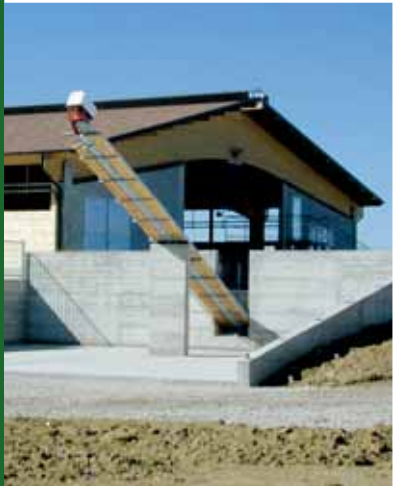


I SUPPLEMENTI DI Agricoltura **37**



I costi di costruzione delle strutture accessorie per l'allevamento

■	INTRODUZIONE/LE STRUTTURE DI SERVIZIO DELL'AZIENDA AGROZOOTECNICA	pag. 4
■	IMPARIAMO A CALCOLARE LE SPESE D'INVESTIMENTO	pag. 6
■	I SILI ORIZZONTALI PER STOCCARE I FORAGGI	pag. 9
■	SILI ORIZZONTALI A TRINCEA: L'INCIDENZA DEI DIVERSI LAVORI	pag. 12
■	I CAPANNONI RURALI	pag. 15
■	QUANTO SI SPENDE PER COSTRUIRE I CAPANNONI RURALI	pag. 18
■	LO STOCCAGGIO DEGLI EFFLUENTI DI ALLEVAMENTO PALABILI	pag. 22
■	LO STOCCAGGIO DEGLI EFFLUENTI DI ALLEVAMENTO NON PALABILI	pag. 26
■	DIMENSIONAMENTO DEI CONTENITORI PER EFFLUENTI NON PALABILI	pag. 31
■	QUANTO COSTANO LE OPERE PER STOCCARE EFFLUENTI ZOOTECNICI	pag. 34



© Copyright Regione Emilia-Romagna - Anno 2008

Foto di copertina
Archivio CRPA

Foto del fascicolo interno (salvo dove diversamente indicato)
Archivio CRPA

Distribuzione
Redazione "Agricoltura"
Viale Silvani, 6 - 40122 Bologna
Tel. 051.284289 - 284701 • Fax 051.284577
E-mail: agricoltura@regione.emilia-romagna.it

Le strutture di servizio dell'azienda agrozootecnica

L'imprenditore agrozootecnico utilizza numerose tipologie di strutture edilizie per svolgere al meglio la sua attività economica. Innanzitutto impiega i ricoveri per la custodia e l'allevamento degli animali (stalle, ovili, porcilaie, pollai, ecc.), che gli consentono, se correttamente progettati e realizzati, di massimizzare le produzioni e minimizzare i costi di gestione, in particolare per la manodopera e il fabbisogno energetico.

Nell'azienda zootecnica sono però presenti anche strutture edilizie accessorie, a servizio dell'attività d'allevamento, che permettono di svolgere talune operazioni di routine del processo produttivo e che rispondono a specifiche disposizioni legislative in materia ambientale.

Gli edifici agricoli sono a tutti gli effetti dei fattori della produzione e come tali devono essere valutati, confrontando il profitto lordo che può essere ottenuto dal loro impiego con il relativo costo annuo. Le scelte da fare in quest'ambito non riguardano tanto la necessità di un certo edificio, perché questa è spesso la diretta conseguenza di un'attività produttiva dell'azienda o di una norma di legge (se si alle-

vano vacche da latte si deve avere per forza una zona di mungitura e per conservare il liquame è obbligatorio utilizzare serbatoi idonei); le scelte riguardano piuttosto la soluzione progettuale e le caratteristiche costruttive e impiantistiche, che possono essere molto diverse.

Una semplice ed efficace classificazione delle costruzioni agricole è stata fornita da Weller e Chiappini (1976); secondo questi autori gli edifici rurali si possono suddividere nelle seguenti tre categorie:

- ✓ edifici per la produzione, destinati all'allevamento delle diverse categorie di animali da reddito, nei quali gli alimenti zootecnici vengono trasformati in prodotti destinati all'uomo (latte, carne, uova, lana);
- ✓ edifici per la lavorazione dei prodotti, quali gli essiccatoi per i foraggi, i mangimifici e le sale di mungitura;
- ✓ edifici per l'immagazzinamento, destinati a conservare prodotti, materiali, macchine e attrezzature.

In questo supplemento verranno prese in considerazione strutture agricole appartenenti all'ultima categoria. In particolare saranno esaminate le seguenti tipologie:

- strutture per il deposito e la conservazione degli alimenti (mangimi, fieni, insilati);
- strutture per il deposito e la conservazione dei lettimi (paglia o altri materiali da lettiera);
- strutture per il ricovero di macchine e attrezzi;
- strutture per lo stoccaggio e il trattamento degli effluenti zootecnici.

Si ricorda che agli edifici per la produzione è stato dedicato il supplemento n. 32 "I costi di costruzione dei ricoveri zootecnici", ad "Agricoltura" n. 9 del settembre 2007. Alle sale di mungitura per bovini è stato invece dedicato il supplemento n. 24 "Mungitura: strutture, macchine e attrezzature", ad "Agricoltura" n. 11 del novembre 2004.

DEPOSITI DI ALIMENTI E LETTIMI E RICOVERI DI MACCHINE

Le strutture per la conservazione degli alimenti sono per lo più sili verticali per i

Sotto a sinistra: sili verticali.

Sotto a destra: silo orizzontale a trincea in elementi prefabbricati di calcestruzzo.



mangimi concentrati, sili orizzontali per i foraggi insilati (silomais, erbasilo) e capannoni di forma e struttura variabili per il foraggio affienato (fienili). Mentre i sili verticali sono di fatto delle attrezzature recuperabili dal mercato (ditte specializzate), che richiedono una componente edilizia assai modesta, rappresentata dalla piattaforma di sostegno di calcestruzzo armato, i sili orizzontali a trincea e i fienili sono opere prettamente edili, spesso con una rilevante componente prefabbricata. Per le trincee da insilati vengono frequentemente adottati schemi costruttivi che fanno largo impiego, per la realizzazione delle pareti, di elementi modulari prefabbricati di calcestruzzo armato vibrato, in genere autoportanti, da posarsi su apposite fondazioni.

Per quanto riguarda i fienili, le tipologie edilizie più comuni nelle nuove costruzioni prevedono capannoni a due pilastrate con luce di 10÷25 metri, con struttura portante d'acciaio, d'acciaio/legno o di calcestruzzo armato, in genere privi di tamponamenti perimetrali o dotati di pareti su soli 3 lati (le due testate e un lato lungo). Per agevolare la movimentazione del fieno e consentire uno stoccaggio ordinato, specie se il foraggio è confezionato in rotoballe o in grandi balle parallelepipede, vengono preferiti interassi ampi fra i pilastri (da 5 a 10 metri) e altezze libere di almeno 5 metri.

Le considerazioni fatte per i fienili valgono anche per i depositi di lettimi, mentre per i ricoveri di macchine e attrezzi ordinari ci si orienta preferibilmente verso capannoni tamponati almeno su 3 lati e con altezza libera di circa 4 metri.

STOCCAGGIO E TRATTAMENTO DEGLI EFFLUENTI ZOOTECNICI

Una grande importanza rivestono le strutture destinate allo stoccaggio e al trattamento degli effluenti zootecnici, perché sono indispensabili per una corretta gestio-

ne di questi sottoprodotti dell'allevamento e per un loro adeguato utilizzo agronomico. Le normative ambientali stabiliscono caratteristiche e dimensioni minime di queste strutture, in base alla tipologia di azienda. **Le normative nazionali di riferimento sono il decreto legislativo n. 152/99, il decreto legislativo n. 372/99 e il decreto ministeriale 7 aprile 2006, mentre in Emilia-Romagna vige la deliberazione dell'Assemblea legislativa 16 gennaio 2007, n. 96.**

La necessità di stoccare gli effluenti zootecnici deriva anzitutto dall'esigenza di abbattere la loro carica patogena. Sulla base delle attuali conoscenze, infatti, si ritiene che lo stoccaggio sia l'unica tecnica per la disinfezione del liquame e del letame. Inoltre, lo stoccaggio è necessario per l'impossibilità di effettuare lo spandimento in certi periodi dell'anno, a causa dell'impraticabilità del terreno, per la presenza di colture in avanzato stadio di vegetazione o per l'assenza, per un lungo periodo, di colture in grado di utilizzare l'azoto somministrato con i liquami.

Le modalità di stoccaggio e le strutture impiegate allo scopo variano soprattutto in base al contenuto di sostanza secca dell'effluente, che determina la possibilità o meno di accumulare il materiale su superfici prive di elementi perimetrali di contenimento. Si distinguono, quindi, i serbatoi per il materiale non palabile (liquami, reflui da lavaggi, frazioni liquide chiarificate, ecc.) e i contenitori per il materiale palabile (letame, frazioni solide separate, ecc.). ■



A sinistra: edificio adibito a deposito di foraggio e/o lettimo.

Sotto a sinistra: zona di stoccaggio degli effluenti zootecnici di una stalla di bovini da latte.

Sotto a destra: vasca per liquami circolare in elementi prefabbricati di calcestruzzo armato precompresso con copertura.



(Foto Paver)

Impariamo a calcolare le spese d'investimento

Il costo di costruzione di un fabbricato agricolo, ossia l'insieme delle spese che bisogna sostenere per realizzare l'opera a regola d'arte, secondo le caratteristiche del progetto e con le dotazioni tecnologiche previste, incide sul bilancio dell'azienda per le quote di ammortamento, manutenzione e assicurazione e per gli interessi sul capitale investito.

La conoscenza dei costi indicativi di costruzione delle strutture zootecniche è utile all'allevatore, che può farsi un'idea abbastanza precisa dell'ammontare dell'impegno finan-

ziario richiesto, e al tempo stesso confrontare pregi e difetti delle diverse soluzioni sulla base delle proprie aspettative e dell'esperienza personale.

Avendo poi la possibilità di valutare non solo il costo complessivo, ma anche i costi suddivisi per categorie di opere e lavori, è possibile, entro certi limiti, modificare i valori in gioco, eliminando questa o quella voce non ritenuta indispensabile, oppure individuando le opere sulle quali sarebbe conveniente risparmiare, arrivando, in ultima analisi, a "personalizzare" il costo totale della struttura.

Ma la conoscenza dei costi di costruzione indicativi può essere utile anche ad altre figure professionali, quali progettisti, tecnici, amministratori pubblici, ecc., per motivazioni che vanno dalla valutazione preventiva di proposte da sottoporre ai clienti, all'indirizzo tecnico preventivo supportato da valutazioni di ordine economico, fino all'esame di pratiche che richiedono la verifica della congruità degli importi di spesa riportati.

Silo orizzontale a trincea.



Fienile in fase di costruzione.
(Fonte: Wolf System)



(Foto Wolf System)

L'ESPERIENZA DEL CRPA

Il calcolo dei costi di costruzione dei ricoveri zootecnici, e più in generale delle strutture rurali a servizio delle aziende agrozootechniche, ha impegnato il Centro ricerche produzioni animali (Crpa) fin dai primi anni della sua più che trentennale storia; nume-

rosi progetti svolti nell'ambito dei "Piani stralcio" per la ricerca e la sperimentazione della Regione Emilia-Romagna, nonché l'esperienza e la pratica professionale dei tecnici del settore Edilizia dello stesso Crpa, hanno permesso la definizione e l'aggiornamento dei costi di costruzione di un'am-

plia gamma di strutture rurali.

Recentemente, un progetto di durata triennale finanziato dalla Regione Emilia-Romagna ha previsto la redazione di oltre 40 progetti-tipo di strutture d'allevamento per i comparti bovino, ovino, caprino, suino, avicolo e cunicolo e il calcolo dei relativi costi di costru-



Fienile.

zione. Inoltre, altre attività specifiche di studio e di ricerca hanno permesso la definizione dei costi di costruzione di capannoni rurali generici, di sili orizzontali e di opere per lo stoccaggio degli effluenti zootecnici.

Di una parte di questi argomenti si dà conto negli articoli pubblicati in questo supplemento al mensile "Agricoltura". Partendo da una fase progettuale di definizione delle diverse tipologie di strutture per il deposito e la conservazione, si è arrivati alla definizione dei costi unitari legati a parametri facilmente misurabili.

LE TIPOLOGIE PROGETTUALI

Gli schemi di progetto proposti sono così suddivisi:

- ✓ 3 tipologie di sili orizzontali a trincea per insilato;
- ✓ 3 tipologie di capannoni per deposito fieno e/o lettime e per ricovero macchine;
- ✓ 2 tipologie di concimaie a platea per effluenti palabili (letame);
- ✓ 9 tipologie di serbatoi per effluenti non palabili (liquame).

Questi schemi di progetto hanno lo scopo di fornire costi orientativi di costruzione per

varie tipologie di strutture. Essendo ben nota la relazione fra i costi di costruzione e alcuni elementi dimensionali delle opere (volume di stoccaggio, superficie coperta), in base alla quale il costo unitario tende a calare all'aumentare della dimensione dell'opera stessa, è stato necessario realizzare diversi progetti per ciascuna tipologia di struttura, in modo da creare una curva attendibile di andamento del costo.

Il numero di varianti è di seguito elencato:

- per ogni tipologia di silo orizzontale, 4 varianti differenti per larghezza del silo;
- per ogni tipologia di capannone, 3 varianti differenti per larghezza interna dell'edificio;
- per ogni tipologia di concimaia, 6 varianti differenti per superficie utile interna;
- per ogni tipologia di serbatoio per liquame, da un minimo di 4 a un massimo di 7 varianti, differenti per volume totale interno.

Nelle tabelle e nei grafici allegati ai diversi schemi, quindi, il costo totale di costruzione viene parametrato ad elementi dimensionali rilevanti e viene scorporato nelle sue

diverse parti, con riferimento alle varie categorie di lavori appositamente codificate.

CALCOLO ANALITICO DEI COSTI

Il calcolo analitico dei costi di costruzione viene eseguito mediante il **computo metrico estimativo**, che consiste nella moltiplicazione delle quantità delle singole lavorazioni o opere per i relativi prezzi unitari desunti dall'Elenco Prezzi Unitari (EPU), e nella sommatoria di tutti i sub-totali ottenuti. Risulta evidente la comodità di una computazione mediante elaboratore elettronico, sia per la ripetitività delle operazioni da eseguire, sia per la precisione di calcolo necessaria.

I computi metrici estimativi presentati in questo lavoro sono stati eseguiti con riferimento ad un EPU appositamente allestito e per lo più derivato dal "Prezzario regionale per opere e interventi in agricoltura, revisione e aggiornamento 2002", realizzato dal Crpa per conto della Regione Emilia-Romagna. I costi delle diverse voci caricate in EPU sono stati aggiornati al 2007. Nella compilazione dei computi metrici si è posta particolare attenzione alla possibilità, offerta dai moderni software di cantieristica, di imputare le diverse voci di costo a sottoinsiemi omogenei di lavori.

