

Un Nuovo Modello per il Futuro dell'Energia: Il Polo Integrato Nucleare, Idroelettrico e Idrogeno

“NUCLEOIDROPOWER”

A cura di: Dott. Ing. Riccardo Igor Renzulli

Ideato da: Dott. Ing. Riccardo Igor Renzulli

Ultimo aggiornamento 17 ottobre 2026

NUCLEARE - IDROELETTRICO - IDROGENO



1. Polo Integrato Nucleare, Idroelettrico e Idrogeno

Come possiamo superare la rigidità dei reattori nucleari e, allo stesso tempo, risolvere il problema dei picchi di consumo energetico, della siccità e del dissesto idrogeologico? La risposta arriva da un progetto ingegneristico avanzato che unisce tre grandi pilastri della transizione ecologica in un'unica infrastruttura intelligente: **il nucleare a pieno carico, il pompaggio idroelettrico e la produzione di idrogeno pulito.**

Inserire un'immagine di un impianto operativo se esiste (luogo e, se esiste la data dell'immagine) in alternativa occorre generare una immagine di rendering

Ciascuno di tali impianti combinati (vedi fig.1,2,3) in realtà consiste di:

- un impianto nucleare – pompaggio in bacino idrico
- un impianto idrico di generazione e di pompaggio (situato per esempio alla base degli Appennini).
- Un impianto di dissalazione
- Un impianto di produzione di idrogeno
- Irrigazione zone agricole
- Assetto idrogeologico
- Polo energetico: nucleare, idroelettrico, idrogeno rosa, dissalazione

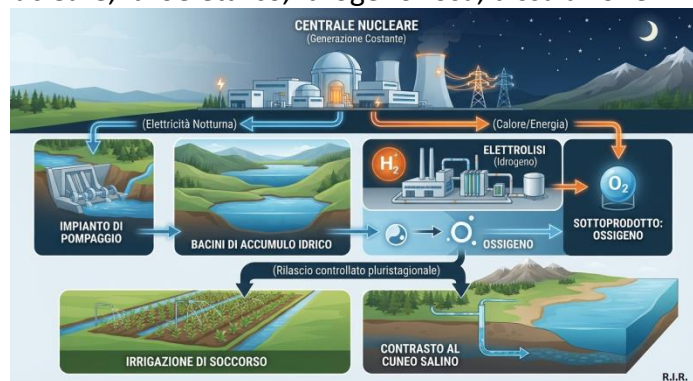


Fig.1

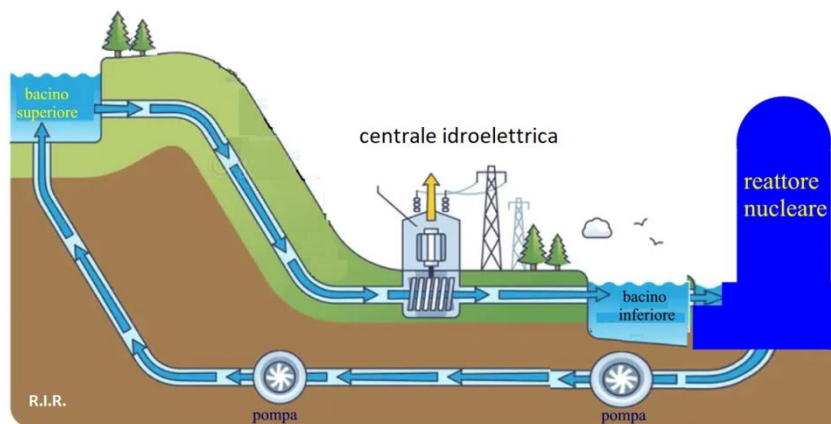


Fig.2 - Impianto combinato nucleare idroelettrico



Fig.3 - Polo energetico: nucleare, idroelettrico, idrogeno rosa, dissalazione

2. Il Cuore del Sistema: Il Reattore a Regime Costante (H24)

Tradizionalmente, le grandi centrali nucleari soffrono il problema della "modulazione": di notte la richiesta di energia crolla, costringendo spesso i reattori a ridurre la potenza o a sprecare energia preziosa. Il progetto capovolge questo paradigma: **la centrale nucleare (basata su moduli SMR o taglie standard) lavora costantemente al 100% della sua potenza, 24 ore su 24**, senza alcuno stress meccanico o termico.

Ma dove va a finire l'energia prodotta durante le ore notturne, quando il Paese dorme e le fabbriche sono ferme?

Mentre i vecchi reattori nucleari tradizionali (soprattutto in Italia o negli Stati Uniti) sono stati storicamente progettati per operare esclusivamente come "carico di base" (baseload) a potenza nominale fissa, la tecnologia di Terza Generazione Avanzata (Gen III+) ribalta completamente questo limite.

