



## HYDRO-LINK PRIULA e RCMC-H 5G

Paradigma di Infrastruttura Bionica Modulare per la Val Brembana:  
Analisi Assiomatica e Validazione Strutturale

Ing. Antonio Triassi

### SOMMARIO

L'incremento dell'instabilità idrogeologica e la necessità di una transizione energetica capillare richiedono un cambio di paradigma nelle opere di difesa idraulica. Il sistema **HYDRO-LINK PRIULA** propone un'infrastruttura bionica modulare in grado di coniugare la messa in sicurezza dell'alveo con la generazione energetica *net-positive*, la mobilità sanitaria d'urgenza (Med-Pod su tecnologia IronLev) e il monitoraggio strutturale continuo.

Il presente articolo espone la formalizzazione matematica del modello di controllo **RCMC-H 5G**, analizza le proprietà dei materiali compositi impiegati (BFRP) e definisce gli assiomi di coerenza operativa necessari per la gestione autonoma del sistema tramite intelligenza artificiale vincolata.

### 1. INTRODUZIONE

Le infrastrutture tradizionali sono concepite come entità passive e statiche. **HYDRO-LINK PRIULA** introduce invece il concetto di *modulo bionico*: un elemento installato nell'alveo fluviale, capace di adattarsi alle condizioni di piena, produrre energia e garantire continuità logistica e clinica anche in condizioni di isolamento territoriale.

### 2. COMPOSIZIONE MATERIALE E STRUTTURALE

Il nucleo dell'infrastruttura è costituito da un condotto cilindrico in **BFRP** (Basalt Fiber Reinforced Polymer), scelto per:

- resistenza alla corrosione;
- rapporto resistenza/peso superiore all'acciaio S355;
- ridotto impatto ambientale rispetto al cemento armato.

L'esterno del condotto integra un film **CIGS** ottimizzato per luce diffusa, tipica delle valli alpine.

### 3. ARCHITETTURA ASSIOMATICA RCMC-H 5G

#### 3.1 Assioma 1: Stato 5D

**Assioma 1** (Vettore di Stato). *Lo stato del modulo è descritto da:*

$$x(t) = \begin{bmatrix} p(t) \\ q(t) \\ v(t) \\ \varepsilon(t) \\ e(t) \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^5 \quad (1)$$

dove  $p, q, v, \varepsilon, e$  rappresentano rispettivamente pressione idraulica, portata, vibrazione strutturale, strain (FOS) e bilancio energetico.



### 3.2 Assioma 2: Metrica e Commutatore

**Assioma 2** (Coerenza Operativa). *Sia:*

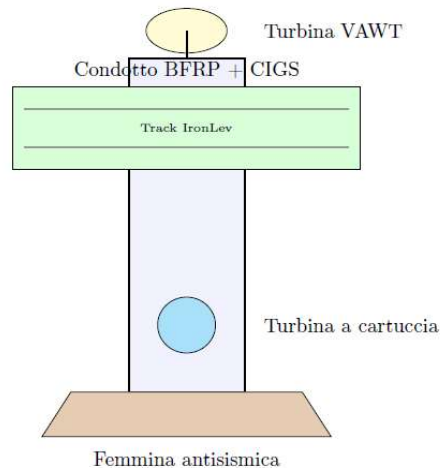
$$H = \text{diag}(p_{\max}, q_{\max}, v_{\max}, \varepsilon_{\max}, \epsilon_{\min}) \quad (2)$$

*Il sistema è coerente se:*

$$\|[H, V]\| \leq D_{\max} \quad (3)$$

dove  $[H, V] = HV - VH$ .

## 4. DETTAGLIO COMPONENTISTICA BIONICA



## 5. MONITORAGGIO E MANUTENZIONE PREDITTIVA

La rete di sensori **FOS** integrata nel composito consente:

- rilevamento strain in tempo reale;
- identificazione precoce di micro-fessurazioni;
- monitoraggio termico per ottimizzare i pod IronLev.

## 6. SIMULAZIONE DEL CONTROLLO LOCALE (C++)

```
Command validate_and_correct(const HydroState& current,
                             const Command& proposed) {

    const double STRAIN_CRITICAL = 900.0;
    const double VIBR_LIMIT = 0.85;

    Command corrected = proposed;

    if (current.strain > STRAIN_CRITICAL &&
        proposed.turbEolic > 0.5)
        corrected.turbEolic = 0.35;
}
```



```
    if (current.pressure > 10.2)
        corrected.valve = 0.15;

    return corrected;
}
```

## 7. CONCLUSIONI

HYDRO-LINK PRIULA rappresenta una sintesi avanzata tra ingegneria civile, meccanica e controllo intelligente. La modularità consente cantierizzazione rapida e impatto ambientale minimo, mentre il modello RCMC-H 5G garantisce sicurezza operativa superiore agli standard attuali.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

### Riferimenti bibliografici

- [1] Triassi, A. (2026). *Sistemi Bionici: Assiomi di Coerenza*. Documenti interni.
- [2] Gorla, R., & Catalano, L. (2018). *Energy Harvesting in Fluid Flows*. CRC Press.
- [3] IronLev Tech. *Passive Magnetic Levitation Operational Standards*.
- [4] Zhou, Y. *Advanced Fiber Reinforced Polymer Composites*. Woodhead Publishing.