Nel nostro caso il costo totale è stato ripartito in un certo numero di lotti e mappali, variabili in base alla complessità dell'opera progettata, che fanno riferimento alle diverse parti di cui è costituita l'opera stessa. Inoltre, sempre con riferimento al costo complessivo, si è operata un'ulteriore scorporazione sulla base delle principali **categorie di lavori**; queste ultime, presenti in numero variabile a seconda della struttura considerata, sono le seguenti:

- scavi e rinterri;
- struttura portante e copertura edifici;
- sistemazione orizzontale
- sistemazione verticale;
- serramenti;
- canalizzazioni, fognature e opere da lattoniere;
- impianto elettrico;
- attrezzature.

Per ogni gruppo di strutture zootecniche descritto negli articoli seguenti verranno fornite specifiche sulle tipologie di opere comprese nelle diverse categorie di lavori. ■



Vasca per effluenti non palabili.

I sili orizzontali per stoccare i foraggi

L'insilamento rappresenta un metodo di conservazione dei foraggi basato sull'acidificazione della massa vegetale ad opera di microrganismi anaerobi, allo scopo di impedire la proliferazione di batteri butirrici e proteolitici, responsabili delle fermentazioni nocive e indesiderate. Questo metodo permette di mantenere il prodotto pressoché inalterato per vari mesi. Per ottenere un buon insilato è necessario:

- ✓ eliminare o contenere al massimo gli scambi d'aria con l'esterno, onde evitare una continua attività respiratoria e fermentativa, limitando, di conseguenza, la temperatura all'interno dell'insilato in modo da favorire le specie batteriche utili per i processi di insilamento ed evitare le fermentazioni indesiderate;
- ✓ aumentare il tenore di sostanza secca e di zuccheri fermentescibili;
- ✓ evitare l'inquinamento del foraggio con terra.

Per realizzare tutto ciò, occorre considerare attentamente diversi fattori, fra i quali le dimensioni dell'insilato, la raccolta del foraggio alla giusta umidità, la velocità e la tecnica di riempimento del silo, la compressione della massa insilata, l'impermeabilità e la copertura del silo.

STRUTTURE VERTICALI E ORIZZONTALI

I sili sono attrezzature/strutture utilizzate per la conservazione degli alimenti. In base alla direzione nella quale si sviluppano si possono distinguere in:

- *silo verticale* (con massima dimensione sviluppata in altezza), destinato alla conservazione dei mangimi concentrati e degli insilati;
- *silo orizzontale* (con massima dimensione sviluppata sul piano orizzontale), destinato alla conservazione dei foraggi insilati (silomais, erbasilo).

I sili orizzontali realizzati e utilizzati correttamente consentono un ottimo livello di conservazione del prodotto insilato al più basso costo possibile; ciò ha permesso a questo tipo di strutture di diffondersi e di soppiantare i sili verticali a torre, più onerosi sia per l'investimento iniziale, sia per il funzionamento.

REQUISITI FONDAMENTALI

I sili orizzontali possono essere realizzati in diverse forme e dimensioni e con diversi materiali, ma per tutti devono valere i seguenti requisiti fondamentali:

- ✓ assoluta impermeabilità delle strutture (basamento e pareti);
- ✓ capacità di stoccaggio adeguata alle esigenze gestionali dell'azienda;
- ✓ facilità di riempimento e di prelevamento dell'insilato, in condizioni di assoluta sicurezza per gli addetti alle diverse operazioni.



Sili orizzontali in serie.



Barriere anticaduta installate alla sommità dei muri di contenimento di un silo orizzontale fuori terra.

Un silo è essenzialmente costituito da un pavimento di calcestruzzo armato, sul quale poggiano e trovano ancoraggio le pareti perimetrali realizzate con materiali diversi: calcestruzzo, acciaio, legno. Una testata del silo è sempre priva di pareti per consentire le operazioni di caricamento e svuotamento mediante rimorchi e macchine desilatrici.

L'insieme del manufatto dev'essere correttamente progettato e realizzato per resistere alle forze provenienti dal terreno e a quelle derivanti dall'insilato stoccato, per evitare cedimenti o lesioni che comprometterebbero la stabilità e/o l'impermeabilità del contenitore. Si deve predisporre un vespaio di materiale inerte (ciottoli, ghiaia e sabbia) di adeguato spessore e ben compattato, sul quale realizzare il basamento; nel caso di ter-

reno umido, per presenza di falde acquifere o di acqua sotterranea di scorrimento, è bene predisporre una rete di tubi drenanti al di sotto del vespaio.

Un'adeguata pendenza della pavimentazione (1÷1,5%) verso i punti di sgrondo deve permettere il rapido allontanamento della frazione liquida dell'insilato e dell'acqua piovana raccolta dal silo. I punti di sgrondo vanno posizionati verso l'estremità da cui si effettuano le operazioni di scarico. Se lo scarico può avvenire da entrambe le estremità, si consiglia di realizzare una pendenza dal centro del silo verso i due lati corti. Il percolato deve essere raccolto da appositi pozzetti con cadi-

toia, collegati ad una rete fognaria che scarica in un contenitore impermeabile adeguatamente dimensionato.

TRE TIPOLOGIE

In base all'ubicazione del contenitore si distinguono le seguenti tipologie di silo orizzontale:

- **fuori terra:** è sicuramente la soluzione maggiormente diffusa, in particolare nelle zone di pianura, perché abbisogna di limitati lavori di sistemazione (scavi); per contro, richiede pareti laterali che devono resistere alla spinta dell'insilato, soprattutto durante la fase di caricamento, quando i mezzi meccanici passano ripetutamente sul prodotto per comprimerlo. Inoltre, per evitare la caduta dall'alto degli operatori durante le operazioni di riempimento o di fissaggio e di apertura dei teli di copertura, i muri di contenimento devono essere dotati sulla loro sommità di parapetti o ringhiere;
- **seminterrato:** in questa soluzione le pareti risultano in parte appoggiate allo scavo e in parte fuori terra, mentre l'accesso è reso più facile dalla disposizione degli elementi costruttivi rispetto al terreno;
- **interrato:** è una soluzione scarsamente utilizzata, per i maggiori costi e per le complicazioni costruttive. Il silo è dotato di una o due rampe di accesso che servono per il carico e per lo scarico. Le pareti, quan-

Silo a trincea con pareti di contenimento.





è dovuto ai seguenti vantaggi:

- ✓ messa in opera semplice e rapida, con modeste opere murarie;
- ✓ possibilità di utilizzare immediatamente la struttura;
- ✓ possibilità di rimuovere facilmente singoli elementi per variare la capienza del silo o per spostarlo.

È anche possibile per l'allevatore contribuire in modo rilevante alla messa in opera del silo, con un notevole contenimento dei costi di realizzazione dell'opera.

COPERTURA

I sili orizzontali devono essere coperti, dopo le operazioni di compressione, con un telo impermeabile generalmente in materiale plastico (Pvc o polietilene dello spessore di 0,15 millimetri). La copertura della massa del trinciato è necessaria principalmente per due motivi:

- impedire la penetrazione dell'acqua piovana, responsabile delle perdite di acidi organici e altri componenti solubili dell'insilato e dell'aumento degli effluenti d'allevamento, mantenendo il pH a livelli ottimali;
- ridurre l'esposizione all'ossigeno, mantenendo, nello stesso tempo, le condizioni anaerobiche desiderate all'interno dell'insilato.

Il telo deve essere correttamente installato, mantenendolo in stretto contatto con la massa dell'insilato per impedire all'aria di venire a contatto con il foraggio; per fare ciò, spesso vengono posizionati sul telo vecchi pneumatici sistemati uno di fianco all'altro. ■

Silo a platea privo di pareti di contenimento.

do sono in terra, devono avere una scarpa compatibile con l'angolo di pendenza naturale del terreno, mentre il fondo deve essere pavimentato e opportunamente drenato.

I sili interrati o seminterrati si identificano nei cosiddetti *sili a fossa*, mentre i sili fuori terra sono rappresentati dai popolari *sili a trincea*, dotati di pareti di contenimento, e dai meno diffusi sili a platea, privi di pareti e adatti per stoccare piccole quantità di insilato.

DISPOSIZIONE

In base alla disposizione dei sili si possono distinguere:

- ✓ sili singoli;
- ✓ sili abbinati (due sili affiancati con in comune una parete lunga);
- ✓ sili in serie (batteria di tre o più sili disposti l'uno a fianco dell'altro).

Poiché la pavimentazione del silo viene sempre realizzata con calcestruzzo gettato in opera, le diverse soluzioni costruttive fanno riferimento ai materiali adottati per la realizzazione delle pareti; si distinguono le seguenti tipologie:

- calcestruzzo armato gettato in opera con l'impiego di casseri;
- elementi prefabbricati di calcestruzzo

- armato fissati su pilastri;
- lamiere d'acciaio opportunamente sagomate e fissate alla base;
- elementi prefabbricati nervati d'acciaio zincato;
- elementi prefabbricati autostabilizzati di calcestruzzo armato vibrato.

Oggi la tipologia maggiormente diffusa è il silo fuori terra a trincea, con pareti in elementi prefabbricati di calcestruzzo armato vibrato semplicemente appoggiati al suolo e fissati fra loro mediante morsetti e bulloni. Il grande successo di questa tipologia di silo

Utilizzo di vecchi pneumatici per mantenere il telo di copertura in stretto contatto con la massa dell'insilato.



Sili orizzontali a trincea: l'incidenza dei diversi lavori



SILI IN SERIE

Lo schema di base è rappresentato da 3 sili disposti in serie, dotati di pareti laterali (solo i due sili esterni), parete di fondo e pareti divisorie fra un silo e l'altro in elementi prefabbricati di calcestruzzo armato vibrato alti 2,7 metri, per un'altezza utile interna di 2,6 metri. La lunghezza interna è pari a 45 metri, mentre la larghezza interna media di un silo varia, nelle 4 varianti progettate, dagli 8,6 metri dei sili centrali di SC1 ai 22,55 metri dei sili laterali di SC4.

PARAMETRI DIMENSIONALI

Nella tabella 1 sono riportati i principali parametri dimensionali che caratterizzano i sili singoli, abbinati e in serie. La larghezza effettiva del silo, essendo le pareti esterne inclinate, è la media fra la larghezza alla base e la larghezza alla sommità delle pareti. Nella definizione dell'altezza media del cumulo di insilato si è considerata un'altezza massima (H_m) così calcolata:

$$H_m = H_p + La/10$$

dove H_p è l'altezza interna della parete, pari a 2,6 metri e La è la larghezza effettiva del silo (metri).

La massa di silomais stoccabile varia da un minimo di 885 tonnellate per il silo singolo più

Per i sili orizzontali si è optato per la tipologia certamente più diffusa, ovvero il silo a trincea con pareti di contenimento. Sono stati allestiti 3 differenti schemi:

- 1) *silo singolo*, con pareti laterali e una parete di fondo (SA);
- 2) *sili abbinati* (2 sili), con pareti laterali, parete di fondo e parete divisoria centrale (SB);
- 3) *sili in serie* (3 sili), con pareti laterali, parete di fondo e pareti divisorie fra un silo e l'altro (SC).

Per ogni schema proposto sono state progettate **4 varianti**, differenti per la larghezza del singolo silo, in modo da avere a disposizione una vasta gamma di soluzioni che copre un *range* di stoccaggio utile da circa 1.300 a circa 11.200 m³.

SILO SINGOLO

Lo schema di base è rappresentato da un silo orizzontale singolo, dotato di pareti late-

Silo orizzontale singolo.

rali e parete di fondo in elementi prefabbricati di calcestruzzo armato vibrato alti 2,7 metri, per un'altezza utile interna di 2,6 metri. La lunghezza interna è pari a 45 metri, mentre la larghezza interna media varia, nelle 4 varianti progettate, dai 9,5 metri di SA1 ai 23 metri di SA4.

SILI ABBINATI

Lo schema di base è rappresentato da due sili abbinati, dotati di pareti laterali, parete di fondo e parete divisoria centrale in elementi prefabbricati di calcestruzzo armato vibrato alti 2,7 metri, per un'altezza utile interna di 2,6 metri. La lunghezza interna è pari a 45 metri, mentre la larghezza interna media di un silo varia, nelle 4 varianti progettate, dai 9,05 metri di SB1 ai 22,55 metri di SB4.

Tab. 1 - Principali parametri dimensionali dei sili orizzontali a trincea singoli, abbinati e in serie.

PARAMETRO	SILO SINGOLO				SILI ABBINATI				SILI IN SERIE			
	SA1	SA2	SA3	SA4	SB1	SB2	SB3	SB4	SC1	SC2	SC3	SC4
Larghezza effettiva (m)	9,5	14	18,5	23	9,05	13,55	18,05	22,55	9,05-8,6	13,55-13,1	18,05-17,6	22,55-22,1
Altezza media insilato (m) ⁽¹⁾	3,07	3,3	3,52	3,75	3,05	3,28	3,5	3,73	3,04	3,27	3,49	3,72
Superficie totale media (m ²)	427,5	630	832,5	1.035	814,5	1.219,5	1.624,5	2.029,5	1.201,5	1.809	2.416,5	3.024
Volume totale di stoccaggio (m ³)	1.315	2.079	2.935	3.881	2.488	4.000	5.694	7.570	3.661	5.919	8.450	11.255
Massa totale stoccabile (t) ⁽²⁾	885	1.423	2.038	2.732	1.673	2.734	3.949	5.323	2.461	4.043	5.858	7.910
Superficie di terreno occupata (m ²)	551	763	975	1.187	961	1.385	1.809	2.233	1.371	2.007	2.643	3.279

⁽¹⁾ Per i sili in serie il primo valore è relativo al silo laterale, mentre il secondo valore è relativo al silo centrale. - ⁽²⁾ Nel caso di silomais.

Tab. 2 - Principali parametri di tipo economico dei silo orizzontali a trincea singoli, abbinati e in serie.

PARAMETRO	SILO SINGOLO				SILI ABBINATI				SILI IN SERIE			
	SA1	SA2	SA3	SA4	SB1	SB2	SB3	SB4	SC1	SC2	SC3	SC4
Costo per unità di superficie (€/m ²)	99,22	80,44	70,84	64,96	85,70	70,91	63,50	59,05	80,91	67,61	61,02	57,10
Costo per unità di volume (€/m ³)	32,25	24,37	20,09	17,32	28,06	21,62	18,12	15,83	26,55	20,66	17,45	15,34
Costo per unità di massa (€/t)	47,93	35,61	28,94	24,61	41,72	31,63	26,12	22,51	39,50	30,25	25,17	21,83
Incidenza della "sistemazione orizzontale" (%)	43,8	50,3	54,9	58,5	47,5	54,3	58,9	62,3	49,1	56,0	60,5	63,7
Incidenza della "sistemazione verticale" (%)	47,6	41,5	37,1	33,8	45,5	38,7	34,0	30,7	44,5	37,5	32,8	29,5

piccolo a un massimo di 7.900 tonnellate per i silo in serie più grandi. La massa stoccata sull'unità di superficie del silo varia da un minimo di circa 2 tonnellate/m² a un massimo di circa 2,6 tonnellate/m², con un aumento dal silo più stretto a quello più largo dovuto all'aumento dell'altezza media del cumulo e all'aumento della massa volumica del silomais (a sua volta conseguenza dell'aumentata altezza media).

È interessante notare che la massa stoccabile di silomais per ogni metro quadro di superficie di terreno occupato dal manufatto varia da un minimo di 1,6 a un massimo di 2,4 tonnellate. Gli elementi prefabbricati autostabilizzati sono posati su un basamento di fondazione di calcestruzzo armato, a sua volta gettato su un sottofondo di ghiaia racchiuso da due cordoli perimetrali. La pavimentazione è realizzata in calcestruzzo Rck 25 N/m² gettato con le adeguate pendenze, per lo sgrondo del percolato e il suo allontanamento tramite la prevista rete fognaria.