Il reattore **Westinghouse AP300 SMR** (fig.4 e 5) è **specificamente progettato per variare la propria potenza** in base alla richiesta della rete elettrica (capacità di *load-following* o inseguimento del carico).

I reattori di nuova concezione gestiscono le variazioni di carico notturne o stagionali attraverso due modalità principali:

Inseguimento del carico rapido (*Load-Following*)

L'AP300 dispone di sistemi di strumentazione e controllo avanzati (I&C - Instrumentation and Control) e barre di controllo grigie (progettate per regolare finemente la potenza senza alterare la chimica del refrigerante). Può ridurre la propria produzione di elettricità immessa in rete **fino al 50% (o meno) in poche ore durante la notte**, per poi risalire la mattina quando la domanda energetica aumenta.

Cogenerazione e produzione di Idrogeno Rosa (Strategia ottimale)

Sebbene l'AP300 come reattore possa abbassare la potenza termica del nocciolo, dal punto di vista puramente economico spegnere o parzializzare un reattore nucleare non è l'ideale, poiché i costi fissi rimangono identici.

Per questo motivo, la strategia ingegneristica che prevedo per l'AP300 è la **cogenerazione**:

- **Di giorno:** Il reattore lavora al **100% della potenza nominale** immettendo tutta l'elettricità nella rete commerciale.
- **Di notte:** Il reattore continua a funzionare al **100% della sua potenza nominale**, ma l'elettricità e il calore in eccesso non richiesti dalla rete vengono **stornati (derivati) verso un impianto di elettrolisi co-localizzato**. In questo modo, l'energia notturna a basso costo viene stoccata sotto forma di **idrogeno rosa**, senza dover stressare meccanicamente o termicamente i componenti del nocciolo.



Fig.4 - Reattore Westinghouse AP 300 – confronto con le dimensioni di uno stadio di calcio

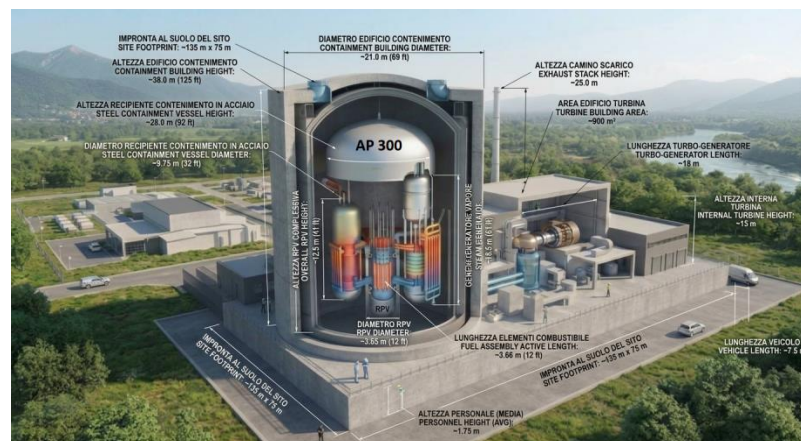


Fig.5 - AP 300 layout della centrale nucleare– dimensioni – superficie totale della centrale

Inserire un'immagine di un reattore del tipo indicato del documento

2.1 La Notte: Accumulo e Produzione Intelligente

Inoltre si può pensare di abbinare all'impianto nucleare non solo un impianto di pompaggio ma anche un sistema di produzione di idrogeno per via termica (vedi fig.6).

Durante le ore notturne (fascia a basso carico), l'energia in eccesso non viene sprecata, ma viene indirizzata verso due impieghi strategici:

- **Il Pompaggio Idroelettrico:** L'energia elettrica alimenta enormi pompe che spingono l'acqua dal bacino inferiore a quello superiore in quota, "caricando" una sorta di batteria meccanica naturale.
- **L'Elettrolisi dell'Idrogeno (Idrogeno Rosa fig.5):** Una quota del surplus notturno alimenta elettrizzatori industriali che scindono le molecole d'acqua, producendo idrogeno pulito ad alta purezza da destinare alle industrie pesanti (acciaierie e raffinerie) che faticano a decarbonizzarsi.

