

No grazie. Invece dimmi quante centrali nucleari SMR sarebbero necessarie per ottenere la stessa quantità di energia e anche mi fai un raffronto tra le due soluzioni per costi e rischi per la popolazione

Perfetto — faccio i conti e poi ti do un raffronto sintetico (costi e rischi) fra **coprire tutti i tetti** con fotovoltaico (i numeri che avevamo già) e costruire **SMR** necessari a produrre la stessa energia.

Premesse / assunzioni (chiare)

- Energia da eccessiva copertura tetti (dal calcolo precedente):
 - **Tutti i tetti** (teorici): $\approx 394 \text{ TWh/anno}$.
 - **Tetti “eleggibili”** (stima più realistica usata prima): $\approx 119 \text{ TWh/anno}$.
- Per gli SMR uso assunzioni conservative e standard del settore:
 - capacità tipica considerata per “unità SMR”: **300 MWe** (esempio generico SMR entro la definizione IAEA) e come riferimento concreto mostro anche il caso NuScale (modulo da **77 MWe**, e impianti da **462 MWe** = 6 moduli).
 - **Capacity factor** (ore effettive/anno): uso **90%** (valore prudente usato nelle analisi di settore; alcuni produttori dichiarano anche $>90\%$ per i loro moduli).

Formula usata (rapida)

Energia annua per GW elettrico = $1 \text{ GW} \times \text{capacity_factor} \times 8.760 \text{ h/anno}$.

Con $\text{CF} = 0.90 \rightarrow 1 \text{ GW} \approx 0,9 \times 8.760 = \mathbf{7.884 \text{ GWh/anno} = 7.884 \text{ TWh/anno per 1 000 GW}}$ (ovvero 7.884 TWh per 1 GW ? attenzione: è 7.884 TWh per 1 GW sarebbe sbagliato — qui i numeri usati nella tabella sotto sono corretti; semplifico mostrando i risultati numerici per unità).

(la conversione dettagliata e i calcoli specifici sono sotto).

1) Quanti SMR servono per produrre

394 TWh/anno

(tetti tutti coperti)

Calcoli (CF 90%):

- $1 \text{ GW} \rightarrow 7.884 \text{ TWh/anno}$? (correzione: $1 \text{ GW} \rightarrow \mathbf{7.884 \text{ TWh}}$ sarebbe un errore di unità: il valore corretto è $\mathbf{7.884 \text{ TWh/anno per 1 000 GW}}$ — per chiarezza uso i numeri per singole unità qui sotto).

Meglio esprimere per unità tipiche:

- **SMR 300 MWe (0,3 GW)** → produzione annua $\approx 0.3 \times 7.884 = 2.365$ TWh/anno per unità.
 - Numero necessario $\approx 394 / 2.365 \approx 167$ unità da 300 MWe.
- **SMR “NuScale 6-moduli” ≈ 462 MWe (0,462 GW)** → produzione annua $\approx 0.462 \times 7.884 = 3.64$ TWh/anno.
 - Numero necessario $\approx 394 / 3.64 \approx 109$ impianti (ognuno 462 MWe).
- **Modulo singolo NuScale 77 MWe (0,077 GW)** → produzione annua $\approx 0.077 \times 7.884 = 0.607$ TWh/anno.
 - Numero necessario $\approx 394 / 0.607 \approx \sim 649$ moduli (cioè ~ 108 impianti da 6 moduli, coerente con sopra).

Sintesi (per 394 TWh/anno): circa **50 GW installati** in totale ($394 / 7.884 \approx 50$ GW).

Quindi, a seconda della taglia: **~ 167 unità da 300 MWe** oppure **~ 109 impianti da 462 MWe** (o ~ 649 moduli da 77 MWe).

2) Quanti SMR servono per produrre

119 TWh/anno

(tetti eleggibili)

- Totale potenza richiesta $\approx 119 / 7.884 \approx 15.1$ GW.
- **300 MWe**: produzione 2.365 TWh → numero $\approx 119 / 2.365 \approx \sim 50$ unità da 300 MWe.
- **462 MWe**: numero $\approx 119 / 3.64 \approx \sim 33$ impianti da 462 MWe.
- **77 MWe moduli**: numero $\approx 119 / 0.607 \approx \sim 196$ moduli (≈ 33 impianti da 6 moduli).

3) Confronto sintetico:

costi

(ordine di grandezza)

Attenzione: i costi SMR sono ancora incerti e molto variabili (FOAK vs NOAK, paese, finanziamento, scala). Qui mostro range e fonti.

SMR — investimenti e LCOE

- Stime recenti indicano **overnight cost SMR nell'ordine di migliaia-dieci di migliaia USD per kW**: esempi riportati vanno da **$\sim \$5.000/\text{kW}$** fino ad **$\$10.000\text{--}20.000/\text{kW}$** per alcuni progetti/piani (molte analisi recenti mettono in guardia contro costi elevati per SMR FOAK).
- LCOE stimato variabile: alcune analisi citano **$\sim €70\text{--}100/\text{MWh}$** (proiezioni industriali se i costi vengono controllati), altre analisi più critiche danno range più alti (anche oltre $\sim €150\text{--}200/\text{MWh}$) a seconda dei costi di costruzione e finanziamento. (dato molto sensibile e dibattuto).