PARAMETRI ECONOMICI

In tabella 2 sono riportati i principali parametri di tipo economico scaturiti dai computi metrici estimativi. Il riferimento è il più pro-

Graf. 1 – Silo singolo: andamento del costo di costruzione unitario al variare della larghezza effettiva del silo.



babile costo totale di costruzione di ogni tipologia di silo e i valori riportati riguardano sia il costo unitario parametrato agli elementi dimensionali rilevanti, sia l'incidenza percentuale delle principali categorie di lavori

sul costo totale.

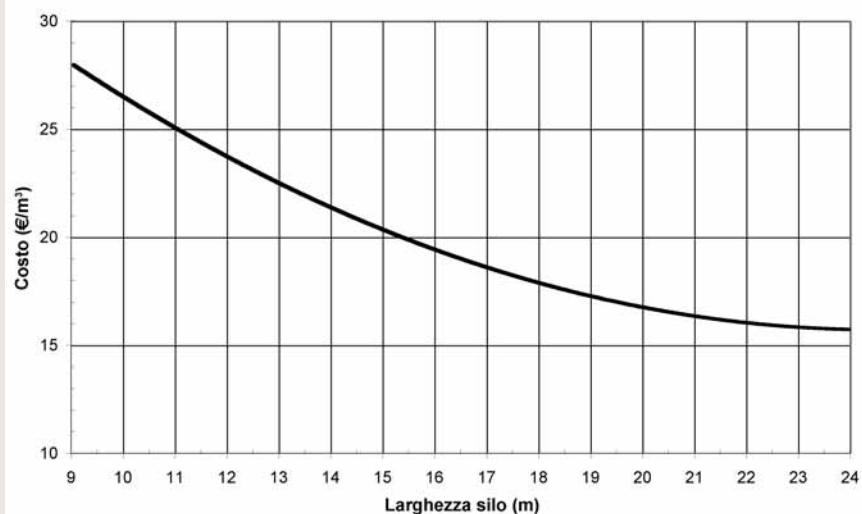
Con riferimento all'unità di superficie utile interna, la costruzione dei silo orizzontali comporta una spesa di poco meno di 100 euro/m² per lo schema SA1 e di 57 euro/m² per lo schema SC4. Relativamente al volume di stoccaggio, il costo di costruzione varia da un minimo di circa 15 euro/m³ per i silo in serie di maggiori dimensioni (SC4), ad un massimo di circa 32 euro/m³ per il silo singolo più piccolo (SA1), con un aumento del 110%.

Se si ipotizza lo stoccaggio di silomais e si rapporta il costo alla massa totale accumulabile, la differenza di costo unitario fra la tipologia meno onerosa e quella più onerosa aumenta

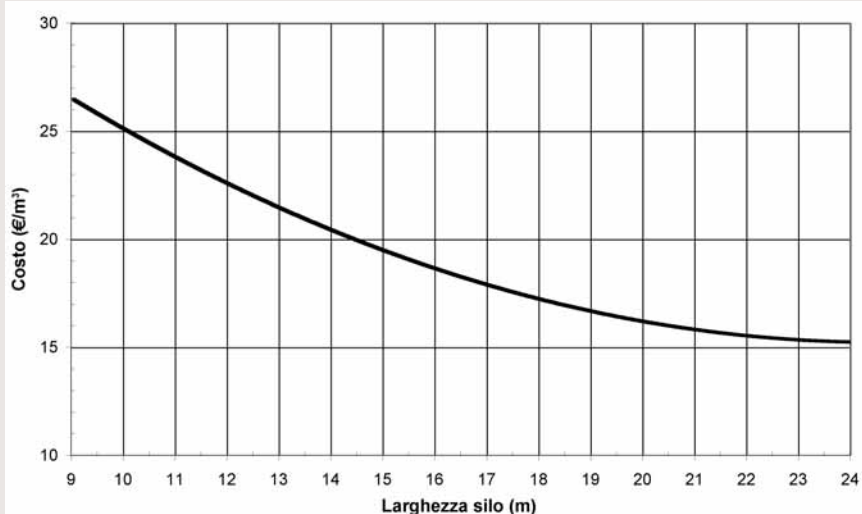


Silo orizzontali abbinati.

Graf. 2 – Sili abbinati: andamento del costo di costruzione unitario al variare della larghezza effettiva del singolo silo.



Graf. 3 – Sili in serie: andamento del costo di costruzione unitario al variare della larghezza effettiva del singolo silo.



ulteriormente: 21,8 euro/tonnellata dello schema SC4 contro 47,9 euro/tonnellata dello schema SA1, con un aumento del 120%. Per la ripartizione del costo totale di costruzione fra le principali categorie di lavori, si deve dire innanzitutto che per i silo orizzontali hanno rilevanza due sole categorie, e pre-

cisamente la sistemazione orizzontale (SO), comprendente le opere di fondazione, i vespai e i pavimenti, e la sistemazione verticale (SV), comprendente le pareti del silo e del pozzetto di prima raccolta; queste due categorie insieme rappresentano il 91÷93% del costo totale di tutti i modelli di silo.

La categoria SO è quella più rilevante e la sua importanza, come era normale attendersi, aumenta passando dallo schema a silo singolo allo schema con silo in serie e, nell'ambito dello stesso schema, passando dai modelli più piccoli a quelli più grandi. Nella tipologia SA1, l'unica dove SV è maggiore, la percentuale di SO si attesta sul 44% circa, mentre nel silo SA4 l'incidenza di SO è di poco inferiore al 60%. La percentuale massima della categoria SO si registra nello schema SC4 con il 64% circa.

I grafici 1, 2 e 3 illustrano l'andamento del costo di costruzione unitario per unità di volume di stoccaggio al variare della larghezza effettiva, con riferimento ai modelli di silo considerati nel presente lavoro (pareti in elementi prefabbricati di calcestruzzo armato vibrato con altezza interna di 2,6 metri).

Dato che questo costo unitario è molto legato, per ogni schema, alla larghezza del singolo silo, mentre è scarsamente influenzato dalla lunghezza dei silo, è possibile utilizzare il medesimo costo unitario riferito a una certa larghezza per stimare il costo totale di silo di lunghezza variabile, all'interno dell'intervallo di uso più comune (da 30 a 100 metri circa).

Ad esempio, volendo valutare il costo di costruzione di un silo singolo con larghezza media di 20 metri e lunghezza interna di 80 metri, si potrà utilizzare il grafico 1, individuando lungo la linea il costo unitario corrispondente, pari circa 18,8 euro/m³.

Il volume totale del silo (V_t in metri cubi) può essere stimato con la seguente formula:

$$V_t = Lu \times La \times [(H_p + H_m)/2]$$

dove Lu è la lunghezza interna del silo (metri); La è la larghezza media del silo (metri); H_p è l'altezza interna della parete, pari a 2,6 metri; H_m è l'altezza massima del cumulo di insilato (metri), stimabile con la formula riportata in precedenza. Risulta un volume totale di circa 5.760 m³. A questo punto è sufficiente moltiplicare il volume totale trovato per il costo unitario, e cioè

$$C_t = 5.760 \times 18,8 = 108.288 \text{ euro}$$

ottenendo la stima del costo totale di costruzione (C_t). ■

I capannoni rurali

I moderni capannoni rurali vengono realizzati prevalentemente con strutture portanti prefabbricate costituite da uno o due dei seguenti materiali: calcestruzzo armato, acciaio e legno.

Strutture di calcestruzzo armato. In Italia le strutture portanti prefabbricate di calcestruzzo armato, soprattutto del tipo vibrato (c.a.v.) o precompresso (c.a.p.), sono molto diffuse nel settore zootecnico e le soluzioni costruttive più comuni prevedono pilastri e travi monolitiche. Per la realizzazione dei capannoni rurali vengono utilizzate sia le travi a doppia pendenza, anche del tipo *boomerang* con inclinazione delle falde del 20÷25%, per edifici di ampia luce (20÷30 metri), sia le travi a lembi paralleli (travi piane), per edifici con copertura monofalda e luce di 10÷15 metri.

In generale, le strutture prefabbricate di calcestruzzo hanno buona resistenza agli agenti atmosferici e all'azione dei gas corrosivi; per contro, a parità di luci, interassi e sovraccarichi di calcolo, hanno una massa maggiore rispetto a strutture d'acciaio o di legno. Questo fatto, se da un lato garantisce meglio nei confronti dell'instabilità dovuta a carichi

di punta o alla forza del vento, dall'altro rende l'edificio meno elastico e meno sicuro nei confronti delle azioni sismiche. Bisogna considerare, infine, che gli elementi edilizi di grande dimensione e di elevata massa pongono notevoli problemi di trasporto, non solo per i costi elevati, ma anche per le evidenti difficoltà a raggiungere alcuni centri aziendali, soprattutto in collina e montagna, e ad installare il cantiere per il montaggio delle strutture.

Strutture d'acciaio. Le strutture prefabbricate d'acciaio hanno una massa molto inferiore a quelle di calcestruzzo, a parità di condizioni di calcolo, e ciò consente risparmi nelle opere di scavo e di fondazione, con vantaggi più evidenti nelle zone caratterizzate da terreni a bassa portanza o in quelle soggette a dissesto idrogeologico.

La leggerezza della struttura, unitamente alla facilità di montaggio dei diversi elementi strutturali a mezzo di bulloni o di saldature, semplifica il cantiere di lavoro e il trasporto.

Viceversa tali strutture, proprio perché "leggere", sono facilmente soggette a condizioni di instabilità; per scongiurare questi fenomeni è necessario un irrigidimento attuato mediante elementi di collegamento tra i diversi telai (crociere di controventatura).

Tutte le strutture metalliche necessitano di un trattamento di zincatura a caldo, per ovvia-

re alla ruggine. Un aspetto di grande rilevanza per la longevità delle strutture è l'adeguata ventilazione invernale del ricovero, che limita il rischio di condensa dell'umidità dell'aria sulle superfici fredde degli elementi metallici.

Le strutture metalliche più comuni a una o a due falde sono costituite da pilastri in profilati HE o IPE, da travi in profilati IPE e da arcarecci di copertura in profilati Ω (omega) o IPE. Una soluzione strutturale che permette la copertura di grandi luci con due soli appoggi è quella che prevede capriate reticolari montate su colonne ad anima piena o reticolari.

Infine, occorre menzionare le **strutture tubolari** d'acciaio, che in questi ultimi anni hanno suscitato un certo interesse anche per la realizzazione di edifici rurali. Si tratta di tipologie costruttive aventi struttura portante in tubi d'acciaio zincati a caldo e tiranti di rinforzo; il pacchetto di copertura è realizzato con materiale plastico (polietilene) o con policarbonato semirigido.

I principali vantaggi di queste strutture sono riconducibili alla leggerezza dei materiali utilizzati e all'estrema semplicità di montaggio e di ancoraggio della struttura alle fondazioni (plinti o cordoli perimetrali di calcestruzzo leggermente armati).

Strutture di legno. Le strutture portanti di legno utilizzate in edilizia rurale si possono classificare nelle seguenti tre categorie:

- strutture a capriata su pilastri o muri portanti, per luci fino a 20÷22 metri;
- strutture a pilastri e travi, per luci fino a 25÷30 metri;
- strutture a telaio rigido (portale, arco), per luci fino a 30÷35 metri.

Alle strutture del primo tipo appartengono le **travi reticolari**, realizzate in numerose varianti utilizzando tavole collegate mediante piastre chiodate, secondo una disposizione geometrica ordinata che genera un telaio indeformabile. Queste strutture sono in grado di sopportare forti carichi, sono più leggere rispetto ad altri tipi di trave, a parità di condizioni di calcolo, e hanno un costo con-

Fienile con struttura portante di calcestruzzo armato.



tenuto, soprattutto per luci da 10 a 15 metri. Altre capriate molto usate per la loro semplicità costruttiva sono quelle costituite da **travi pressate e tirante d'acciaio**, che si rifanno alle classiche capriate miste legno-acciaio nelle quali gli sforzi di trazione della catena sono devoluti all'acciaio, materiale più resistente in tal senso, anziché al legno. Le travi pressate sono travi in legno massello, oppure tavole di legno, sovrapposte e collegate lateralmente mediante particolari piastre chiodate.

Nella categoria delle strutture a pilastri e travi si annoverano numerose soluzioni costruttive, sia completamente in legno, sia con abbinamento acciaio-legno o calcestruzzo-legno.

Le **strutture miste acciaio-legno**, in particolare, stanno riscuotendo notevole successo nel settore dell'edilizia rurale; si tratta, in genere, di strutture a due falde, costituite da pilastri in profilati d'acciaio zincato a caldo e da travi di legno massello o di legno lamellare. Una soluzione strutturale interessante per la realizzazione di edifici rurali è quella che prevede l'impiego delle travi scatolari (travi a cassetta), in abbinamento con pilastri di legno o d'acciaio. Queste travi, utilizzabili in condizioni non particolarmente gravose dal punto di vista dei carichi, vengono realizzate assemblando mediante chiodatura e/o incol-

laggio legname squadrato (per i correnti di bordo) e legname in tavole (per le parti laterali di unione); la loro messa in opera si realizza direttamente in cantiere, a terra, e può impegnare anche maestranze aziendali.

Infine, le strutture a telaio rigido vengono proposte in numerose varianti e permettono la copertura di grandi luci. La caratteristica saliente di tali strutture è la rigidità della giunzione pilastro-trave, attuata mediante la realizzazione di opportuni snodi di legno o l'installazione di snodi prefabbricati d'acciaio; l'alternativa è l'assemblaggio delle due entità in un unico elemento costruttivo, come nei semiportali o negli archi in legno lamellare. I telai rigidi possono essere realizzati totalmente in legno, oppure possono prevedere struttura mista acciaio-legno, con o senza tirante; il legno utilizzato può essere massello, lamellare o pressato.

COPERTURA DEI CAPANNONI

Il manto di copertura, ovvero lo strato più esterno del tetto destinato a proteggere tutti gli elementi sottostanti dalle precipitazioni atmosferiche e dall'irraggiamento solare diretto, deve essere impermeabile all'acqua, resistente al calore, al freddo e agli sbalzi termici, imputrescibile, resistente all'attacco di funghi, muffe, batteri e altri microrganismi, resistente al fuoco e agli urti e leggero, per limitare il sovraccarico della struttura portante.

La gamma di modelli utilizzabili per le costruzioni agricole è molto vasta e comprende sia materiali tradizionali, sia materiali nuovi di

diversa origine. Si ricordano le tegole di laterizio o di cemento, il fibrocemento senza amianto e le coperture metalliche.

Negli edifici rurali possono essere usate le tegole piane marsigliesi e quelle piano-curve portoghesi, mentre in alcune zone i piani regolatori generali impongono l'impiego della tradizionale tegola curva (coppo). Oggi vengono proposte anche tegole di conglomerato cementizio a forma mista (piano-curva), con strato esterno trattato in modo opportuno per garantire l'impermeabilità.

Il limite maggiore della copertura in tegole è l'elevata massa gravante sulla struttura portante, variabile dai 40 ai 65 kg/m², con evidenti effetti sui costi complessivi di costruzione, ragione per cui oggi è raramente usata per i fabbricati rurali.