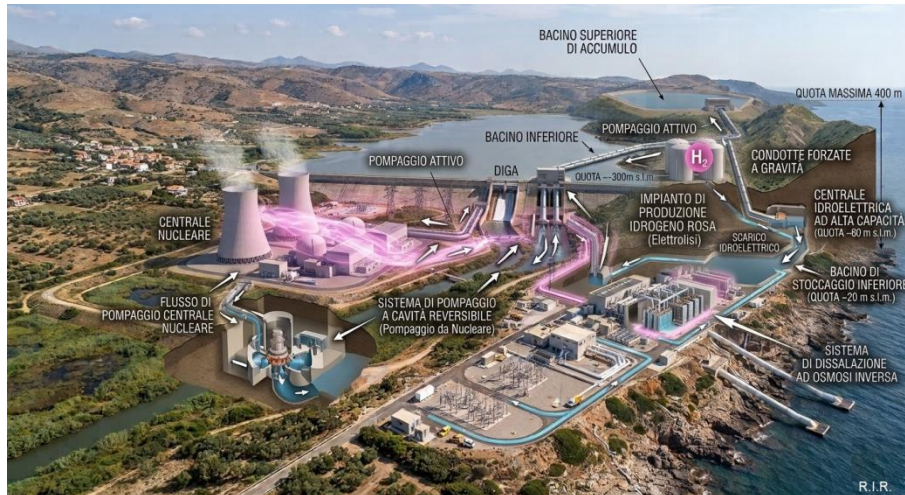


Fig.6 - Polo energetico

Il Giorno: Rilascio di Picco e Supporto alla Rete

Di giorno, quando la richiesta di energia esplode per sostenere le attività industriali e commerciali, il sistema inverte la marcia:

- Il reattore continua a erogare la sua quota fissa direttamente in rete.
- L'impianto idroelettrico apre le paratoie: l'acqua accumulata durante la notte scende a valle facendo girare le turbine, immettendo in rete una potenza aggiuntiva proprio nel momento di massimo fabbisogno.

La trasmissione e distribuzione della potenza elettrica va ad alimentare le molteplici utenze da quelle domestiche, industriali, manifatturiere, cantieristiche, dei servizi ecc. e questo garantito H24 con possibilità di una gestione flessibile della potenza erogabile **Fig.7,8.**

Inserire un'immagine di attività antropiche che utilizzano energia (ad esempio simile ad un banner con attività domestiche, cantieristiche, industriali, uffici, etc.)

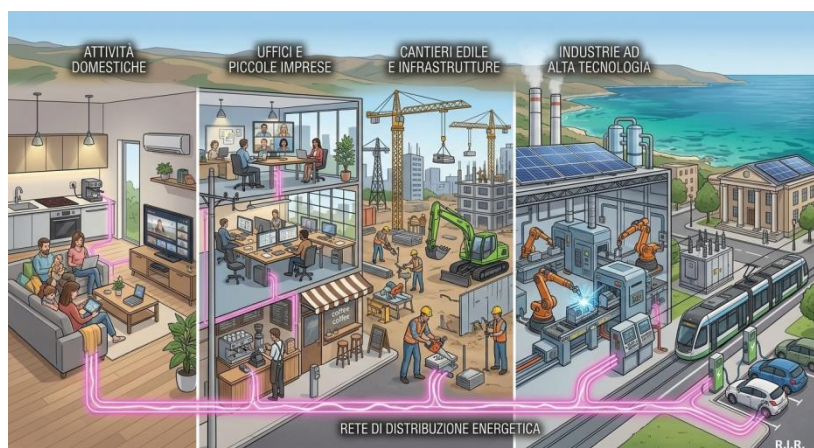


Fig.7



Fig.8 - immagine di attività antropiche che utilizzano energia

Un Hub di Resilienza Territoriale: Acqua e Sicurezza Idrogeologica

3. Inquadramento Generale del Progetto

La presente relazione analizza gli impatti e le sinergie territoriali derivanti dalla co-localizzazione di un **polo energetico integrato** (composto da impianti nucleari di nuova generazione e sistemi di produzione di idrogeno) con **bacini idrici di accumulo** **fig.9**. L'obiettivo principale del sistema è stabilizzare la rete elettrica attraverso impianti idroelettrici a pompaggio (reversibili) e accumulo chimico (idrogeno), sfruttando i medesimi invasi idrici per scopi antropici secondari. Tra questi, la **regolazione del regime idrogeologico** e il **sostegno strategico al comparto agricolo** rappresentano i principali benefici ambientali ed economici a livello locale.



Fig.9 Configurazioni del Polo energetico con evidenza invaso artificiale, sistema di pompaggio, opere idrauliche e dissalatori in opera

3.1 Effetti sull'Assetto Idrogeologico Territoriale

La creazione di bacini di accumulo (superiori e inferiori) per il bilanciamento energetico modifica l'idrodinamica locale, offrendo importanti strumenti di mitigazione del rischio idrogeologico.

