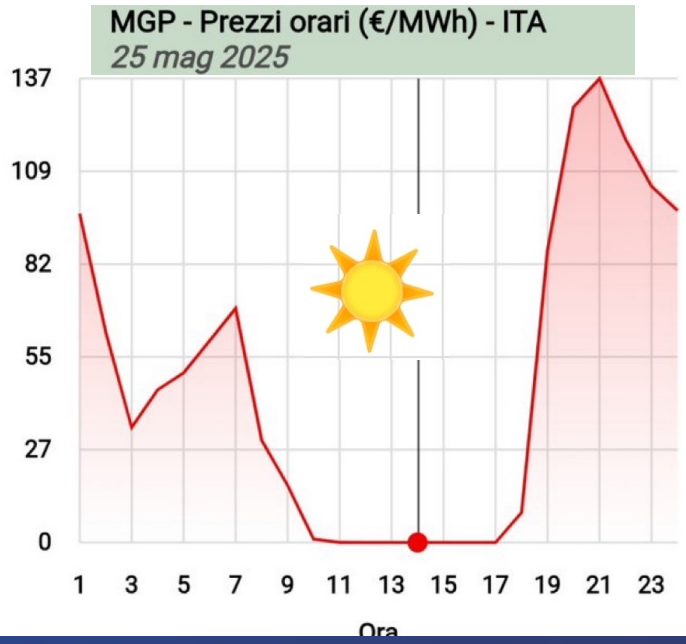
Qual è il mix di generazione più efficiente per abbassare emissioni e bollette dell'energia elettrica in Italia?

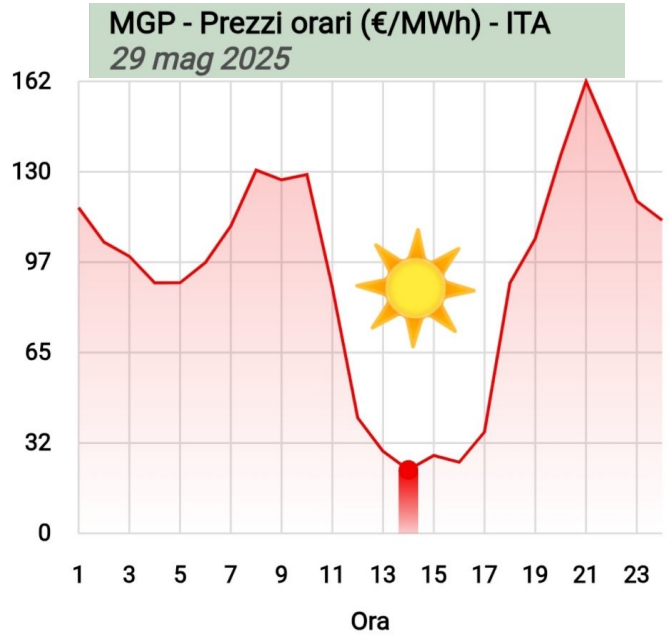
G. Zollino, C. Bustreo, M. Agostini, U.Giuliani