Le lastre ondulate rette di fibrocemento ecologico (senza amianto), dello spessore di 6-6,5 millimetri, rappresentano uno dei materiali più utilizzati come manto di copertura per le costruzioni agricole. Esse sono ottenute dalla lavorazione di un impasto di cemento e di fibre sintetiche rinforzanti, fra le quali molto noto è il Pva (polivinilalcol).

Il motivo della loro diffusione è legato principalmente ad alcuni vantaggi rispetto alle tegole di laterizio e di cemento:

- minori costi del materiale in opera;
- facilità di montaggio delle lastre;
- massa ridotta (13÷18 kg/m² in opera);
- possibilità di impiego, anche con pendenze di falda modeste, fino a un minimo del 10%.

Il fibrocemento possiede una buona resistenza a fenomeni di corrosione e ottime caratteristiche meccaniche e di resistenza al fuoco; per contro, ha scarsa tenuta all'aria. Il livello di isolamento termico, pur non essendo molto elevato, è comunque superiore a quello delle lastre metalliche.

Il colore naturale del fibrocemento è il grigio, ma oggi, in considerazione delle esigenze di limitare l'impatto paesaggistico delle costruzioni e delle prescrizioni dei Comuni riguardo ai colori dei materiali edilizi, le lastre possono essere prodotte in diverse tonalità (rosso, verde, testa di moro, oca, marrone, ecc.), con un leggero aumento dei costi.

Per quanto riguarda le coperture metalliche, discreta diffusione ha il lamierino d'acciaio grecato, zincato, preverniciato e auto-

Fienile con struttura portante d'acciaio, tamponamenti di calcestruzzo alleggerito e copertura con pannelli sandwich.





Fienile con struttura tubolare d'acciaio e copertura rigida.

Fienile con struttura portante mista calcestruzzo-legno. (Fonte: Wolf System)



portante. I suoi principali pregi sono il notevole potere riflettente dei raggi del sole, che consente una limitazione dell'ingresso di calore raggiante al disotto della copertura durante l'estate, la facilità di montaggio, la massa estremamente ridotta ($5\div 6 \text{ kg/m}^2$) e l'elevata resistenza meccanica. Può essere usato con una pendenza minima delle lastre (5%).

Per una migliore protezione nei confronti degli agenti atmosferici sono state studiate e prodotte particolari lastre multistrato che permettono la realizzazione di coperture con grande resistenza alla corrosione e mec-

canica e discreto isolamento termoacustico. La base di questo tipo di lastre è la lamiera zincata rivestita sul lato superiore da asfalto plastico e da una lamina sottilissima di alluminio.

Anche le lastre rette grecate o ondulate d'alluminio (spessore comune di 0,7 millimetri) possono essere vantaggiosamente impiegate come manto di copertura nelle costruzioni zootecniche. Le loro caratteristiche principali sono l'elevata resistenza alla corrosione e meccanica, la facilità di montaggio, la massa estremamente ridotta e il notevole potere riflettente del calore.

Le lastre d'alluminio sono disponibili anche in versione preverniciata, con tonalità variabili dal bianco-grigio al verde, dal rosso copo al testa di moro.

Infine, una citazione particolare meritano le *coperture metalliche isolanti multistrato* che si sono largamente diffuse nel settore agro-zootecnico in questi ultimi anni, soprattutto

negli edifici destinati all'allevamento degli animali.

Si tratta di coperture prefabbricate fornite in lastre autoportanti di dimensione variabile, costituite in genere da uno strato superiore in lamiera grecata d'acciaio zincata e preverniciata, da uno strato intermedio di resina poliuretanicca con spessore variabile da 30 a 80 millimetri e da uno strato inferiore di lamiera d'acciaio zincata e preverniciata. Questi pannelli sandwich si prestano ad una rapida costruzione di un tetto coibentato e risultano più resistenti rispetto alle coperture monostrato metalliche o di fibrocemento.



Fienile con travi di legno e copertura di lamierino d'acciaio grecato.

TAMPONAMENTI

Con la rapida diffusione delle strutture prefabbricate intelaiate a pilastri e travi per la costruzione dei ricoveri agricoli, hanno assunto importanza le strutture di tamponamento, ossia elementi edilizi che chiudono l'edificio ma che non hanno funzione portante. Nei capannoni rurali sono sicuramente da preferirsi quelli monostrato, che sono di facile costruzione, relativamente economici, spesso di massa modesta e di spessore limitato: i materiali più utilizzati sono i laterizi e il calcestruzzo.

Una particolare tipologia di elementi **laterizi forati** che ha avuto una notevole diffusione in questi ultimi anni è quella dei cosiddetti blocchi forati, che si caratterizzano per le maggiori dimensioni rispetto ai tradizionali mattoni.

Particolare interesse destano anche i **blocchi di calcestruzzo alleggerito**, le cui caratteristiche principali sono la ridotta massa volumica rispetto ai blocchi di calcestruzzo normale, l'elevato potere di isolamento termo-acustico, l'alta resistenza al fuoco, la permeabilità al vapore (pareti che "respirano"), l'idrorepellenza della superficie esterna e la facilità di lavorazione. I blocchi alleggeriti sono disponibili in diverse colorazioni, anche con finitura esterna facciavista, e possono costituire una valida alternativa ai blocchi di laterizio per la realizzazione dei tamponamenti dei capannoni zootecnici. ■

Quanto si spende per costruire i capannoni rurali

Fra le diverse soluzioni adottabili per la costruzione di capannoni agricoli, in questo articolo è stata scelta quella del prefabbricato d'acciaio; in particolare, gli edifici che sono stati progettati hanno struttura portante in profilati d'acciaio zincato di adeguata sezione, con pilastri in profilati HE e travi a capriata.

La scelta è motivata dal fatto che queste tipologie di strutture hanno avuto una larga diffusione negli ultimi 15-20 anni, sia per fabbricare stalle, sia per la costruzione di edifici per la conservazione di prodotti e mezzi.

Ovviamente, come già illustrato nell'articolo precedente, i capannoni rurali possono essere realizzati anche con altre soluzioni costruttive, fra le quali i prefabbricati di calcestruzzo armato e quelli di legno.

Sono stati allestiti 3 differenti schemi progettuali:

- capannone senza tamponamenti, con altezza interna sotto trave di 4 metri (**CA**);
- capannone senza tamponamenti, con altezza interna sotto trave di 6,5 metri (**CB**);
- capannone con tamponamenti, con altezza interna sotto trave di 4 metri (**CC**).

Per ogni schema proposto sono state previste 3 varianti, differenti per la larghezza interna (luce) dell'edificio, in modo da ottenere una vasta gamma di soluzioni che copre un intervallo di volume totale interno variabile da circa 1.900 m³ a circa 7.700 m³.

Per ogni edificio sono stati svolti i calcoli strutturali relativi alla struttura portante e alle fondazioni, assumendo una portanza del terreno piuttosto bassa ($\sigma_{\text{amm}} = 5 \text{ N/cm}^2$), in modo da rendere valido lo schema strutturale per la maggior parte del territorio regionale, e un sovraccarico accidentale da neve di 1,8 kN/m². Inoltre, sono state dimen-

sionate le reti fognarie per le acque bianche e sono stati definiti gli impianti tecnologici. Le principali caratteristiche costruttive dei capannoni sono le seguenti:

- fondazioni a plinti di calcestruzzo armato gettati in opera, con travi di collegamento;
- struttura portante di tipo prefabbricato d'acciaio zincato a caldo, a due falde, costituita da pilastri HE con interasse di 5 metri, travi principali a capriata tipo *Polanceau*,

Stoccaggio di fieno in apposito ricovero.



Tab. 1 - Principali parametri dimensionali dei capannoni.

PARAMETRO	CAPANNONI CA			CAPANNONI CB			CAPANNONI CC		
	CA1	CA2	CA3	CB1	CB2	CB3	CC1	CC2	CC3
Luce netta fra pilastri (m)	9,95	15,95	23,95	9,91	15,91	23,91	9,95	15,95	23,95
Altezza interna sotto catena (m)	4	4	4	6,5	6,5	6,5	4	4	4
Superficie utile interna (m ²)	496	794	1.192	493	792	1.189	484	784	1.184
Volume utile interno (m ³)	1.983	3.177	4.769	3.207	5.146	7.732	1.934	3.135	4.734
Superficie di terreno occupata (m ²)	731	1.065	1.509	733	1.065	1.509	645	991	1.451

I COSTI DI COSTRUZIONE DELLE STRUTTURE ACCESSORIE PER L'ALLEVAMENTO



Capannone con struttura portante d'acciaio, copertura in pannelli sandwich e tamponamenti in blocchi di calcestruzzo alleggerito.

arcarecci in profilati Ω e manto di copertura in lastre di fibrocemento colore naturale;

- tamponamenti perimetrali, ove presenti, in blocchi cavi di calcestruzzo leggero colorati ed idrorepellenti dello spessore di 0,25 metri;
- pavimentazioni di calcestruzzo;
- lattoneria in lamiera d'acciaio zincata e preverniciata;

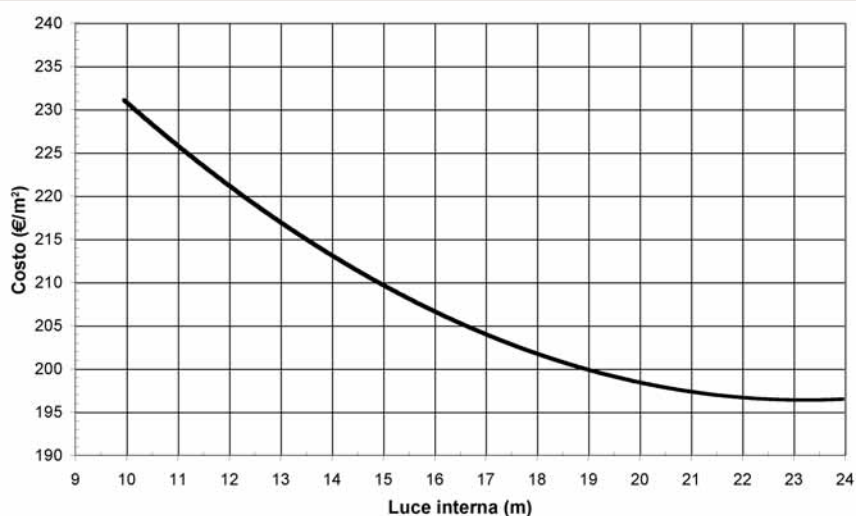
- fognatura per acque bianche in tubi di Pvc serie normale, completa di pozzetti di calcestruzzo;
- impianto elettrico completo per illuminazione, compreso impianto di messa a terra.

Capannone tipo CA. Lo schema di base è rappresentato da un capannone a campata unica con tetto a due falde simmetriche e senza tamponamenti perimetrali. L'altezza utile interna sotto catena è di 4 metri, la lunghezza è di 50 metri, mentre la larghezza interna cambia nelle 3 varianti progettate, dai 9,95 metri del capannone CA1 ai 23,95 metri del capannone CA3. L'edificio comprende pavimentazione di calcestruzzo armato, sistema di raccolta e allontanamento delle acque bianche (canali di gronda, pluviali, pozzetti e fognatura), impianto di illuminazione e impianto di messa a terra.

Capannone tipo CB. Lo schema di base è rappresentato da un capannone a campata unica con tetto a due falde simmetriche e senza tamponamenti perimetrali. L'altezza utile interna sotto catena è di 6,5 metri, la lunghezza è di 50 metri, mentre la larghezza interna cambia nelle 3 varianti progettate, dai 9,91 metri del capannone CB1 ai 23,91 metri del capannone CB3. L'edificio comprende pavimentazione di calcestruzzo armato, sistema di raccolta e allontanamento delle acque bianche, impianto di illuminazione e impianto di messa a terra.

Capannone tipo CC. Lo schema di base è rappresentato da un capannone a campata unica con tetto a due falde simmetriche, con tamponamenti perimetrali. L'altezza utile interna sotto catena è di 4 metri, la lunghezza è di 50 metri, mentre la larghezza interna cambia nelle 3 varianti progettate, dai 9,74 metri del capannone CC1 ai 23,82

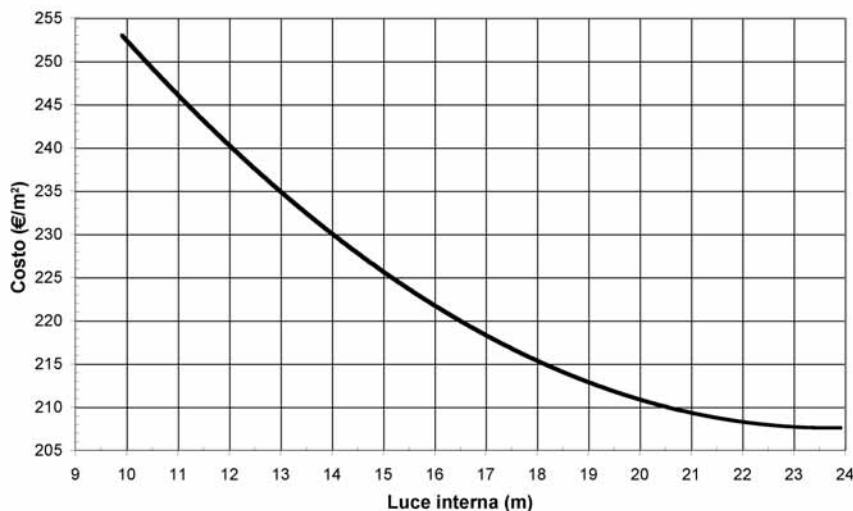
Graf. 1 - Capannoni CA: andamento del costo di costruzione unitario riferito alla superficie utile interna al variare della larghezza del capannone.



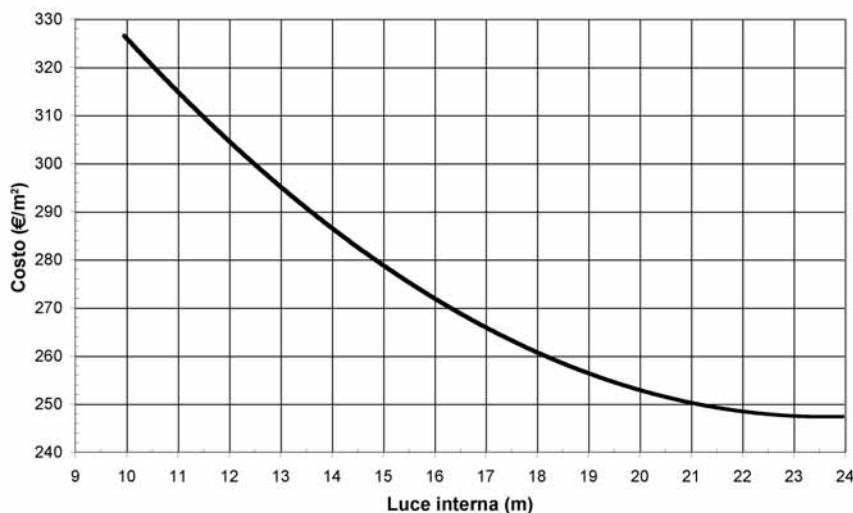
Tab. 2 - Principali parametri di tipo economico dei capannoni.