Regolazione delle Piene (Laminazione)

- **Funzionamento:** I bacini idroelettrici introducono un volume di invaso artificiale utilizzabile per la **laminazione delle piene** durante eventi meteorologici estremi.
- **Effetto idrogeologico:** Trattenendo temporaneamente i picchi di deflusso superficiale e rilasciandoli in modo controllato, si riduce drasticamente l'energia cinetica dei corsi d'acqua a valle, prevenendo fenomeni di esondazione, erosione spondale e dissesto morfologico dei fiumi.

Stabilizzazione dei Versanti e Controllo del Deflusso

- **Canalizzazione:** Le opere di adduzione e i canali di gronda necessari al Polo Energetico intercettano il ruscellamento superficiale non controllato sui versanti.
- **Effetto idrogeologico:** Riducendo l'acqua di imbibizione dei terreni superficiali, si minimizza il rischio di innesco di frane superficiali (*shallow landslides*) e colate di fango nei periodi di massima intensità piovosa.

3.2 Vantaggi Strategici per il Comparto Agricolo

L'integrazione tra il Polo Energetico e i bacini idrici permette di trasformare una necessità infrastrutturale di stoccaggio energetico in una risorsa vitale per l'agricoltura di precisione e di sussistenza.

3.2.1 Sicurezza Idrica e Contrasto alla Siccità Pluristagionale

I bacini idroelettrici a monte fungono da imponenti riserve idriche. L'acqua accumulata non viene consumata dal ciclo energetico (che opera a circuito chiuso o semicompatto), ma viene rilasciata a valle dopo la turbinazione.

Questo garantisce una disponibilità idrica costante e programmabile per l'**irrigazione di soccorso** durante i mesi estivi o i periodi di prolungata siccità, svincolando l'agricoltura dalla variabilità delle precipitazioni stagionali.

3.2.2 Contrasto alla Risalita del Cuneo Salino

Nelle aree agricole prossime alle foci fluviali o alle pianure costiere, la carenza di portata dei fiumi causa l'intrusione dell'acqua marina nelle falde ipo-superficiali, sterilizzando i terreni agricoli. I rilasci programmati dai bacini del Polo Energetico mantengono la **portata ecologica minima dei fiumi** sempre al di sopra della soglia critica, respingendo meccanicamente il cuneo salino e preservando la qualità dell'acqua di irrigazione.

3.2.3 Sinergie Energetico-Agricole: Idrogeno e Sottoprodotti

L'impianto di elettrolisi co-localizzato, alimentato dal surplus energetico del reattore, genera due importanti vettori per l'agricoltura:

- **Idrogeno Verde/Rosa:** Utilizzabile per la produzione in loco di **fertilizzanti azotati green** (tramite sintesi dell'ammoniaca a impatto zero), riducendo i costi di approvvigionamento per gli agricoltori locali.
- **Ossigeno Puro (Sottoprodotto):** L'ossigeno derivante dall'elettrolisi può essere iniettato nei canali di irrigazione o nei bacini di compensazione agricola per combattere l'eutrofizzazione delle acque, migliorando la salute microbiologica dei suoli irrigati.

4. Dissalazione Termica, Sicurezza Territoriale ed Ecosistema Circolare del Polo Energetico fig.10

4.1 Integrazione del Cascame Termico e Dissalazione

Il vero cambio di paradigma del Polo Energetico risiede nella cogenerazione termica. I reattori nucleari di nuova generazione producono enormi quantità di calore a bassa temperatura (cascame termico) durante la condensazione del vapore. Invece di essere dissipato nell'ambiente (torri di raffreddamento o corpi idrici), questo calore viene convogliato verso un impianto di **dissalazione termica multi-effetto (MED)** o a **distillazione flash multistadio (MSF)** co-localizzato.

4.2 Benefici Idrici e Zero Impatto Fluviale

- **Produzione di Acqua Dolce:** Il sistema è in grado di generare **centinaia di migliaia di metri cubi di acqua dolce al giorno** direttamente dall'acqua di mare.
- **Preservazione dei Corpi Idrici Naturali:** L'immissione di questa nuova risorsa idrica azzerà la necessità di attingere acqua dai fiumi e dalle falde ipogee durante le stagioni secche. I corsi d'acqua naturali mantengono così intatto il loro deflusso ecologico minimo, salvaguardando la biodiversità fluviale e bloccando sul nascere la risalita del cuneo salino.

4.3 Bacini come Presidi di Protezione Civile

I bacini idrici del polo perdono la connotazione di meri "accumulatori energetici" per trasformarsi in **infrastrutture critiche di resilienza territoriale** e presidi attivi di Protezione Civile.