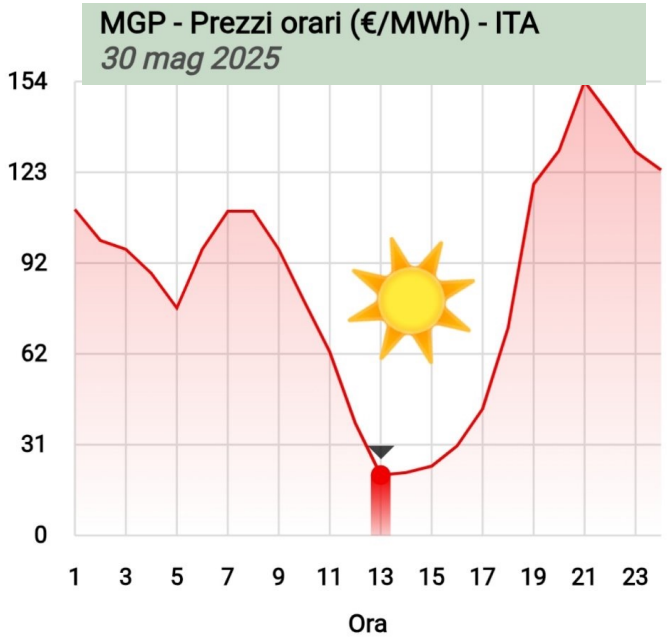
Università di Padova, Consorzio RFX

Prezzi in borsa a maggio 2025

- **Oggi in Italia sino installati 42 GW di impianti fotovoltaici, che producono in modo discontinuo e tutti contemporaneamente nelle stesse ore;**
- **e 12 GW di impianti eolici, anch'essi discontinui e contemporanei.**
- **Spesso impianti eolici e fotovoltaici sono anche contemporanei tra loro**
- **A maggio 2025 i prezzi molto bassi nelle ore centrali indicavano che siamo già vicini al limite oltre il quale ulteriori impianti fotovoltaici produrrebbero energia inutilizzabile, che tuttavia viene remunerata con tariffe e incentivi.**
- **Ma il PNIEC punta ad aggiungere entro il 2030 ulteriori 50 GW fotovoltaici e 10 GW eolici**





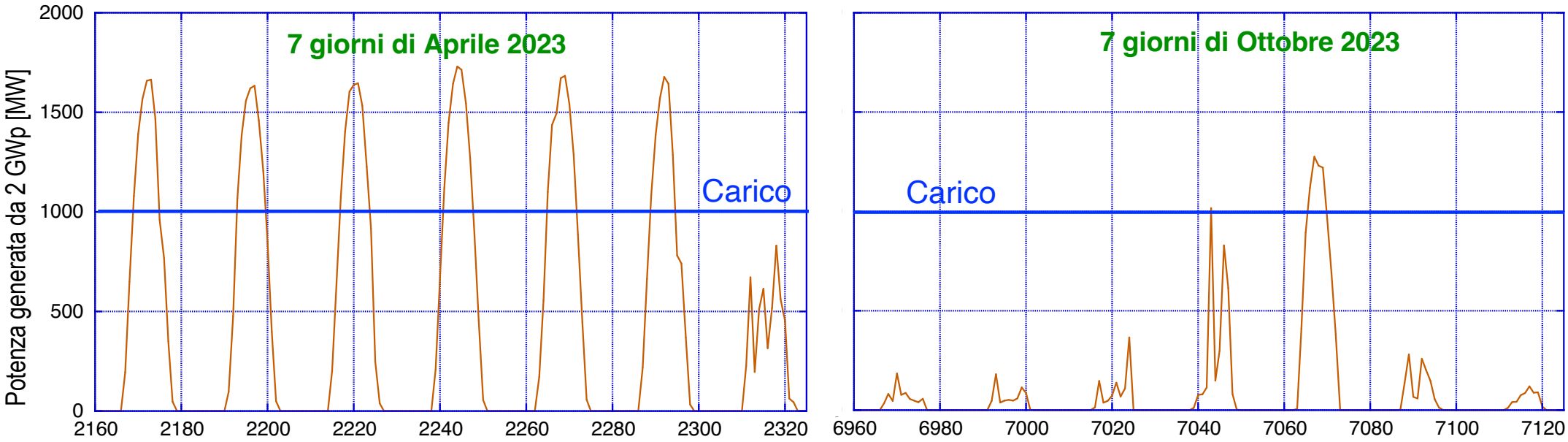


Come produrre 1 GW elettrico continuo con fotovoltaico, gas e batterie in Nord Italia