PARAMETRO	CAPANNONI CA			CAPANNONI CB			CAPANNONI CC		
	CA1	CA2	CA3	CB1	CB2	CB3	CC1	CC2	CC3
Costo per unità di superficie utile interna (€/m²)	231,1	206,8	196,5	253,0	222,1	207,6	326,6	272,3	247,4
Costo per unità di volume utile interno (€/m³)	57,8	52,0	49,1	38,9	34,2	31,9	81,7	68,1	61,9
Incidenza "struttura portante e copertura" (%)	64,3	65,7	66,9	66,6	67,5	68,2	52,2	54,7	56,8
Incidenza "sistemazione orizzontale" (%)	20,9	21,7	21,8	19,2	20,3	20,7	14,9	16,9	18,0
Incidenza "sistemazione verticale" (%)	—	—	—	—	—	—	16,8	14,6	13,1

Graf. 2 – Capannoni CB: andamento del costo di costruzione unitario riferito alla superficie utile interna al variare della larghezza del capannone.



Graf. 3 – Capannoni CC: andamento del costo di costruzione unitario riferito alla superficie utile interna al variare della larghezza del capannone.



PARAMETRI DIMENSIONALI

Nella tabella 1 a pagina 18 sono riportati i principali parametri dimensionali che caratterizzano i capannoni progettati.

Nella definizione dei diversi schemi sono state fissate 3 differenti larghezze, da intendersi come distanze fra gli assi passanti al centro delle due pilastrate di ogni edificio: 10 metri per i capannoni più piccoli (tipo 1), 16 metri per i capannoni medi (tipo 2) e 24 metri per i capannoni più grandi (tipo 3). Le luci nette fra i pilastri opposti risultano quindi leggermente inferiori nei capannoni CB a motivo della maggiore sezione dei pilastri.

La superficie utile interna varia da circa 490 m² per i fabbricati tipo 1 a circa 1.190 m² per quelli tipo 3.

Per quanto riguarda il volume interno, il capannone CB3 con altezza di 6,5 metri è ovviamente il più capiente, con circa 7.700 m³, mentre il volume minore si registra nel capannone CC1, con circa 1.900 m³.

La superficie di terreno occupata dai fabbricati varia da un minimo di 645 a un massimo di 1.509 m².

Relativamente ai capannoni CB, più adatti alla realizzazione di fienili e/o depositi di paglia, è interessante valutare la massima quantità di prodotto stoccabile. Si ipotizza lo stoccaggio di fieno in balloni cilindrici di tipo normale, con diametro di 1,5 metri, altezza di 1,2 metri e peso medio di 380 kg.

La massima altezza delle pile è fissata in 6 metri, equivalente a 5 balloni sovrapposti. Il numero massimo di pile sulla lunghezza (PI) viene calcolato considerando il diametro della rotoballa aumentato del 10%; quindi:

$$PI = 50 / (1,5 \times 1,1) = 30$$

Nello stesso modo viene calcolato il numero di pile sulla larghezza, che risulta pari a:

- 6 pile per lo schema CB1;
- 9 pile per lo schema CB2;
- 14 pile per lo schema CB3.

Quindi, la massima capacità di stoccaggio dei capannoni progettati risulta pari a 900 balloni per CB1, 1.350 balloni per CB2 e 2.100 balloni per CB3; espressa in massa di fieno è rispettivamente pari a 342, 513 e 798 tonnellate.

metri del capannone CC3. L'edificio comprende pavimentazione di calcestruzzo armato, tamponamenti perimetrali alti 3 metri in blocchi di calcestruzzo leggero facciavista intonacati e tinteggiati sulla faccia inter-

na, cordolo di coronamento, tamponamenti di legno nei timpani, portoni d'acciaio sulle testate, sistema di raccolta e allontanamento delle acque bianche, impianto di illuminazione e impianto di messa a terra.



Struttura portante mista acciaio-legno.

PARAMETRI ECONOMICI

Nella tabella 2 a pag. 19 sono riportati i principali parametri di tipo economico scaturiti dai computi metrici estimativi; il riferimento è il più probabile costo totale di costruzione di ogni tipologia di capannone e i valori riportati riguardano sia il costo unitario rapportato agli elementi dimensionali rilevanti, sia l'incidenza percentuale delle principali categorie di lavori sul costo totale.

Con riferimento all'unità di superficie utile interna, la costruzione dei capannoni ipotizzati comporta un investimento variabile da circa 196€/m² per lo schema CA3 a circa 327€/m² per lo schema CC1.

Relativamente al volume utile interno, il costo di costruzione varia da un minimo di circa 32€/m³ per lo schema CB3 ad un massimo di circa 82€/m³ per lo schema CC1.

Con riferimento ai soli capannoni CB, lo stoccaggio di 1 tonnellata di fieno confezionato in rotoballe comporta un investimento variabile da un minimo di 310 € (CB3) a un massimo di 365 € (CB1).

Ponendo come tipologia di base il capannone CA1, è possibile verificare come varia il costo totale di costruzione al variare dei parametri dimensionali o delle caratteristiche costruttive, ovviamente modificando una variabile per volta:

- se viene aumentata l'altezza, da 4 a 6,5 metri, il costo aumenta del 9%;
- se viene aumentata la larghezza, da 10 a 16 metri, il costo aumenta del 43%;

- se viene aumentata la larghezza, da 10 a 24 metri, il costo aumenta del 105%;
- se si passa dal capannone aperto a quello con tamponamenti, il costo aumenta del 38%;
- se il carico da neve passa da 1,8 a 2,9 kN/m² il costo aumenta del 17%.

La ripartizione del costo totale di costruzione fra le principali categorie di lavori mostra una netta prevalenza della struttura portante

Esempio di capannone per lo stoccaggio di paglia e fieno.



(SP), che ha un'incidenza sempre superiore al 50% e che comprende le opere di fondazione, la struttura prefabbricata d'acciaio e la copertura; il massimo viene raggiunto dallo schema CB3 con il 68%, mentre il minimo si registra per lo schema CC1 con il 52%. I capannoni CC hanno una minore incidenza di struttura portante per il fatto che hanno una contemporanea discreta incidenza della sistemazione verticale (SV), che invece nelle altre tipologie non è presente.

La categoria SO (sistemazione orizzontale), comprendente vespai e pavimenti, è la seconda in ordine decrescente, con incidenze del 19÷22% per gli schemi CA e CB e del 15÷18% per gli schemi CC.

I grafici 1, 2 e 3 illustrano l'andamento del costo di costruzione unitario parametrato alla superficie utile interna, al variare della larghezza del capannone, con riferimento agli schemi considerati nel presente lavoro. Dato che questo costo unitario è molto legato, per ogni schema, alla luce del capannone, mentre è scarsamente influenzato dalla lunghezza dell'edificio, è possibile utilizzare il medesimo costo unitario riferito a una certa larghezza per stimare il costo totale di capannoni di lunghezza variabile, all'interno dell'intervallo di uso più comune (da 30 a 100 metri circa). ■

Lo stoccaggio degli effluenti di allevamento palabili

Secondo la deliberazione dell'Assemblea legislativa della Regione Emilia-Romagna n.96 del 16 gennaio 2007, si intende per **letame** l'effluente d'allevamento palabile proveniente da allevamenti che impiegano la lettiera; sono assimilabili al letame:

- le lettiere esauste di allevamenti avicunicoli;
- le deiezioni di avicunicoli rese palabili da processi di disidratazione che hanno luogo sia all'interno, sia all'esterno dei ricoveri;
- le frazioni palabili, da destinare all'utilizzazione agronomica, risultanti da trattamento di effluenti zootecnici da soli o in miscela con biomasse vegetali di origine agricola;
- i letami, i liquami e/o i materiali ad essi assimilabili sottoposti a trattamento di disidratazione e/o compostaggio.

Gli **effluenti di allevamento palabili** sono una miscela costituita da stallatico, residui alimentari, perdite di abbeverata, acque di veicolazione delle deiezioni, materiali lignocellulosici utilizzati come lettiera in grado, se disposti in cumulo su platea, di mantenere la forma geometrica ad essi conferita. Di grande importanza, per il letame, risulta la quantità di lettiera inglobata nella massa; infatti, a parità di produzione di deiezioni, il materiale fresco ottenuto è tanto più voluminoso, tanto più leggero (per unità di volume) e tanto meno fluido quanto più materiale da lettiera è stato aggiunto.

Lo stoccaggio del letame può avvenire all'interno o all'esterno dei ricoveri.

Stoccaggio all'interno dei ricoveri. In determinate tipologie d'allevamento, come nel caso della lettiera permanente, le deiezioni possono essere accumulate all'interno dei ricoveri zootecnici unitamente al materiale



Cumulo di letame paglioso.



Stalla a lettiera permanente per bovini da latte.

da lettiera. Le aree del ricovero nelle quali si accumula la lettiera devono presentare una pavimentazione impermeabile di calcestruzzo. Il letame viene asportato periodicamente mediante trattore dotato di apposito caricatore a benna o pala meccanica; se l'intervallo fra due svuotamenti è superiore a 3 mesi,

non è obbligatoria la presenza di una concimaia esterna.

Stoccaggio all'esterno dei ricoveri. Negli allevamenti che producono materiale palabile, ma che non adottano la lettiera permanente con svuotamento ogni 3 mesi o più, è indispensabile la realizzazione di un

contenitore di stoccaggio esterno al ricovero. La scelta del tipo di contenitore dipende principalmente dal tenore in sostanza secca del materiale da stoccare, a sua volta dipendente da numerosi fattori, quali il quantitativo e il tipo di materiale da lettiera, il tipo di alimentazione, la presenza di residui di man-



Concimaia a platea con pareti di contenimento su 3 lati.

giatoia, l'efficacia di eventuali trattamenti di separazione o di essiccazione.

I CONTENITORI

I contenitori destinati a stoccare gli effluenti palabili sono essenzialmente costituiti da una pavimentazione di calcestruzzo armato a pianta quadrangolare e da cordoli o pareti di contenimento perimetrali.

La pavimentazione deve essere correttamente progettata e realizzata per resistere alle forze provenienti dal terreno e a quelle di direzione opposta derivanti dal peso dei mezzi meccanici che possono entrare nella platea; in questo modo si evitano deformazioni, cedimenti o lesioni che comprometterebbero la stabilità e l'impermeabilità del manufatto.

Secondo la già citata delibera regionale n.96 "lo stoccaggio dei materiali palabili deve avvenire su platea impermeabilizzata, avente una portanza sufficiente a reggere, senza cedimenti o lesioni, il peso del materiale accumulato e dei mezzi utilizzati per la movimentazione".

La pavimentazione e le opere di fondazione vengono realizzate al di sopra di un vespaio

di materiale inerte di adeguato spessore e ben compattato; nel caso di terreno umido, per presenza di falde acquifere o di acqua sotterranea di scorrimento, è bene predisporre una rete di tubi drenanti al di sotto del vespaio. È consigliabile una finitura grezza o una rigatura della superficie della platea, al fine di limitare lo slittamento dei mezzi adibiti alla movimentazione del materiale stoccato.

La pendenza della pavimentazione (1,5÷2% verso i punti di sgrondo) deve permettere il rapido allontanamento della frazione liquida del letame, nonché dell'acqua piovana raccolta dalla platea. Il percolato deve essere raccolto in un contenitore impermeabile adeguatamente dimensionato, posto a fianco (vasca) o al di sotto (pozzettone) della platea.

La forma della concimaia dipende dal tipo di attrezzatura adottato per caricare il letame: rettangolare nel caso di elevatori girevoli a 40 o a 180°, quadrata nel caso di elevatori fissi o presse oleodinamiche, varia nel caso di trattore con pala o benna e rimorchio e nel caso di scarico dall'alto di frazione solida separata da impianto di separa-



Canale grigliato per l'allontanamento della frazione liquida del letame e dell'acqua piovana raccolta dalla platea.

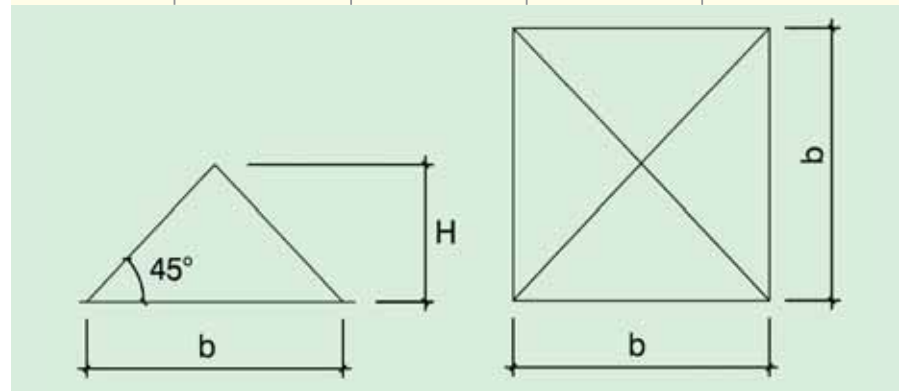
zione installato su struttura sopraelevata. Per evitare la raccolta di acqua piovana è possibile coprire le concimaie con tettoie di vario genere, realizzate principalmente con strutture leggere d'acciaio a pilastri e travi; a fronte di un costo d'investimento aggiuntivo decisamente elevato, si ottiene una riduzione del volume di liquami da stoccare e una migliore maturazione del prodotto depositato.

La **concimaia a platea con cordolo perimetrale** è la struttura più comune per lo stoccaggio del letame asciutto e ricco di lettiera ed è costituita da una superficie pavimentata a uno o più piani inclinati, racchiusa da un cordolo perimetrale alto 100÷200 millimetri. In corrispondenza della zona di accesso ai mezzi meccanici il cordolo è alto solo 50 millimetri e ha gli spigoli smussati per agevolare il passaggio dei trattori; in alternativa si può eliminare il cordolo, ma la pavimentazione adiacente all'entrata deve pendere verso l'interno, al fine di evitare fuoriuscita di liquame.

Nelle concimaie a platea costruite in zone acclivi si è spesso costretti a prevedere, su uno o più lati rivolti a monte, delle **pareti di sostegno** in sostituzione del semplice cordolo; ciò consente l'accumulo di una maggiore quantità di materiale palabile a parità di superficie, ma aumenta considerevolmente i costi di costruzione. Le pareti perimetrali alte 2÷3 metri possono essere realizzate su 2 o 3 lati della concimaia anche nelle zone

Tab. 1 – Volume teorico e altezza media di cumuli di letame con forma a piramide.

Altezza (H) (m)	Base (b) (m)	Superficie (m ²)	Volume (m ³)	Altezza media (m)
3	6	36	36	1,00
4	8	64	85	1,33
5	10	100	167	1,67
6	12	144	288	2,00
7	14	196	457	2,33
8	16	256	683	2,67





Elevatore fisso con sistema di trasporto a catena e palette a moto continuo.

di pianura, con lo scopo di aumentare la capacità di stoccaggio, specialmente in presenza di impianti di separazione solido/liquido dei liquami.

DIMENSIONAMENTO DEI CONTENITORI

Il calcolo di progetto della superficie della concimaia si effettua valutando innanzitutto

to il quantitativo annuo di letame o di materiale assimilato prodotto nell'allevamento, facendo riferimento alle tabelle allegate alla deliberazione regionale n. 96 del 16 gennaio 2007.

