

GUIDA INGEGNERISTICA TECNICA

Ottimizzazione dei Bacini di Stoccaggio e Strategie di Conservazione delle Acque Grezze di fronte allo Stress Idrico in Europa

EDIZIONE DI RIFERIMENTO 2026

Modellazione termodinamica dell'evaporazione passiva, criteri di valutazione dei polimeri di copertura e protocolli di installazione per l'agroindustria e gli enti locali.

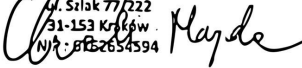
Editore: Hydropreserve - Divisione Soluzioni Industriali Hydro Innov

Stato del Documento: Documento di Riferimento Scientifico e Tecnico B2B

Autori: Dipartimento R&S Hydro Innov / Supporto Tecnico AWTT

Data di Pubblicazione: Giugno 2026

Hydro Innov Sp. z o.o.
ul. Szlak 77/222
31-153 Kraków
NIP: 832654594



1. Introduzione e Sfide Idro-Climatiche

Lo stress idrico nell'Unione Europea non è più una crisi congiunturale, ma una mutazione strutturale degli indici di siccità. Le regioni del Sud Europa (Andalusia, Catalogna, Sicilia, Pianura Padana) così come le zone di transizione climatica come l'Occitania o la regione PACA, affrontano un deficit di ricarica delle falde acquifere, combinato con un continuo aumento della radiazione globale netta.

In questo contesto, la costruzione di bacini collinari, lagune industriali, impianti di depurazione (STEP) e mega-bacini risponde a una logica di messa in sicurezza dei volumi. Tuttavia, stoccare l'acqua in superficie senza protezione attiva espone la risorsa a un nemico invisibile ma massiccio: l'evaporazione passiva indotta dalla radiazione solare e dal trasferimento di massa eolico.

CONSTATAZIONE CLIMATOLOGICA

Un bacino scoperto situato nell'area mediterranea può perdere tra i 1.100 mm e oltre i 1.500 mm di colonna d'acqua all'anno. Per un invaso di 10.000 m², ciò rappresenta una perdita netta diretta fino a 15.000 m³ di acqua all'anno, ovvero una drastica riduzione dell'efficienza di stoccaggio.

2. Fisica e Termodinamica dell'Evaporazione

Per quantificare con precisione la perdita idrica di uno specchio d'acqua libero, i modelli ingegneristici si basano sull'adattamento delle equazioni di trasferimento di massa e bilancio termico. L'evaporazione è fondamentalmente un passaggio di fase liquido-vapore governato dal deficit di pressione di vapore dell'aria ambiente e dall'apporto di energia cinetica del vento.

L'Equazione di Trasferimento di Massa

Il flusso di evaporazione unitario di una superficie d'acqua libera può essere modellizzato nella seguente forma lineare semplificata:

$$E = (a + b \times W) \times (e_s - e_a)$$

Dove:

- E è il tasso di evaporazione standardizzato (mm/giorno).
- W è la velocità del vento misurata a un'altezza normalizzata di 2 metri (m/s).
- e_s è la pressione di vapore saturo alla temperatura della superficie dell'acqua (kPa).
- e_a è la pressione di vapore reale dell'aria ambiente (kPa).
- a e b sono coefficienti empirici specifici per la geometria locale e l'esposizione aerodinamica del bacino.

Rottura dello Strato Limite

L'installazione di una struttura modulare galleggiante agisce direttamente su due variabili chiave di questa equazione:

1. **Intercettazione della radiazione energetica:** I moduli assorbono e riflettono il flusso solare incidente, impedendo l'innalzamento della temperatura dell'acqua in superficie. Di conseguenza, la pressione e_s crolla.

2. **Soppressione dello strato limite eolico:** Coprendo la superficie, gli elementi impediscono al vento di entrare in contatto diretto con il manto liquido, eliminando il coefficiente dinamico $b \times W$. L'aria stagnante intrappolata sotto la geometria dei moduli si satura immediatamente di umidità, bloccando qualsiasi successivo trasferimento di massa.