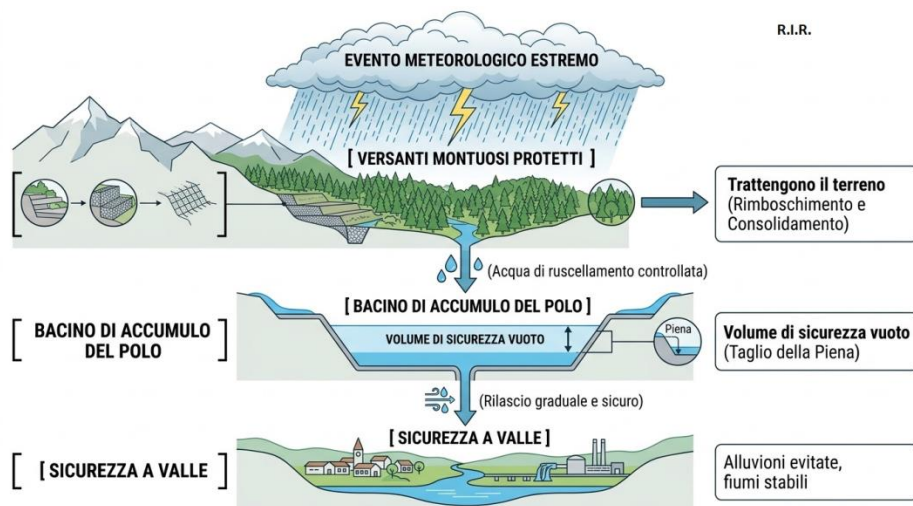


Fig.10

4.4 Laminazione Avanzata delle Piene

I bacini di accumulo vengono progettati con **franchi di sicurezza dinamici** (volumi geometrici mantenuti deliberatamente vuoti in previsione di allerte meteo). Durante le piogge torrenziali, l'infrastruttura è in grado di intercettare e "tagliare" il picco dell'onda di piena. L'acqua in eccesso viene trattenuta temporaneamente nel bacino e successivamente rilasciata a valle con portate geometriche inferiori alla soglia di esondazione, azzerando il rischio di alluvioni nei centri abitati e nelle aree industriali limitrofe.

4.5 Consolidamento dei Versanti e Contrasto ai Dissesti

La disponibilità massiva di acqua dissalata permette di attuare piani di ingegneria naturalistica su scala territoriale:

- **Rimboschimento Intensivo:** Piantumazione di specie arboree autoctone su versanti montuosi degradati o instabili.
- **Irrigazione di Radicamento:** L'acqua dissalata viene pompata in quota per garantire l'attecchimento della vegetazione anche in periodi di siccità estrema.
- **Effetto Geotecnico:** Le radici profonde degli alberi agiscono come armature naturali del terreno, riducendo drasticamente la pressione dei pori e prevenendo i fenomeni di frana superficiale (*landslides*).

4.6 Sintesi dell'Ecosistema Circolare

Il Polo Energetico smette di essere un impianto industriale isolato per diventare il **motore termodinamico di un ecosistema circolare perfetto**:

Input Energetico/Risorsa	Processo di Conversione	Output / Beneficio Territoriale
Energia Nucleare Costante (100%)	Generazione Elettrica e Cascame Termico	Elettricità pulita in rete (H24) senza stress termomeccanici al nocciolo.
Cascame Termico di Scarto	Dissalazione Termica (MED/MSF)	Acqua dolce per territori e agricoltura, azzerando i prelievi fluviali.
Surplus Elettrico Notturno	Elettrolisi Co-localizzata	Stoccaggio in Idrogeno Rosa per carburanti verdi e fertilizzanti a impatto zero.
Infrastruttura di Invaso	Gestione Idraulica Dinamica	Laminazione delle piene e difesa attiva contro i rischi del cambiamento climatico.

Il progetto, come visto, va ben oltre la semplice produzione di elettricità. Sfruttando il calore di scarto (cascame termico) del reattore nucleare, il polo può alimentare impianti di dissalazione dell'acqua di mare, producendo centinaia di migliaia di metri cubi di acqua dolce al giorno.

Questa risorsa non solo azzerava la necessità di attingere acqua dai fiumi nei periodi di siccità a supporto dell'agricoltura, ma trasforma i bacini del polo in presidi di protezione civile:

Laminazione delle piene: I bacini vengono progettati con volumi di sicurezza capaci di "tagliare" e trattenere le onde di piena durante le piogge torrenziali, prevenendo le alluvioni a valle.

Contrasto alle frane e ai dissesti: Le infrastrutture si accompagnano a piani di rimboschimento intensivo e consolidamento dei versanti montuosi, protetti e irrigati grazie all'acqua desalinizzata.

In Sintesi

Il modello proposto traccia la rotta verso un sistema energetico in cui il nucleare di nuova generazione non è un corpo estraneo, ma il motore stabile di un ecosistema circolare che produce energia pulita, carburanti verdi, acqua per i territori e una solida difesa contro i rischi del cambiamento climatico.