Il secondo passo consiste nello stabilire il tempo massimo di stoccaggio, che dipende dal tempo di maturazione del letame e dall'assetto agronomico e culturale dell'azienda. La legislazione vigente in Emilia-Romagna impone una capacità minima di stoccaggio, calcolata con riferimento alla consistenza dell'allevamento, non inferiore al volume di materiale palabile prodotto in **90 giorni**. Nelle aree padane, in considerazione degli ordinamenti colturali prevalenti, è però opportuno disporre di concimaie che garantiscano una capacità di stoccaggio del letame non inferiore a 4÷5 mesi.

Vengono considerate utili ai fini del calcolo della capacità di stoccaggio le superfici delle lettiere permanenti, purché siano perfettamente impermeabilizzate, nonché le cosiddette "fosse profonde" dei ricoveri a due piani delle galline ovaiole. Per la valutazione di tale capacità, il calcolo del volume stoccato fa riferimento ad altezze massime della let-

tiera di 0,6 metri per i bovini, 0,15 metri per gli avicoli e 0,3 metri per le altre specie.

L'ultimo parametro che deve essere definito è l'altezza media del cumulo, dipendente dal tipo di letame (più o meno umido), dal tipo di concimaia (con cordolo o con pareti) e dalle attrezzature adibite al carico del materiale, che condizionano la forma e l'estensione del cumulo stesso. A titolo esemplificativo si riportano, in tabella 1 a pagina 24, i volumi teorici e le dimensioni medie di cumuli di letame con forma a piramide, ipotizzando un angolo di attrito del materiale palabile di 45°. La superficie utile minima di platea (Sp in metri quadrati) si ottiene dalla seguente formula:

$$Sp = (Pr/12 \times T)/H$$

dove:

Pr è la produzione di refluo palabile in volume (m^3 /anno);

T è il tempo massimo di stoccaggio (mesi);

H è l'altezza media del cumulo (metri).

La delibera regionale n. 96/2007 fornisce come valore indicativo un'altezza media di 2 metri per il letame. ■



Concimaia a platea con pareti perimetrali e separatore per liquame.

Lo stoccaggio degli effluenti di allevamento non palabili

La deliberazione dell'Assemblea legislativa della Regione Emilia-Romagna 16 gennaio 2007, n. 96 definisce **liquame** l'effluente d'allevamento non palabile; sono assimilabili al liquame, se provenienti dall'attività d'allevamento:

- i liquidi di sgrondo di materiali palabili in fase di stoccaggio;
- le deiezioni di avicoli e cunicoli non mescolate a lettiera;
- le frazioni non palabili, da destinare all'utilizzazione agronomica, derivanti dal trat-

tamento di effluenti zootecnici, da soli o in miscela con biomasse vegetali di origine agricola;

● i liquidi di sgrondo dei foraggi insilati. Le acque di lavaggio di strutture, attrezzature e impianti zootecnici, se miscelate ai liquami e qualora destinate ad utilizzo agronomico, sono da considerare come liquami. Gli **effluenti di allevamento non palabili** sono una miscela costituita da stallatico, residui alimentari, perdite di abbeverata, acque di veicolazione delle deiezioni, acqua piovana,

materiali lignocellulosici utilizzati come lettiera non in grado, se disposti in cumulo su platea, di mantenere la forma geometrica ad essi conferita.

CARATTERISTICHE DEI CONTENITORI

Il materiale non palabile dev'essere stoccato in recipienti appositi, dotati di pareti e rea-

Vasca interrata con scarico del liquame per gravità.





Vasche di stoccaggio del liquame a forma cilindrica.

lizzati con materiali edili diversi (calcestruzzo, acciaio, legno); in alternativa si può prevedere il deposito in bacini artificiali in terra adeguatamente impermeabilizzati.

I recipienti per liquami, comunque, devono rispondere ai seguenti requisiti:

- assoluta impermeabilità delle strutture (basamento e pareti);

Vasche interrato di calcestruzzo armato in fase di realizzazione.



- capacità di stoccaggio adeguata alle norme di legge e alle esigenze gestionali dell'azienda;
- facilità di riempimento e di prelievamento del liquame, in condizioni di assoluta sicurezza per gli addetti alle diverse operazioni;
- facilità di esecuzione di eventuali trattamenti sul liquame stoccato.

Lo stoccaggio del liquame in appositi contenitori realizzati all'esterno dei ricoveri d'allevamento è la soluzione più razionale e affidabile; inoltre, secondo la delibera regionale n. 96 "per i nuovi allevamenti e per gli ampliamenti di quelli esistenti non sono considerate utili al calcolo dei volumi di stoccaggio le fosse sottostanti i pavimenti fessurati e grigliati".

I fattori che caratterizzano il tipo di contenitore sono l'ubicazione, il materiale da costruzione, la forma e le dimensioni.

UBICAZIONE

In base all'ubicazione del contenitore rispetto al piano di campagna si distinguono innanzitutto le **vasche fuori terra** dalle **vasche interrate**. Le prime sono sottoposte principalmente alla pressione idrostatica del liquame sulla faccia interna delle pareti, mentre le seconde sono soprattutto interessate dalla pressione del terrapieno, a vasca vuota, dall'esterno verso l'interno.

Le **vasche interrate** presentano il vantaggio di consentire un riempimento a gravità, ma pongono maggiori problemi di realizzazione e hanno un più elevato costo di costruzione, per maggiori movimenti di terra e per la necessità di mantenere un franco di sicurezza fra il fondo della fossa e le falde acquifere superficiali. A protezione delle vasche interrate si deve sempre predisporre una recinzione anticaduta alta 1,8 metri, dotata dei necessari cancelli per l'introduzione di miscelatori e tubazioni.

Nelle zone di collina e di montagna è possibile che le vasche risultino interrate nella parte a monte e seminterrate o fuori terra nella parte a valle; in tal caso la recinzione è limitata alla sola parte interrata.

Le **vasche fuori terra** consentono una realizzazione più economica, specialmente quando si adottano elementi prefabbricati, e costituiscono l'unica soluzione possibile in ter-



**Vasche interrato
di calcestruzzo armato.**

anche le vasche interrato e coperte, sono caratterizzate da elevato impatto ambientale negativo nei confronti del paesaggio rurale e quest'ultimo aspetto è di sempre maggiore attualità in molte zone del nostro Paese. Per limitare tale impatto, oltre ad agire sulla collocazione dei manufatti, è possibile intervenire con la tecnica del mascheramento a mezzo di alberature o arbusti rampicanti. Una soluzione intermedia fra le due tipologie sopra illustrate è la **vasca seminterrata**, con la parte inferiore delle pareti inserita nello scavo.

MATERIALI DA COSTRUZIONE

A seconda dei materiali da costruzione utilizzati per realizzare il serbatoio possiamo distinguere:

- vasche di calcestruzzo armato gettato in opera con l'impiego di casseri in legno, di casseri circolari in acciaio o di blocchi-cassero vibrocompressi;
- vasche in elementi prefabbricati di calcestruzzo armato vibrato;
- vasche circolari in elementi prefabbricati di calcestruzzo armato precompresso;

reni con falda freatica poco profonda; richiedono, però, la realizzazione di un pozzetto interrato di raccolta (pre-fossa), posto al termine della rete fognaria dell'allevamento, e la predisposizione della relativa attrezzatura per il carico del liquame nella vasca. Quest'ultima, di norma, è collegata al poz-

zetto di sollevamento mediante una tubazione interrata, del diametro di 250÷400 millimetri, dotata di doppia valvola a saracinesca, per agevolare le operazioni di movimentazione e di pescaggio del liquame. Le vasche di stoccaggio fuori terra, in particolare quelle di calcestruzzo armato, ma



**Vasca cilindrica
di calcestruzzo
fuori terra.**

Vasche cilindriche seminterrate di calcestruzzo in fase di costruzione.



- vasche circolari in lamiera ondulata di acciaio zincata e plastificata o verniciata;
- vasche circolari in piastre di acciaio smaltate-vetrificate o di acciaio inox;
- vasche circolari in doghe di legno e cerchiatura metallica;
- lagune in terra battuta.

Una **vasca per liquami** è essenzialmente costituita da un basamento di calcestruzzo armato gettato in opera, dello spessore di 0,1÷0,2 metri, sul quale poggiano e trovano ancoraggio le pareti realizzate con materiali diversi. L'insieme del manufatto deve essere correttamente progettato e realizzato per

Vasca circolare in piastre d'acciaio smaltate.

resistere alle forze provenienti dal terreno e a quelle derivanti dal liquame stoccato, onde evitare cedimenti o lesioni che comprometterebbero la stabilità e/o l'impermeabilità del contenitore.

Nel caso di vasche interrato il basamento poggia, di norma, su un sottofondo di calcestruzzo magro dello spessore di $0,1 \div 0,15$ metri, a sua volta posto su un piano di posa di sabbia e ghiaia; nel caso di vasche seminterrate o fuori terra si deve predisporre un vespaio di materiale inerte ben compattato (ciottoli, ghiaia e sabbia), con spessore di almeno 0,3 metri, sul quale gettare il magrone e il basamento.

Un aspetto molto importante è la tenuta idraulica dei giunti; nel collegamento fra basamento e pareti di calcestruzzo, in particolare, è bene prevedere una doppia guarnizione di Pvc annegata nel getto o un altro dispositivo equivalente di sigillatura (*water-stop*).

Nel caso di terreno umido, per presenza di falde acquifere o di acqua sotterranea di scorrimento, è bene predisporre una rete di tubi drenanti al di sotto del vespaio.

I materiali che vengono in contatto con il liquame devono avere grande resistenza ai composti acidi e, nel caso di vasche coper-

te, all'azione dei gas corrosivi. Il calcestruzzo impiegato per il basamento e per le eventuali pareti, in particolare, deve resistere a un ambiente chimicamente aggressivo, cioè alla classe di esposizione 5c della norma UNI 9858 ("ambiente fortemente aggressivo"). In queste condizioni le prescrizioni tecniche per la durabilità del calcestruzzo armato sono le seguenti:

- rapporto massimo acqua/cemento di 0,45;
- dosaggio minimo di cemento di 300 kg/m^3 ;
- calcestruzzo impermeabile e resistente ai solfati;
- copriferro minimo di 40 millimetri (secondo Eurocodice 2).

Le **lagune in terra** rappresentano la soluzione a più basso costo di costruzione per lo stoccaggio del liquame, là dove la natura del terreno lo consenta per presenza di una impermeabilizzazione naturale dovuta ad adeguati strati argillosi, o allorché sia ipotizzabile una impermeabilizzazione artificiale a mezzo di geomembrane sintetiche plastomeriche (Pvc, Pead) o elastomeriche (gomma Epdm), posate su strato separatore di geotessile non tessuto.

Laguna in terra battuta.



Tuttavia, la laguna in terra comporta, rispetto a una vasca a pareti verticali, una maggiore occupazione del suolo, una maggiore superficie di raccolta dell'acqua piovana, maggiori difficoltà per lo spurgo e un elevato impiego di manodopera per le operazioni di manutenzione degli argini. Inoltre, risultano di più difficile esecuzione gli interventi di miscelazione e di omogeneizzazione del prodotto stoccato.

Gli argini della laguna, realizzati di norma con terreno proveniente dall'invaso, devono avere una larghezza alla sommità di almeno 2,5 metri e comunque non inferiore all'altezza dell'argine stesso; l'inclinazione della scarpa interna varia da 25 a 35° , in dipendenza dal tipo di terreno, mentre quella della scarpa esterna non dovrebbe superare i 20° . Attorno al piede esterno dell'argine si deve prevedere un fosso di guardia perimetrale, avente profondità minima di 0,5 metri, isolato idraulicamente dalla normale rete scolante. Lungo tutto il perimetro esterno della laguna, inoltre, deve essere installata una recinzione di protezione dotata degli appositi cancelli per l'ingresso di uomini e mezzi.

FORMA PLANIMETRICA

In base alla **forma planimetrica** si possono avere serbatoi rettangolari, circolari e di forma mista; spesso gli elementi condizionanti sono il materiale prescelto e l'ubicazione del manufatto. Di norma, i lagoni in terra battuta hanno forma rettangolare, per la più facile realizzazione degli scavi e degli argini; la forma circolare è quella tipicamente utilizzata per le vasche in acciaio o in legno, ma è scelta anche per recipienti in calcestruzzo armato, sia gettato in opera che prefabbricato. La forma circolare è particolarmente interessante perché consente, a parità di volume utile e di profondità del contenitore, un minor sviluppo delle pareti perimetrali (minore costo di costruzione per unità di volume), oltreché una più facile esecuzione dei trattamenti di miscelazione ed ossigenazione del liquame.

La forma mista, che prevede due lati lineari paralleli e due semicerchi opposti, è spesso adottata per la realizzazione di vasche fuori terra di grandi dimensioni, in elementi prefabbricati di calcestruzzo armato. ■

Dimensionamento dei contenitori per effluenti non palabili

Il calcolo di progetto del volume totale dei serbatoi per effluenti non palabili si effettua valutando innanzitutto il quantitativo annuo di liquame o di materiale assimilato prodotto nell'allevamento, facendo riferimento a tabelle allegate alla deliberazione dell'Assemblea legislativa della Regione Emilia-Romagna 16 gennaio 2007, n. 96. Bisogna poi stimare il quantitativo medio mensile di **acqua piovana** raccolta dalle aree esterne scoperte frequentate dagli animali (paddock, corsie di defecazione, parchetti) e dall'eventuale platea di stoccaggio del materiale palabile, che dev'essere obbligatoriamente trasferita alle vasche di stoccaggio. Per questa stima si può fare riferimento alla piovosità media della zona inter-

ressata, al netto della quota di acqua evaporata: valori utili per la pianura padana possono essere quelli di $0,03 \div 0,04 \text{ m}^3/\text{m}^2$ per mese, equivalenti a una piovosità netta mensile di $30 \div 40$ millimetri.

Ultimo parametro da definire è il **tempo di stoccaggio**, che dipende dai tempi minimi fissati dalle normative ambientali, dall'assetto agronomico e culturale dell'azienda e dalle caratteristiche pedoclimatiche della zona. Secondo la deliberazione n. 96/2007 il tempo minimo di stoccaggio varia in base alla tipologia d'allevamento e alla produzione annua di azoto al campo:

- **120 giorni** per gli allevamenti di bovini da latte, bufalini, equini e ovicaprini che producono annualmente oltre 1.000 chi-

logrammi di azoto al campo e con terreni coltivati a prati di media o lunga durata e cereali autunno-vernini;

- **180 giorni** per gli altri allevamenti (bovini da carne, suini e avicunicoli) e in assenza delle tipologie colturali sopra riportate.

VOLUME UTILE DI STOCCAGGIO

Il volume utile di stoccaggio del contenitore (V_u in metri cubi) si ottiene dalla seguente formula:

$$V_u = (Pr/12 + P_i \times S) \times T$$

dove:

Pr è la produzione annua di liquame dell'allevamento, in volume (m^3);



Paddock
pavimentato per
vacche da latte.



P_i è la piovosità media mensile al netto dell'evaporazione (m^3/m^2);

S è la superficie totale delle aree di stabulazione esterne scoperte e dell'eventuale concimaia (m^2);

T è il tempo massimo di stoccaggio (mesi). Per garantire un accettabile abbattimento della carica microbica del liquame è necessaria la sosta del prodotto, in assenza di apporti di materiale fresco, per almeno 45÷50 giorni. A tale scopo è buona norma la ripartizione del volume complessivo di stoccaggio in almeno due comparti separati. Tale concetto viene ribadito dalla deliberazione regionale n. 96/2007 laddove si dice che "i

Platea di stoccaggio del materiale palabile con canaletta di raccolta per l'acqua piovana e i liquidi di sgrondo del cumulo di letame.

contenitori di liquami a cielo aperto dovranno essere articolati in almeno due comparti separati, realizzati e condotti in modo tale da assicurare una permanenza effettiva del liquame non inferiore a 45 giorni, al fine di garantire una adeguata maturazione e stabilizzazione prima dello spandimento al suolo".

