colture, substrato di coltivazione e soluzione nutritiva, controllo del clima, imballaggio degli alimenti.

- Selezione delle colture, ambiente di illuminazione e spaziatura delle colture, substrato di coltivazione e sua soluzione nutritiva, controllo del clima.

- Selezione delle colture, substrato di coltivazione e soluzione nutritiva, trasporto degli alimenti, imballaggio degli alimenti.

31. Che tipo di colture sono adatte a una vertical farm?

- Cereali.

- Verdure ed erbe aromatiche.

- Radici e tuberi.

32. Qual è attualmente la soluzione di illuminazione più interessante il mercato dell'agricoltura verticale?

- Lampade fluorescenti.

- Lampade al sodio ad alta pressione.

- Lampade a diodi emettitori di luce (LED).

33. La composizione della soluzione nutritiva fornita alle piante dovrebbe essere la stessa per tutte le specie coltivate.

- Vero.

- Falso, può essere modificata a seconda delle esigenze di ogni coltura.

- Falso, può essere modificata a seconda delle condizioni climatiche.

34. La principale barriera per l'implementazione di una vertical farm è:

- La necessità di lavoratori esperti.

- L'alto costo dell'investimento iniziale.

- L'alta gestione tecnologica.

35. Quale di queste è un'opportunità offerta dall'agricoltura verticale rispetto a quella tradizionale?

- Meno energia richiesta.

- Evitare perdite di raccolto dovute a eventi meteorologici o cambiamenti stagionali.

- Grande variabilità delle colture coltivate.

36. Come può essere più sostenibile l'agricoltura verticale?

- Incorporando soluzioni rinnovabili nel sistema.

- Riducendo il consumo di acqua.

- Sviluppando un'adeguata strategia di marketing.

37. Qual è l'ultima fonte d'acqua che dovrebbe essere usata in un contesto urbano?

- Acqua grigia

- Acqua piovana

- Acqua di rubinetto

38. Il carico strutturale di un tetto verde intensivo è:

- 180-500 kg m⁻²

- 60-150 kg m⁻²

- 120-200 kg m⁻²

39. La profondità del substrato di un tetto verde estensivo è:

- 60-200 mm

- 120-250 mm

- 150-400 mm

40. Il materiale di copertura di una serra sul tetto dovrebbe avere:

- Assorbimento minimo della radiazione solare

- Assorbimento massimo della radiazione solare

- Deve filtrare la luce

Attività / esercizi

- 1) Utilizzando Google Earth, mappate un tetto del vostro quartiere e cercate di quantificare la produttività potenziale di questa superficie (seguire la metodologia riportata in Orsini et al., 2014).
- 2) Provate a dimensionare un'azienda acquaponica (seguendo l'esempio riportato in Figura 13), valutando la produttività potenziale. Provate anche a pensare a possibili strategie di mercato per vendere il vostro prodotto.

Risorse utili per la lezione

[Allotment Holders Handbook - A guide to allotment gardening](#)

[A guide to designing and implementing allotment gardens](#)

[How to organize an allotment community garden](#)

[The HORTIS project outputs](#)

[Seeds's gardening toolkit: building community gardens](#)

[Community garden best practices toolkit](#)

[Overview of community supported agriculture in Europe](#)

[Local Harvest: a multifarm CSA handbook](#)

[Good Agricultural Practices for greenhouse vegetable crops](#)

[There's something growing in the roof](#)

[Small-scale aquaponic food production](#)

[Rooftop Agriculture](#)

[The future of farming is vertical](#)

<https://www.youtube.com/watch?v=HHDgsK09-1k>

<https://www.youtube.com/watch?v=AmAGgb66lDw>

https://www.youtube.com/watch?v=ME_rprRImMM

Bibliografia, riferimenti e link per saperne di più

Appolloni, E., Orsini, F., Specht, K., Thomaier, S., Sanyé-Mengual, E., Pennisi, G., Gianquinto, G. (2020). The global rise of Urban Rooftop Agriculture: a meta-analysis. *Nature food*. Under review.

Caputo, S., Iglesias, P., & Rumble, H. (2017). Elements of Rooftop Agriculture Design. In *Rooftop Urban Agriculture* (pp. 39-59). Springer, Cham.

Fairholm J (1999) Urban agriculture and food security initiatives in Canada: a survey of Canadian non-governmental organizations, (IDRC). [Online] Available at: <https://idl-bnc.idrc.ca/dspace/bitstream/10625/8568/24/117781.pdf>.

Germain, A., Grégoire, B., Hautecoeur, I., Ayalon, R., & Bergeron, A. (2008). Guide to Setting Up Your Own Edible Rooftop Garden. *Alternatives and the Rooftop Garden Project*.

Grewal SS, Grewal PS (2012) Can cities become self-reliant in food? *Cities* 29:1–11

Gruda, N., Qaryouti, M. M., & Leonardi, C. (2013). Growing media. Good agricultural practices for Greenhouse Vegetable Crops-Principles for Mediterranean Climate Areas. *Plant Production and Protection*. FAO, Rome. Paper, 217, 271-302.