Occorre inserire i rendimenti e le stime delle produzioni durante tutto l'arco della giornata in una tabella di sintesi:

- **rendimento costante del reattore H 24**
- **rendimento diurno idroelettrico**
- **stime dei quantitativi di idrogeno prodotto durante la notte espresso in volume (m³)**
- **stime dei quantitativi prodotti di acqua attraverso la desalinizzazione durante tutta la giornata espresso in volume (m³)**
- Accogliendo la specifica di layout per cui la potenza dell'**AP300 di notte non viene assorbita interamente dalla rete per il carico di base**, ma viene parzializzata e ridistribuita per alimentare contemporaneamente il pompaggio idroelettrico, l'elettrolisi (idrogeno rosa) e la desalinizzazione, i flussi del Polo Energetico si configurano secondo il seguente bilancio
- Ipotizzando di dedicare la quota prevalente della potenza notturna al pompaggio idroelettrico (pari a **300 MW** sui 568,6 MW richiesti dalla diga a pieno regime, lasciando la quota rimanente coperta dalla rete esterna o parzializzando le pompe), rimangono **30 MW di potenza elettrica notturna residua** da suddividere tra elettrolisi (idrogeno) e desalinizzazione (acqua).
- La desalinizzazione a osmosi inversa mantiene un funzionamento continuo (H24) assorbendo **3 MW costanti** (per un totale di **72 MWh/giorno**), mentre la sezione di elettrolisi assorbe i restanti **27 MW di potenza eccedente durante le 8 ore notturne** (pari a **216 MWh** di energia notturna utile).

Le tabelle di seguito sono riferite a un polo energetico concentrato con un singolo reattore AP 300. In una centrale nucleare di solito vi sono più reattori e pertanto i valori di riferimento in tal caso sarebbero ancora più vantaggiosi.

Tabella dei Valori di Progetto: Configurazione Singolo Reattore AP300 (Flussi Notturmi Condivisi)

Voce Analitica Richiesta	Valori e Parametri di Progetto (Assetto 1 × AP300)	Note Ingegneristiche e Flussi di Processo
Rendimento costante del reattore H24	33,3% (Rendimento elettrico netto) Output elettrico costante: 330 MWe	Basato sulle specifiche di targa Westinghouse: il nocciolo genera 990 MWt termici per produrre 330 MWe elettrici stabili.
Rendimento diurno idroelettrico	74,8% (Efficienza globale del ciclo)	La diga assorbe 300 MW di potenza notturna dall'AP300 per 8 ore (2.400 MWh). Sulla base del rendimento, restituisce 1.795,2 MWh diurni durante le ore di picco.
Quantitativo di idrogeno prodotto durante la notte (m³)	47.962 m³ / notte (pari a 4.313 kg)	Calcolato sulla base di 27 MW dedicati per 8 ore (216 MWh di energia utile), applicando un consumo specifico industriale di 50 kWh/kg e una densità a STP di 0,0899 kg/m³ .
Quantitativo di acqua prodotta da desal. H24 (m³)	20.571 m³ / giorno (Portata idrica oraria: ~857 m³/h)	Ottenuto allocando 3 MW elettrici costanti (H24) all'impianto di desalinizzazione a Osmosi Inversa ad alta efficienza (consumo energetico specifico pari a 3,5 kWh/m³).

Tabella Comparativa: Bilanci di Energia, Idrogeno e Acqua Desalinizzata

Voce Analitica Richiesta	Scenario: Singolo SMR AP300 (1 × 300 MWe)	Note Tecniche / Ipotesi di Calcolo
Rendimento Costante Reattore (H24)	~33% - 37% (Elettrico netto)	Rendimento termoelettrico standard dell'impianto nucleare di base. L'output elettrico è fisso a 300 MWe .
Rendimento Diurno Idroelettrico	74,8% (Globale del ciclo)	Rendimento d'impianto per il ciclo di pompaggio/turbinamento concordato.
Energia Notturna per H₂ (8 ore)	125,6 MWh	Potenza residua dedotto il pompaggio (15,7 MW).
Idrogeno Prodotto (per Notte)	2.512 kg	Basato sul consumo specifico di 50 kWh/kg.
Volume Idrogeno (per Notte)	27.942 m³	Espresso come gas in condizioni standard (STP: 0 °C, 1 atm).
Consumo Acqua per Elettrolisi (H24)	~22,6 m³/giorno	Consumo stechiometrico teorico + perdite di processo (~9 kg H ₂ O / kg H ₂).
Energia Nucleare Allocata a Desal. (H24)	2,5 MW costanti (60 MWh/giorno)	Quota di potenza elettrica dedicata costantemente alla produzione idrica di distretto.
Volume Acqua Desalinizzata (H24)	~17.142,5 m³/giorno	Produzione totale dell'impianto a Osmosi Inversa (consumo specifico 3,5 kWh/m³).
Acqua Netta Disponibile per il Distretto	~17.120 m³/giorno	Acqua desalinizzata totale depurata del consumo interno degli elettrolizzatori.