Il volume massimo di un singolo contenitore è di $5.000 m^3$, anche se è consigliabile non superare i $3.000 m^3$, sia per semplifica-

re gli interventi gestionali (miscelazione, rimozione dei sedimenti di fondo, ecc.), sia per limitare il danno all'ambiente provocato da eventuali fuoriuscite di liquame conseguenti a cedimenti strutturali.

SERBATOIO A PARETI VERTICALI

Nel caso di un **serbatoio a pareti verticali**, bisogna stabilire preventivamente l'altezza massima disponibile per il volume utile di stoccaggio, in modo da calcolare la superficie utile interna (S in metri quadrati):

$$S = V_u / H_u$$

dove:

V_u è il volume utile di stoccaggio (m^3);

H_u è l'altezza utile per il liquame (metri).

Quindi, nel caso di serbatoio scoperto, è necessario aggiungere al volume utile il quantitativo di acqua piovana che cade direttamente nel contenitore, ottenendo così il volume minimo (V_m in metri cubi):

$$V_m = V_u + P_i \times S \times T$$

dove:

V_u è il volume utile di stoccaggio (m^3);

P_i è la piovosità media mensile al netto dell'evaporazione (m^3/m^2);

S è la superficie utile del contenitore (m^2);

T è il tempo massimo di stoccaggio (mesi).

Per i serbatoi coperti, ovviamente, il volume minimo corrisponde al volume utile.

Nel calcolare la capacità totale del serbatoio si deve infine considerare un coefficiente di sicurezza pari al 10% del volume minimo calcolato, per tenere conto di eventuali variazioni impreviste nel volume di acqua utilizzata per i lavaggi e di un idoneo franco di sicurezza.

Il volume totale interno (V_t in metri cubi) del contenitore a pareti verticali è così calcolato:

$$V_t = V_m \times 1,1$$

dove:

V_m è il volume minimo di stoccaggio (m^3).

SERBATOIO A PARETI INCLINATE

Per un **contenitore a pareti inclinate** (lagone) il calcolo si complica, perché entrano in

gioco l'inclinazione della parete interna e l'altezza complessiva dell'argine che, data una superficie della base inferiore del contenitore, condizionano l'area della base superiore e quindi la superficie di raccolta dell'acqua piovana e il volume totale dell'invaso; il problema, di norma, si risolve con un semplice programma di calcolo che ricerca per tentativi il volume utile di stoccaggio, restituendo il volume totale del contenitore.

Nel calcolare la capacità totale del lagone si deve considerare un coefficiente di sicurezza pari al 15% del volume minimo calcolato, per tenere conto di eventuali variazioni impreviste nel volume di acqua utilizzata per i lavaggi e di un idoneo franco di sicurezza, al fine di ridurre i rischi di esondazione del liquame nel caso di non perfetta realizzazione degli argini.

COPERTURA DELLE STRUTTURE DI STOCCAGGIO

I recipienti per liquami possono essere scoperti o coperti; la **copertura** può essere realizzata con solette di calcestruzzo armato gettate in opera o prefabbricate, con eventuali pilastri di sostegno, oppure con teli plastici. In quest'ultimo caso si possono avere coperture che galleggiano semplicemente sul liquame, o teli fissati ai bordi della vasca e sostenuti da un pilastro centrale. La tecnica adottata, ovviamente, influisce sulla transitabilità o meno della copertura stes-



Vasca liquami ripartita in due comparti separati.

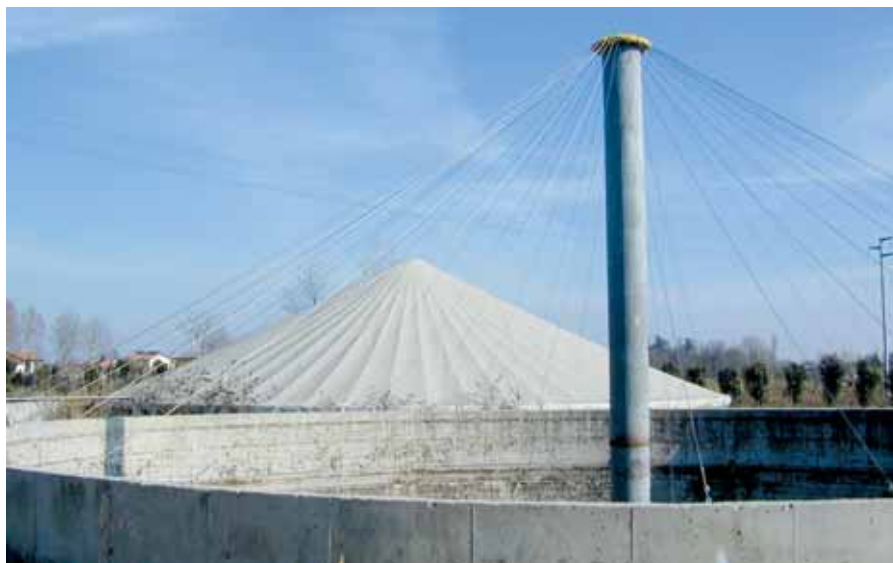
sa nel caso di vasche interrante. La copertura dei serbatoi se da un lato costituisce un costo aggiuntivo non indifferente, dall'altro consente di eliminare la raccolta di acqua piovana, con benefici in termini di

Copertura con teli fissati ai bordi della vasca liquami e sostenuti da un pilastro centrale.

capacità del contenitore e di minore diluizione del liquame; ma l'elemento più importante è sicuramente la limitazione delle emissioni gassose in atmosfera, con effetti positivi nei confronti dell'inquinamento dell'aria e del trasferimento di odori sgradevoli verso le aree urbanizzate. Quest'ultimo aspetto sta diventando un vero problema sociale, molto sentito laddove la città si è allargata inesorabilmente verso la campagna o dove insediamenti ex rurali sono stati convertiti in edifici di civile abitazione, venendosi a trovare immersi in un contesto agricolo preesistente.

Secondo ricercatori tedeschi la copertura dei serbatoi di liquame può ridurre drasticamente la distanza alla quale si può percepire l'emissione maleodorante: il confronto fra vasche differenti soltanto per la presenza o meno di una copertura ha dimostrato che mentre l'odore proveniente da quelle scoperte si percepisce fino a 350 metri di distanza, quello derivante dalle vasche coperte è percepito solo fino a 20÷50 metri.

Si ricorda, infine, che la copertura dei serbatoi per liquame è considerata *Bat* (migliore tecnica disponibile) ai sensi della direttiva Ippc e che secondo la deliberazione regionale n.96/2007 i contenitori di nuova costruzione devono essere coperti, oppure realizzati in modo da ridurre la raccolta delle acque meteoriche (pareti verticali e ridotto rapporto superficie libera/volume). ■



Quanto costano le opere per stoccare effluenti zootecnici

Come si è visto negli articoli precedenti, sono numerose le soluzioni costruttive adottabili per la realizzazione di manufatti per la raccolta e lo stoccaggio degli effluenti zootecnici.

Lo stoccaggio degli effluenti palabili deve avvenire su superfici impermeabili, dette *concimaie*, dotate di strutture perimetrali atte ad impedire la fuoriuscita dei liquidi di sgrondo e dell'acqua piovana raccolta all'interno della platea.

Vengono proposti due schemi di concimaia (PA e PB), che differiscono per la presenza o meno di pareti perimetrali su tre lati. Per ogni schema proposto sono state progettate 6 varianti, differenti per superficie utile interna.

Lo stoccaggio degli effluenti non palabili, invece, richiede l'impiego di serbatoi impermeabili dotati di basamento di fondo e pareti a perimetro chiuso.

In questo articolo vengono proposte alcune fra le soluzioni più diffuse, e precisamente uno schema di vasca interrata (VA), 5 sche-

mi di vasca fuori terra (VB, VC, VD, VE e VF), 2 schemi di pozzetto interrato (VG e VH) e uno schema di laguna in terra (LA). Per ogni schema proposto sono state progettate da un minimo di 4 a un massimo di 7 varianti, differenti per volume totale interno.

LE TIPOLOGIE PROPOSTE

Concimaie tipo PA. Lo schema di base è rappresentato da una concimaia a platea a pianta rettangolare di calcestruzzo armato, con cordolo perimetrale alto 0,2 metri (lato interno); il cordolo si presenta ribassato e arrotondato sul lato di accesso, per permettere un facile passaggio dei mezzi meccanici adibiti alla movimentazione e al prelievamento del materiale accumulato.

La superficie utile interna cambia nelle 6 varianti progettate, dai 77 m² di PA1 ai 900 m² di PA6. Il solettone della platea è realizzato in calcestruzzo armato gettato su vespaio con le adeguate pendenze, per lo sgrondo del percolato e il suo allontanamento tramite rete fognaria, con invio ad apposito poz-

zetto o vasca di raccolta.

Concimaie tipo PB. In questo caso la concimaia a platea a pianta rettangolare di calcestruzzo armato ha pareti perimetrali su tre lati e cordolo sul quarto lato; le pareti sono alte 2,5 metri (lato interno), mentre il cordolo si presenta ribassato e arrotondato, per permettere un facile passaggio dei mezzi meccanici adibiti alla movimentazione e al prelievamento del materiale accumulato.

La superficie utile interna cambia nelle 6 varianti progettate, dai 77 m² di PB1 ai 900 m² di PB6. Il solettone della platea è realizzato in calcestruzzo armato gettato su vespaio con le adeguate pendenze, per lo sgrondo del percolato e il suo allontanamento tramite rete fognaria, con invio ad apposito pozzetto o vasca di raccolta.

Vasche interrate tipo VA. Lo schema di base è rappresentato da una vasca interrata a pianta rettangolare di calcestruzzo armato, con pareti alte 4 metri. Il volume totale interno cambia nelle 5 varianti progettate, dai 140 m³ di VA1 ai 1.600 m³ di VA5. La vasca è costituita da un basamento gettato su magrone di pulizia e vespaio di fondo e da pareti gettate con l'ausilio di casseri tradizionali di legno. Nel collegamento fra parete e basamento è previsto un doppio nastro di guarnizione di Pvc. Inoltre, nella parte sommitale delle pareti è ancorata la recinzione perimetrale anticaduta, completa di cancelli per l'introduzione di miscelatori e tubazioni, per la movimentazione e il prelievamento del materiale raccolto.

Vasche tipo VB. Questa tipologia è del tutto simile alla precedente, con la differenza che la vasca a pianta rettangolare di calcestruzzo armato è realizzata fuori terra. Il volume totale interno cambia nelle 5 varianti progettate, dai 140 m³ di VB1 ai 1.600 m³ di VB5.

Vasche tipo VC e VD. Lo schema di base è rappresentato da una vasca fuori terra a



Concimaia a platea con elevatore fisso.



Vasca interrata a pianta rettangolare di calcestruzzo armato.

pianta circolare di calcestruzzo armato, con parete alta 4 metri (tipo VC) o 5 metri (tipo VD). Il volume totale interno cambia nelle 14 varianti progettate, dai 154 m³ di VC1 ai 3.534 m³ di VD7. La vasca è costituita da un basamento gettato su magrone di pulizia e vespaio di fondo e da parete monolitica gettata con l'ausilio di casseri prefabbricati modulari d'acciaio. Nel collegamento fra parete e basamento è previsto un doppio nastro di guarnizione di Pvc.

Vasche tipo VE e VF. Questa tipologia di vasca è realizzata fuori terra e ha pianta cir-

colare, con parete in elementi prefabbricati alta 3,45 metri (tipo VE) o 4,75 metri (tipo VF). Il volume totale interno cambia nelle 12 varianti progettate, dai 184 m³ di VE1 ai 4.086 m³ di VF6. La vasca è costituita da una fondazione ad anello gettata su magrone di pulizia e vespaio di fondo, a sostegno della parete, da un basamento gettato su vespaio e da pareti in elementi prefabbricati di calcestruzzo armato vibrato alti 3,7 metri (tipo VE) o 5 metri (tipo VF), sigillati con silicone per la perfetta tenuta del serbatoio.

Pozzetti interrati tipo VG. Lo schema di base è rappresentato da un pozzetto interrato a pianta rettangolare di calcestruzzo armato, con pareti alte 3 metri. Il volume totale interno cambia nelle 4 varianti progettate, dai

15 m³ di VG1 ai 108 m³ di VG4. Il pozzetto è costituito da un basamento gettato su magrone di pulizia e vespaio di fondo e da pareti gettate con l'ausilio di casseri tradizionali di legno. Nel collegamento fra parete e basamento è previsto un doppio nastro di guarnizione di Pvc. Inoltre, nella parte sommitale delle pareti è ancorata la recinzione perimetrale anticaduta, completa di cancello per l'introduzione di miscelatori e tubazioni, per la movimentazione e il prelevamento del materiale raccolto.

Pozzetti interrati tipo VH. Questo pozzetto interrato a pianta rettangolare di calcestruzzo armato, con pareti alte 3 metri, presenta una soletta di copertura carrabile. Il volume totale interno cambia nelle 4 varian-



Pozzetto interrato di calcestruzzo armato.

ti progettate, dai 31,5 m³ di VH1 ai 207 m³ di VH4. Il pozzetto è costituito da un basamento gettato su magrone di pulizia e vespaio di fondo, da pareti gettate con l'ausilio di casseri tradizionali di legno e da soletta di copertura con sovraccarico utile di 30 kN/m². Nel collegamento fra parete e basamento è previsto un doppio nastro di guarnizione di Pvc. Inoltre, nella soletta di copertura sono previsti 2 chiusini di calcestruzzo armato della luce netta di 0,6 x 0,6 metri, per l'introduzione di tubazioni per la movimentazione e il prelevamento del materiale raccolto.

Lagune tipo LA. Lo schema di base è rappresentato da una laguna in terra battuta a pianta quadrata, impermeabilizzata con telo di Pead (polietilene ad alta densità), con argini alti 3,5 m. Il volume totale interno cambia nelle 7 varianti progettate, dai 2.714 m³ di LA1 agli 86.894 m³ di LA7. Le lagune sono realizzate con uno scavo di altezza variabile da 2 metri per quella più piccola a 1,4 metri per quella più grande, in modo da ottimizzare il rapporto fra terra scavata e terra utilizzata per la costruzione degli argini. La scarpa interna dell'argine ha inclinazione di 25°, mentre quella esterna ha inclinazione di 35°. L'impermeabilizzazione è realizzata con una geomembrana sintetica plastomerica di Pead dello spessore di 1,5 millimetri, posta

in opera su strato separatore in geotessile non tessuto da 400 g/m². Esternamente all'argine sono previsti un fosso di guardia perimetrale isolato dalla rete scolante dei terreni circostanti e una recinzione perimetrale di protezione posta a 4 metri dalla base della scarpa esterna dell'argine, con cancelli per l'accesso.

PARAMETRI DIMENSIONALI

Le concimaie con cordolo perimetrale (PA) consentono lo stoccaggio di un volume di effluente palabile compreso fra 100 e 1.800 m³, mentre nel caso delle concimaie con pareti (PB) il volume varia da 120 a 2.250 m³ circa. L'aumento è dovuto alla possibilità di addossare il materiale alle pareti, ottenendo cumuli con altezza media maggiore.