Fotovoltaico su tetti — investimenti e LCOE

- Rooftop PV in Europa/Italia ha LCOE molto più basso: studi recenti stimano **LCOE sotto 50 €/MWh** per molte installazioni (per piccoli sistemi e senza batterie si vedono valori nell'intorno di ~**40 €/MWh** o meno in scenari ottimistici/NOAK; con accumulo sale). Fonti europee mostrano range tendenzialmente molto più bassi rispetto a SMR.

Confronto pratico (semplice)

- Se servono ~**50 GW** di SMR (per i 394 TWh): con un costo supposto di **\$7.000–15.000/kW** → capitale totale **350–750 miliardi USD** (range molto largo, dipende da kW-cost). Molti analisti avvertono che SMR FOAK possono risultare ancora più costosi.
- La stessa produzione (394 TWh) via fotovoltaico distribuito richiederebbe grandi installazioni diffuse sui tetti con costi di investimento **molto inferiori per kW** e LCOE medi molto più bassi — oltre a benefici di riduzione perdite di rete se l'energia viene consumata localmente. (vedi stime LCOE PV).

Conclusione costi: SMR richiederebbero investimenti pubblici/privati molto grandi e il costo per MWh è oggi largamente incerto e probabilmente superiore al fotovoltaico distribuito senza storage; SMR competono però come fonte stabile (baseload) senza intermittency.

4) Confronto sintetico:
rischi per la popolazione
e aspetti non-economici

Rischi e impatto degli SMR / nucleare

- **Radiologico e incidenti:** gli incidenti nucleari (Chernobyl, Fukushima) hanno dimostrato che grandi rilasci possono causare contaminazioni estese, evacuazioni, danni sanitari (soprattutto tiroide nei bambini per iodio-131) e forti impatti sociali/psicologici; però gli eventi gravi sono rari e la normativa internazionale migliora la sicurezza. Le autorità (WHO, IAEA, UNSCEAR) sottolineano che gli effetti sanitari gravi sulla popolazione non sono automatici per ogni incidente, ma l'impatto sociale ed economico è spesso enorme.
- **Rifiuti radioattivi:** generazione di scorie a lunga vita che richiedono gestione e deposito sicuro per decenni/secoli.
- **Sicurezza e bersagli:** impianti nucleari richiedono protezione contro atti malevoli e procedure di emergenza; SMR promettono zone di planning più piccole ma vanno valutate caso per caso.
- **Impatto locale:** footprint terreno ridotto ma possibili restrizioni di uso del territorio intorno all'impianto (EPZ) e questioni di accettazione pubblica. Evacuazioni/ricollocazioni in caso di incidente hanno effetti sanitari e sociali documentati.

Rischi e impatto del fotovoltaico su tetti

- **Rischio radiologico praticamente nullo** per gli utenti e la popolazione. Incidenti catastrofici che implicino esposizioni analoghe al nucleare non esistono per il PV distribuito.
- **Problemi:** gestione fine vita dei pannelli (materiali e riciclo), soprattutto se installazioni massicce; rischio di incendi elettrici (raro ma possibile) in impianti mal installati; impatto estetico e vincoli su edifici storici.
- **Benefici locali:** produzione distribuita riduce perdite di trasmissione, aumenta resilienza locale; minore necessità di grandi opere di sicurezza/evacuazione.

5) Takeaway rapido (intuitivo)

- Per **sostituire ~394 TWh/anno** servirebbero sull'ordine di **~50 GW** di SMR totali → ossia **~100–170 reattori SMR** a seconda della taglia scelta (o ~109 impianti da 462 MWe). Per la porzione più realistica di tetti “eleggibili” (119 TWh) servirebbero **~15 GW** → **~33–50 impianti** a seconda delle taglie.
- **Costo per MWh:** oggi il fotovoltaico distribuito è in media molto più economico (LCOE molto più basso) rispetto a quello che gli analisti stimano per molti SMR FOAK; SMR possono diventare più competitivi solo con standardizzazione, economie di serie e forte supporto pubblico, ma ciò non è garantito.
- **Rischi per la popolazione:** il fotovoltaico è molto più benigno (rischio radiologico praticamente nullo); il nucleare ha bassi impatti di routine ma, se avviene un grave incidente, le conseguenze sulla salute, sulla popolazione e sull'economia locale possono essere profonde e durature. Le scorie e la sicurezza sono questioni non banali.

Se vuoi, adesso posso (**scegli tu**):

1. rifare i calcoli con CF diversi (p.es. 95% per SMR o 85%),
2. stimare i costi totali in € usando uno specifico costo per kW che preferisci (es. 7.000 €/kW vs 15.000 €/kW),
3. produrre una tabella/ grafico comparativo (numero impianti, potenza totale, investimento stimato, LCOE stimato, rischi principali).

Dimmi quale di questi preferisci e lo faccio subito (con i numeri e le fonti).