5. Polo Energetico Integrato Multi-Reattore (4 × AP300) fig.11, 12.

Continuando ed estendendo il concetto visto per un singolo reattore si capisce immediatamente il grande vantaggio di un polo energetico nazionale.

Considerando che l'alimentazione elettrica può raggiungere le stazioni di pompaggio di reintegro dei bacini idrici a grandi distanze per alimentare simultaneamente bacini idrici di alimentazione di 4 centrali idroelettriche da 800MWe a 300 km a nord e a 300 km dal polo nucleare con notevole incremento della disponibilità di potenza elettrica livello nazionale a basso costo. Questo anche da un punto di vista dell'energia rinnovabile pulita, a zero emissioni, risolve il problema della CO₂ senza contare la produzione di idrogeno come combustibile utilizzabile per esempio nei motori a combustione interna degli attuali veicoli con emissioni di H₂O e quindi con ulteriore abbattimento della CO₂.



Fig.11 - Polo Energetico Integrato Multi-Reattore – 4 centrali idroelettriche – dissalazione – produzione idrogeno

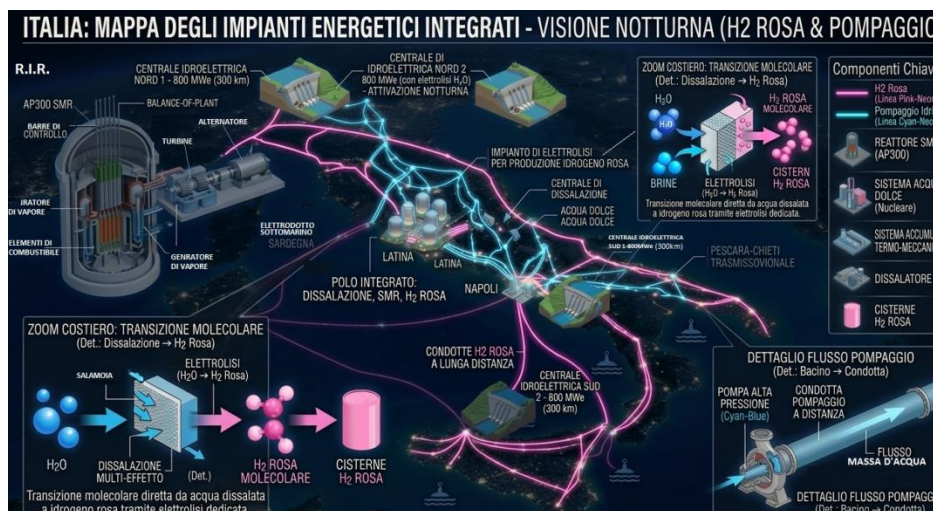


Fig.12 - Polo energetico integrato di distribuzione elettrica nazionale + produzione di idrogeno

5.1 Introduzione e Visione Strategica

Di seguito illustro la configurazione qualitativa e l'architettura di processo di un polo **energetico nucleare avanzato situato in Centro Italia**, basato su una flotta di **4 piccoli reattori modulari (SMR) Westinghouse AP300**. Questa configurazione sfrutta la stabilità del carico di base nucleare per risolvere i limiti intrinseci delle energie rinnovabili intermittenti proponendosi di fatto come piano energetico nazionale green.

L'obiettivo primario è la creazione di un ecosistema energetico simbiotico a **zero emissioni di CO₂**, capace di orchestrare in modo flessibile la generazione elettrica, lo stoccaggio idroelettrico su grande scala, la produzione di **idrogeno rosa** e la desalinizzazione idrica su scala distrettuale. (anche come riserva idrica per l'agricoltura)

5.2 Architettura della Generazione Nucleare e Bilancio di Potenza

Il cuore del polo energetico è costituito da 4 reattori AP300 che operano in modo continuo (H24) a piena potenza.

- **Potenza Termica Totale:** 3.960 MWt (990 MWt per singolo reattore).
- **Output Elettrico Netto Costante:** **1.200 MWe stabili** (300 MWe per singola unità), con un rendimento termoelettrico netto del **33,3%**.

Mentre durante il giorno l'intera potenza (o la quasi totalità) può essere immessa direttamente in rete per coprire i picchi di carico industriale e civile, nelle **8 ore notturne a minor richiesta (off-peak)** l'energia viene interamente deviata per alimentare i tre vettori di stoccaggio e conversione: pompaggio idroelettrico, elettrolisi e desalinizzazione.