Junge, R., Antenen, N., Villarroel, M., Griessler Bulc, T., Ovca, A., & Milliken, S. (Eds.) (2020). *Aquaponics Textbook for Higher Education*. Zenodo. <http://doi.org/10.5281/zenodo.3948179>.

Kozai, T., & Niu, G. (2016). Plant factory as a resource-efficient closed plant production system. In *Plant Factory* (pp. 69-90). Academic Press.

Montero, J. I., Baeza, E., Muñoz, P., Sanyé-Mengual, E., & Stanghellini, C. (2017). Technology for Rooftop Greenhouses. In *Rooftop Urban Agriculture* (pp. 83-101). Springer, Cham.

Orsini, F., Gasperi, D., Marchetti, L., Piovene, C., Draghetti, S., Ramazzotti, S., ... & Gianquinto, G. (2014). Exploring the production capacity of rooftop gardens (RTGs) in urban agriculture: the potential impact on food and nutrition security, biodiversity and other ecosystem services in the city of Bologna. *Food Security*, 6(6), 781-792.

Orsini, F., Dubbeling, M., De Zeeuw, H., & Gianquinto, G. (Eds.). (2017). *Rooftop urban agriculture*. Springer International Publishing

Orsini, F., Pennisi, G., Michelon, M., Minelli, A., Bazzocchi, G., Sanyé-Mengual, E., Gianquinto, G. (2020a). Features and functions of urban agriculture in the Global North: a review. *Frontiers in sustainable food systems*. Under review.

Palm, H. W., Knaus, U., Appelbaum, S., Goddek, S., Strauch, S. M., Vermeulen, T., ... & Kotzen, B. (2018). Towards commercial aquaponics: a review of systems, designs, scales and nomenclature. *Aquaculture International*, 26(3), 813-842.

- Pennisi, G., Blasioli, S., Cellini, A., Maia, L., Crepaldi, A., Braschi, I., ... & Marcelis, L. F. (2019a). Unraveling the role of red: blue LED lights on resource use efficiency and nutritional properties of indoor grown sweet basil. *Frontiers in plant science*, 10, 305.
- Pennisi, G., Orsini, F., Blasioli, S., Cellini, A., Crepaldi, A., Braschi, I., ... & Gianquinto, G. (2019b). Resource use efficiency of indoor lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivation as affected by red: blue ratio provided by LED lighting. *Scientific Reports*, 9(1), 1-11.
- Pennisi, G., Orsini, F., Landolfo, M., Pistillo, A., Crepaldi, A., Nicola, S., ... & Gianquinto, G. (2020a). Optimal photoperiod for indoor cultivation of leafy vegetables and herbs. *Eur. J. Hortic. Sci*, 85, 329-338.
- Pennisi, G., Pistillo, A., Orsini, F., Cellini, A., Spinelli, F., Nicola, S., ... & Marcelis, L. F. (2020b). Optimal light intensity for sustainable water and energy use in indoor cultivation of lettuce and basil under red and blue LEDs. *Scientia Horticulturae*, 272, 109508.
- Pilley, G. (2001). A share in the harvest-a feasibility study for community supported agriculture.
- Rodríguez-Delfín, A., Gruda, N., Eigenbrod, C., Orsini, F., & Gianquinto, G. (2017). Soil based and simplified hydroponics rooftop gardens. In *Rooftop Urban Agriculture* (pp. 61-81). Springer, Cham.
- Sallenave, R. 2016. Important Water Quality Parameters in Aquaponics Systems. New Mexico State University Circular 680.
- Sanyé-Mengual E, Orsini F, Oliver-Solà J, Rieradevall J, Montero JI, Gianquinto G (2015a). Techniques and crops for efficient rooftop gardens in Bologna, Italy. *Agron Sustain Dev*. doi:10.1007/s13593-015-0331-0
- Savvas, D., Gianquinto, G., Tuzel, Y., & Gruda, N. (2013). Soilless culture. *FAO plant production and protection paper*, 217, 303-354.
- Schenk, J., & Hotchkiss, J. (2013). *Starting Your Urban CSA: A Step-by-Step Guide to Creating a Community-Supported Agriculture Project in Your Urban Neighborhood*. Bold Face Press.
- Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A., & Lovatelli, A. (2014). Small-scale aquaponic food production: integrated fish and plant farming. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*, (589), 1.
- Taylor, J. R., and Taylor Lovell, S. (2014). Urban home food gardens in the Global North: research traditions and future directions. *Agric. Human Values* 31, 285-305. doi: 10.1007/s10460-013-9475-1
- Thomaier, S., Specht, K., Henckel, D., Dierich, A., Siebert, R., Freisinger, U. B. et al. (2015). Farming in and on urban buildings: present practice and specific novelties of Zero-Acreage Farming (ZFarming). *Renew. Agric. Food Syst.* 30, 43-54. doi: 10.1017/S1742170514000143