3. Analisi Comparativa di Materiali e Geometrie

L'integrità strutturale di una copertura per bacino industriale o agricolo dipende dalle caratteristiche chimico-fisiche del polimero utilizzato. Gli ambienti esterni impongono una resistenza estrema ai raggi ultravioletti (UV), alle variazioni termiche e alle sollecitazioni meccaniche dovute al vento.

3.1 La Scelta dell'HDPE Vergine (Polietilene ad Alta Densità)

Le coperture galleggianti modulari tipo Hexprotect AQUA (AWTT) sono realizzate esclusivamente in Polietilene ad Alta Densità (HDPE) vergine. A differenza dei plastici riciclati o a bassa densità (LDPE), l'HDPE vergine offre legami molecolari polimerici altamente stabili.

Proprietà Tecnica	HDPE Vergine Hydropreserve	Polimeri Riciclati standard	Teli/Geomembrane PVC
Peso Specifico	0.95 - 0.96 g/cm ³	Variabile (0.91 - 0.94)	>1.20 g/cm ³ (necessita galleggianti)
Stabilizzazione Anti-UV	Nero di Carbonio + Additivi	Debole o superficiale	Migra e si degrada in 3-5 anni
Resistenza Termica	Da -40°C a +70°C	Fragile con gelo < -5°C	Perdita rapida di elasticità

3.2 Geometria Modulare vs Teli Tesi

- **Adattamento dinamico dei livelli:** I moduli salgono e scendono liberamente con l'escursione idrica del bacino senza creare sacche d'aria o tensioni meccaniche sugli argini.
- **Resistenza aerodinamica passiva:** L'acqua si infila leggermente sopra il labbro inferiore del modulo in caso di venti forti, zavorrando naturalmente la struttura.
- **Permeabilità ai gas controllata:** I micro-interstizi consentono gli scambi gassosi indispensabili all'equilibrio chimico naturale dell'acqua stoccata, riducendo al contempo del 96% la superficie di evaporazione disponibile.

4. Impatti Biologici e Qualità dell'Acqua

La riduzione dell'evaporazione è accompagnata da un vantaggio agronomico e industriale altrettanto cruciale: il controllo della proliferazione algale e batterica. Coprendo fino al 99% della superficie visibile, la copertura modulare blocca la penetrazione della radiazione fotosinteticamente attiva (PAR). Private della luce, le microalghe, e in particolare i cianobatteri, non possono più sintetizzare la loro energia.

IMPATTO SUI COSTI DI TRATTAMENTO

L'eliminazione delle alghe comporta una riduzione di oltre il 75% nel consumo di prodotti chimici di trattamento (cloro, solfato di rame, algheicidi) in lagune industriali e riserve d'acqua grezza.

5. Protocollo di Dimensionamento e Calcolo del ROI

Il volume annuo preservato si calcola secondo la seguente formula ingegneristica:

$$V_{\text{preservato}} = (S \times E_{\text{ref}} \times \eta) / 1000$$

Dove:

- ***V_{preservato}*** è il volume annuo di acqua grezza preservata (m³/anno).
- ***S*** è la superficie utile del bacino al livello nominale (m²).
- ***E_{ref}*** è il valore di evaporazione meteorologica regionale (mm/anno).
- ***η*** è il coefficiente di efficienza globale della copertura (da 0.88 a 0.96).

Se il valore d'uso dell'acqua in periodo di crisi è stimato a 2,50 euro/m³, il guadagno finanziario diretto su un bacino di 5.000 m² in Sicilia ammonta a 13.200 euro all'anno, ammortizzando l'infrastruttura in 3-5 anni.

6. Specifiche di Installazione e Manutenzione

- **Zero opere civili:** Nessun ancoraggio pesante sul fondo del bacino.
- **Posa con acqua:** L'installazione si effettua senza svuotare il bacino.
- **Manutenzione zero:** L'HDPE vergine autolubrificante non accumula sedimenti pesanti.