5.3 Il Sistema di Accumulo Idroelettrico a Grande Distanza

Sfruttando la capillarità della rete di trasmissione nazionale, la potenza elettrica notturna del polo viene trasmessa a grandi distanze per alimentare le stazioni di pompaggio di **4 bacini idrici appenninici**, così dislocati:

- **2 Bacini nel Nord Appennino** (a circa 300 km di distanza).
- **2 Bacini nel Sud Appennino** (a circa 300 km di distanza).

Logica di Funzionamento e Potenziamento del Picco

Ogni bacino è associato a una centrale idroelettrica di pompaggio e turbinamento da **800 MWe di targa** (per una capacità di picco potenziale complessiva di 3.200 MWe).

- **Fase Notturna (Accumulo):** I 4 reattori nucleari dedicano la massima quota flessibile della loro potenza notturna (~1.200 MW complessivi) per azionare le pompe dei 4 siti appenninici, sollevando l'acqua dai bacini inferiori a quelli superiori.
- **Fase Diurna (Rilascio):** Durante le ore di picco diurno, l'acqua accumulata viene turbinata. Rispettando il **rendimento globale del ciclo pari al 74,8%**, l'energia restituita di giorno permette di moltiplicare la potenza disponibile in rete, immettendo energia rinnovabile e pulita esattamente quando la domanda è massima. L'alimentazione simultanea di più centrali distanti garantisce una resilienza strategica e una stabilizzazione della rete del Centro-Nord e del Centro-Sud senza precedenti.

5.4 Produzione di Idrogeno Rosa (Vettore Energetico Decarbonizzato)

Durante le ore notturne, una quota parte definita di energia elettrica (dedotta quella destinata al pompaggio e ai dissalatori) viene convogliata verso un impianto di elettrolisi centralizzato per la produzione di **idrogeno rosa** (idrogeno generato da fonte nucleare).

- **Processo Industriale:** Utilizzando elettrolizzatori ad alta efficienza con un consumo specifico industriale stimato in **50 kWh/kg**, il polo trasforma l'eccedenza notturna in un combustibile ad altissimo valore aggiunto.
- **Impatto Ecologico e Mobilità:** L'idrogeno così prodotto si configura come un pilastro fondamentale per il totale abbattimento della CO₂. Può essere immesso nelle reti di trasporto gas regionali o stoccato per la **mobilità sostenibile**. L'utilizzo di questo combustibile nei motori a combustione interna o nelle celle a combustibile dei veicoli genera come unico sottoprodotto **vapore acqueo (H₂O)**, azzerando l'impatto ambientale dei trasporti nel bacino del Centro Italia.

6. Desalinizzazione H24 e Gestione delle Risorse Idriche

A differenza del pompaggio e dell'elettrolisi (ottimizzati per la notte), l'impianto di desalinizzazione a **Osmosi Inversa (RO)** ad alta efficienza opera in assetto **H24 (continuo)** per garantire stabilità termica e idraulica alle membrane del processo.

- **Alimentazione Elettrica Dedicata:** Il sistema assorbe una quota costante della potenza del polo (tra i 10 e i 12 MW elettrici totali H24).
- **Efficienza di Processo:** Con un consumo energetico specifico di **3,5 kWh/m³**, l'impianto è in grado di produrre decine di migliaia di metri cubi di acqua dolce al giorno.
- **Bilancio Idrico Netto:** Una frazione infinitesimale dell'acqua desalinizzata (~9 kg di H₂O per ogni kg di H₂ prodotto) viene consumata dal processo stechiometrico di elettrolisi notturna (previa ulteriore demineralizzazione). La quasi totalità dell'acqua prodotta costituisce un **output netto per il distretto**, utile per contrastare la siccità locale, rifornire i bacini idrici civili e supportare l'agricoltura e l'industria del Centro Italia.

6.1 Conclusioni sui Vantaggi del Modello Multi-Reattore

La centralizzazione di 4 reattori AP300 in un unico polo energetico accelera l'efficientamento economico e ingegneristico rispetto all'unità singola grazie a:

1. **Economie di scala** sui costi di installazione, sicurezza fisica (security), manutenzione e vettoriamento dell'energia.
2. **Flessibilità operativa totale**, consentendo di programmare le manutenzioni cicliche dei singoli reattori senza mai interrompere i flussi di pompaggio o di desalinizzazione idrica.
3. **Sinergia geografica perfetta**, agendo come baricentro energetico nazionale capace di pompare acqua contemporaneamente verso l'Appennino Tosco-Emiliano (Nord) e l'Appennino Abruzzese/Campano (Sud), bilanciando i flussi di carico del Paese.