La massa di effluente che può essere stoccata in concimaia varia molto in base alla quantità di lettime aggiunta alle deiezioni e all'altezza media del cumulo: più l'effluente è paglioso, più il suo peso di volume si riduce, mentre all'aumentare dell'altezza media del cumulo aumenta il peso di volume, per effetto della compressione della massa. Ovviamente, l'altezza media del cumulo dipende dai mezzi utilizzati per il carico dell'effluente in concimaia (elevatori fissi o mobili, presse idrauliche, mezzi meccanici portati da trattore, ecc.), ma anche dal tipo di effluente: infatti, è molto difficile fare cumuli alti con letame poco paglioso. A titolo orien-

tativo, si possono indicare pesi di volume dell'effluente palabile variabili da un minimo di 0,55 a un massimo di 0,9 t/m³.

La superficie di terreno occupata dalle concimaie varia da un minimo di 102 m² per lo schema PA1 a un massimo di 984 m² per lo schema PB6.

Per quanto riguarda le vasche di stoccaggio dell'effluente non palabile (liquame), i modelli proposti hanno un volume totale che varia dai 140 m³ degli schemi VA1 e VB1 ai 4.086 m³ dello schema VF6. A tali valori corrispondono volumi di stoccaggio variabili da 127 a 3.714 m³, considerando la necessità di mantenere un franco di sicurezza del 10%. Ovviamente, il volume utile per l'effluente risulterà minore, in quanto si deve detrarre la quantità di acqua piovana direttamente raccolta dal contenitore durante il tempo di stoccaggio.

L'occupazione di terreno di questi manufatti varia dai 55 ai 464 m² per gli schemi VA e VB e dai 95 ai 1.016 m² per gli schemi VE e VF. Se si rapporta il volume massimo di stoccaggio alla superficie di terreno occupata si vede che i valori più elevati sono quelli delle vasche VD, caratterizzate dalle pareti più alte: si va dai 2,46 m³/m² di VD1 ai 3,87 m³/m² di VD7.

Le vasche tipo VA, essendo collocate al di sotto del piano di campagna, possono ricevere l'effluente per semplice gravità (scarico diretto da rete fognaria). Tutte le altre tipologie di vasca (VB÷VF), essendo poste al di sopra del piano di campagna, richiedono in genere un sollevamento dell'effluente per poter essere riempite (carico in pressione tramite pompa).

I pozzetti interrati tipo VG, detti pre-fosse, sono destinati alla raccolta temporanea di effluenti non palabili e al loro successivo trasferimento alle vasche di stoccaggio; per questo motivo sono in genere dotati di una pompa di sollevamento del tipo sommergibile monoblocco o del tipo autoadescente per uso esterno. Essendo collocati al di sotto del piano di campagna, possono ricevere l'effluente per semplice gravità.

I modelli progettati hanno un volume massimo di stoccaggio variabile dai 10 ai 72 m³, nell'ipotesi di un franco di sicurezza di 1 metro. Anche i pozzetti interrati e coperti tipo VH, essendo collocati al di sotto del piano di cam-

pagna, possono ricevere l'effluente per semplice gravità. La copertura carrabile consente di abbinare un pozzettone di questo tipo con una concimaia a platea (vedi schemi PA e PB), ottenendo una struttura completa per lo stoccaggio di letame e di liquame.

Il volume massimo di stoccaggio varia dai 28,6 m³ di VH1 ai 188,2 m³ di VH4, considerando un franco di sicurezza del 10%.

Infine, le lagune in terra con impermeabilizzazione di polietilene ad alta densità hanno un volume massimo di stoccaggio variabile da 2.360 a 75.560 m³, nell'ipotesi di un franco di sicurezza del 15%.

Questi contenitori per effluenti non palabili, a seconda della profondità totale e della quota di invaso posta al di sotto del piano di campagna, possono richiedere un sollevamento dell'effluente per poter essere riempiti, oppure possono essere caricati per semplice gravità.

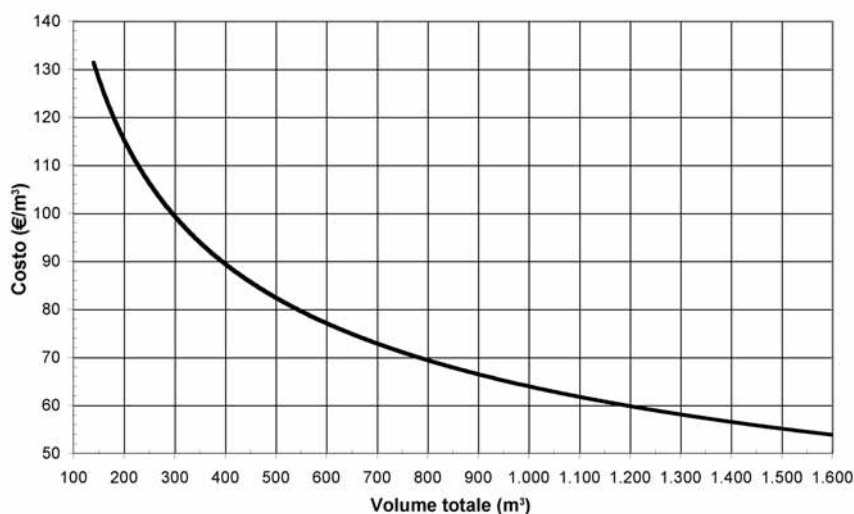
Un aspetto negativo comunemente imputato alle lagune è la maggiore superficie di terreno occupata in confronto alle vasche a pareti verticali. Ciò è particolarmente evidente per le lagune di piccole o medie dimensioni: il rapporto volume di stoccaggio su superficie di terreno occupata restituisce valori di 0,74 m³/m² per la laguna più piccola (LA1) e di 1,45 m³/m² per la laguna media (LA4), valori nettamente più bassi rispetto a quelli delle varie tipologie di vasche con parete alta non più di 4 metri (si va da un minimo di 1,76 a un massimo di 3,13 m³/m²). Se poi si confrontano i valori di contenitori con volume di stoccaggio simile, la differenza è ancora più evidente: 0,74 per la laguna LA1 da 2.360 m³, 2,66 per la vasca VE6 da 2.698 m³ e 3,1 per la vasca VC6 da 2.570 m³.

PARAMETRI ECONOMICI

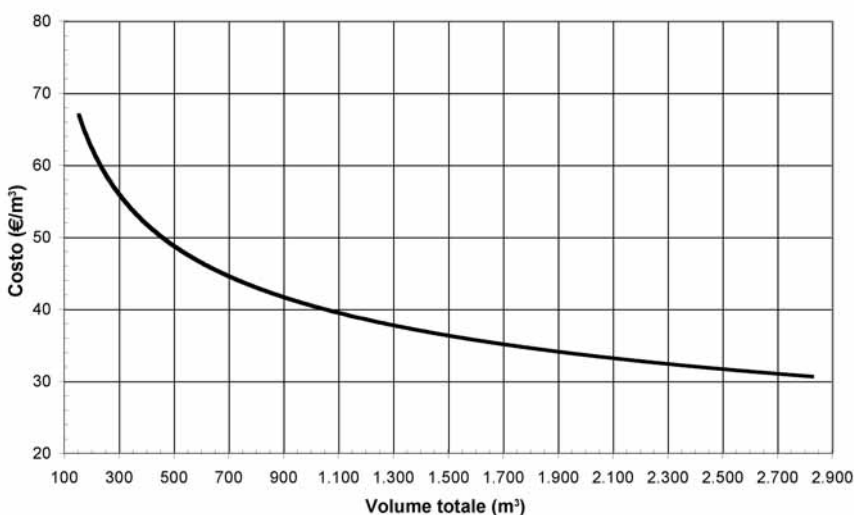
Le *concimaie a platea* con pareti su tre lati (PB) hanno un costo maggiore del 45÷100%, a parità di superficie utile interna, rispetto a quelle con cordolo perimetrale (PA). Ovviamente, la differenza è maggiore per le concimaie più piccole, per la notevole incidenza delle pareti sul metroquadro di superficie.

Il costo di costruzione riferito all'unità di superficie utile interna varia da circa 150 €/m² per lo schema PB1 (da 77 m²) a circa 50 €/m² per lo schema PA6 (da 900 m²).

Graf. 1 – Vasca VA: andamento del costo di costruzione unitario riferito al volume totale del contenitore.



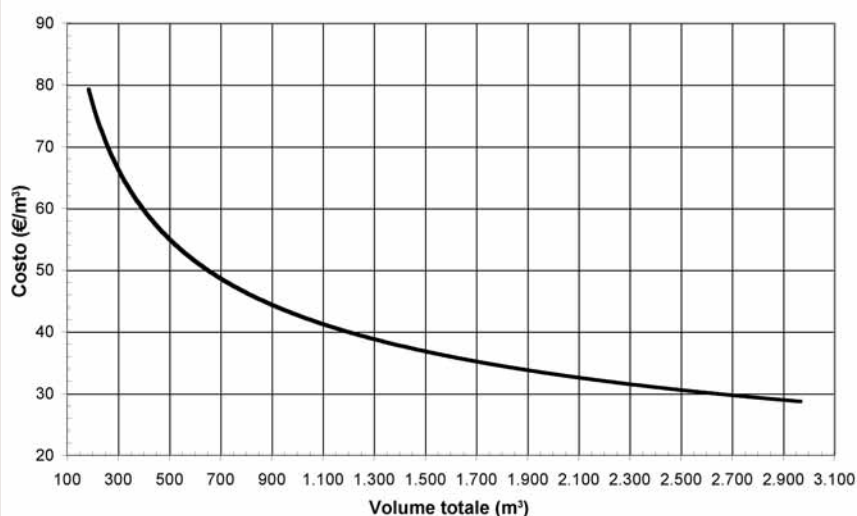
Graf. 2 – Vasca VC: andamento del costo di costruzione unitario riferito al volume totale del contenitore.



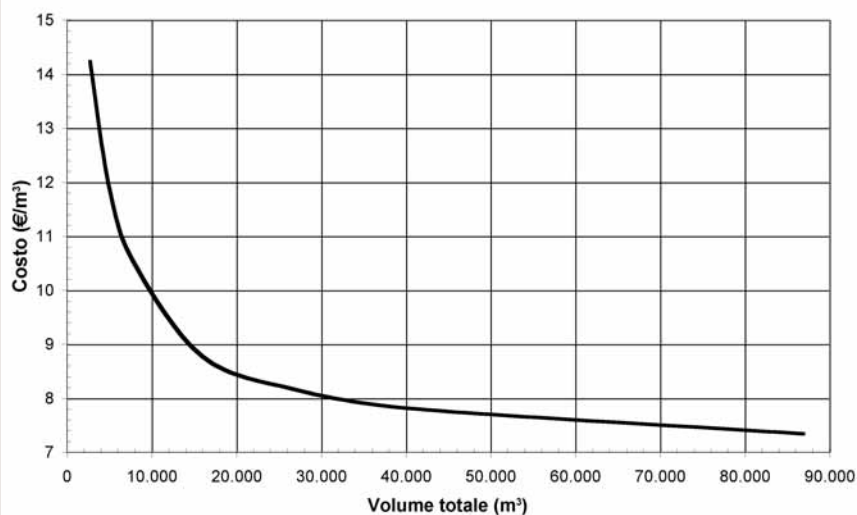
Per quanto riguarda le *vasche per liquami*, il costo unitario più interessante è quello riferito al volume massimo di stoccaggio. I costi più elevati sono quelli ottenuti per la tipologia VA del tipo interrato a pianta rettangolare,

che variano da circa 148 €/m³ per VA1 a circa 60 €/m³ per VA5. Il maggiore costo rispetto alla tipologia VB, costruttivamente uguale ma realizzata fuori terra, è di circa 36 €/m³ per la vasca più piccola e di

Graf. 3 – Vasca VE: andamento del costo di costruzione unitario riferito al volume totale del contenitore.



Graf. 4 – Laguna LA: andamento del costo di costruzione unitario riferito al volume totale del contenitore.



circa 17€/m³ per quella più grande; tale maggiore costo è da attribuirsi alle opere di scavo e rinterro e alla recinzione perimetrale di protezione. Le vasche a pianta circolare hanno costi uni-

tari tendenzialmente più bassi di quelle a pianta rettangolare; ciò è dovuto principalmente a motivi geometrici e cioè alla minore incidenza delle pareti. Infatti, in una vasca con volume totale di 1.000 m³ e con altez-

za delle pareti di 4 metri, lo sviluppo totale delle pareti è di circa 56 metri nella vasca cilindrica, mentre nella vasca parallelepipedica è come minimo di 63 metri (nella condizione più vantaggiosa della pianta quadrata), ma anche molto di più in vasche con pianta rettangolare allungata.

Nelle tipologie di vasche progettate per questo lavoro le differenze di costo sono anche dovute ad aspetti tecnico-costruttivi, quali l'impiego di casseri modulari d'acciaio o l'adozione di pareti in elementi prefabbricati di calcestruzzo per le vasche circolari.

Le vasche cilindriche monolitiche delle tipologie VC e VD presentano costi unitari di 77÷79 €/m³ per i modelli più piccoli e di 34÷36 €/m³ per quelli più grandi. Non ci sono grandi differenze di costo, a parità di superficie utile interna, passando dalla vasca alta 4 metri a quella alta 5 metri.

Le vasche cilindriche in elementi prefabbricati (tipo VE e VF) hanno costi unitari leggermente più elevati rispetto alle precedenti, anche se i modelli di dimensioni maggiori costano un po' meno. Le soluzioni meno competitive sono quelle con pareti più alte e volume modesto (quasi 100 €/m³ per il modello VF1 da 230 m³, contro i 32 €/m³ dello schema VF6 da 3.700 m³).

Il costo unitario delle lagune in terra risulta nettamente inferiore a quello delle vasche a pareti verticali: si va da un massimo di circa 16 €/m³ ad un minimo di circa 9 €/m³. Limitandosi ad osservare i costi degli schemi di laguna più piccoli (LA1 e LA2), con volumi di stoccaggio paragonabili alle vasche di maggiori dimensioni, si può notare che il maggior costo delle vasche è pari a circa il 120%; a svantaggio delle lagune, però, rimangono i numerosi aspetti negativi di cui si è detto nell'articolo di pagina 26 di questo supplemento.

Infine, i pozzetti interrati, che evidenziano dei costi unitari molto più alti rispetto a tutti gli altri contenitori per liquame, a motivo delle loro dimensioni ridotte: da 507 a 194 €/m³ per il tipo VG (pre-fossa) e da 299 a 193 €/m³ per il tipo VH (pozzettone coperto).

Nei grafici 1, 2, 3 e 4 si riportano gli andamenti del costo di costruzione unitario parametrato al volume totale, al variare del volume stesso, di alcuni serbatoi per liquame che abbiamo esaminato. ■



I costi di costruzione delle strutture accessorie per l'allevamento

**Supplemento ad "Agricoltura" n. 6 - Giugno 2008
Direttore responsabile: Franco Stefani**

**Reg. Tribunale di Bologna N. 4269 del 30-3-1973
Progetto grafico e impaginazione: Editing, Roma
Stampa: Galeati Industrie Grafiche Spa
Via Selice 187 / 189 - 40026 Imola (BO)**