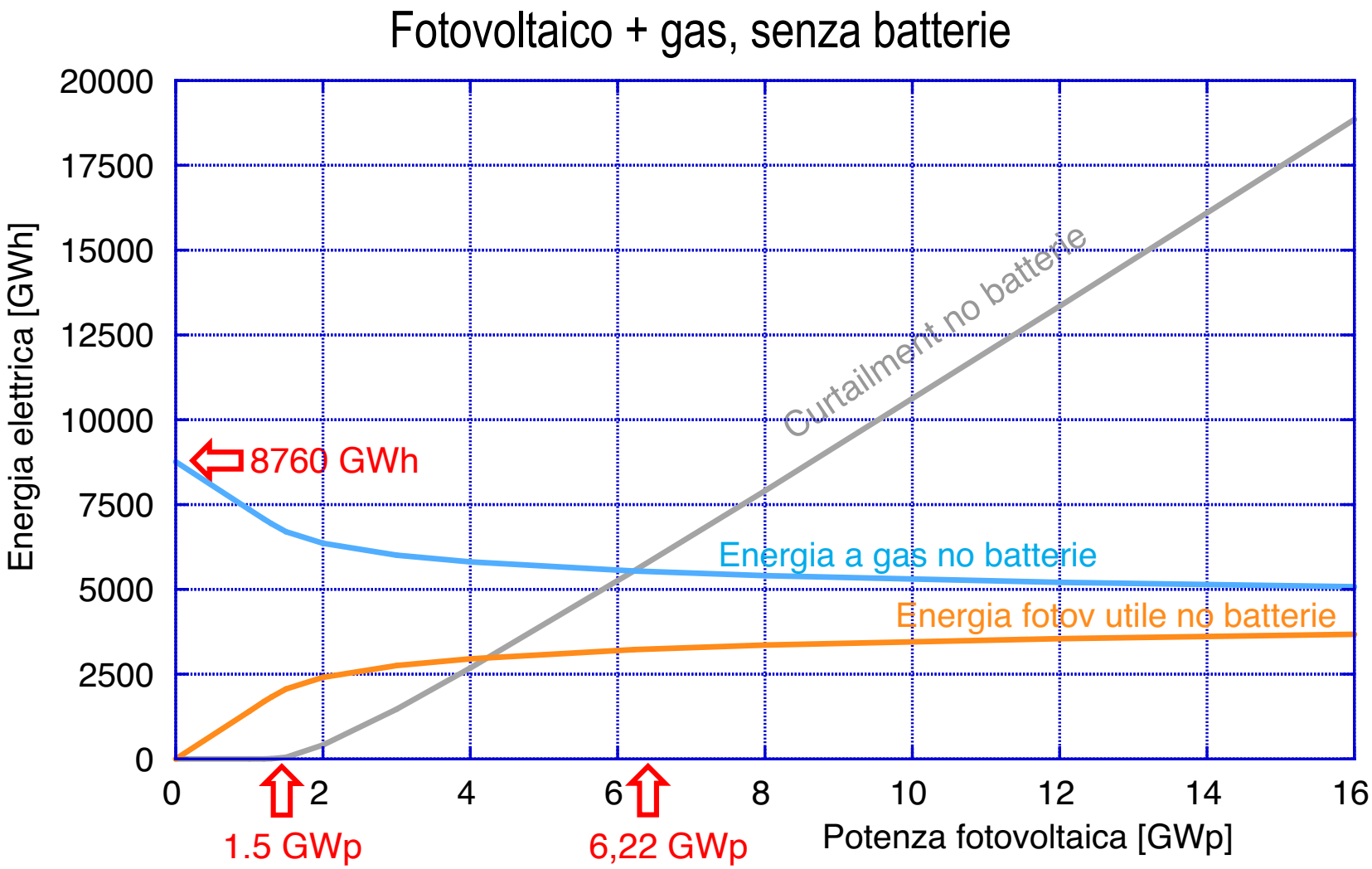
Supponiamo di dover alimentare un carico industriale continuo da 1GW in Lombardia.

Proviamo 3 alternative:

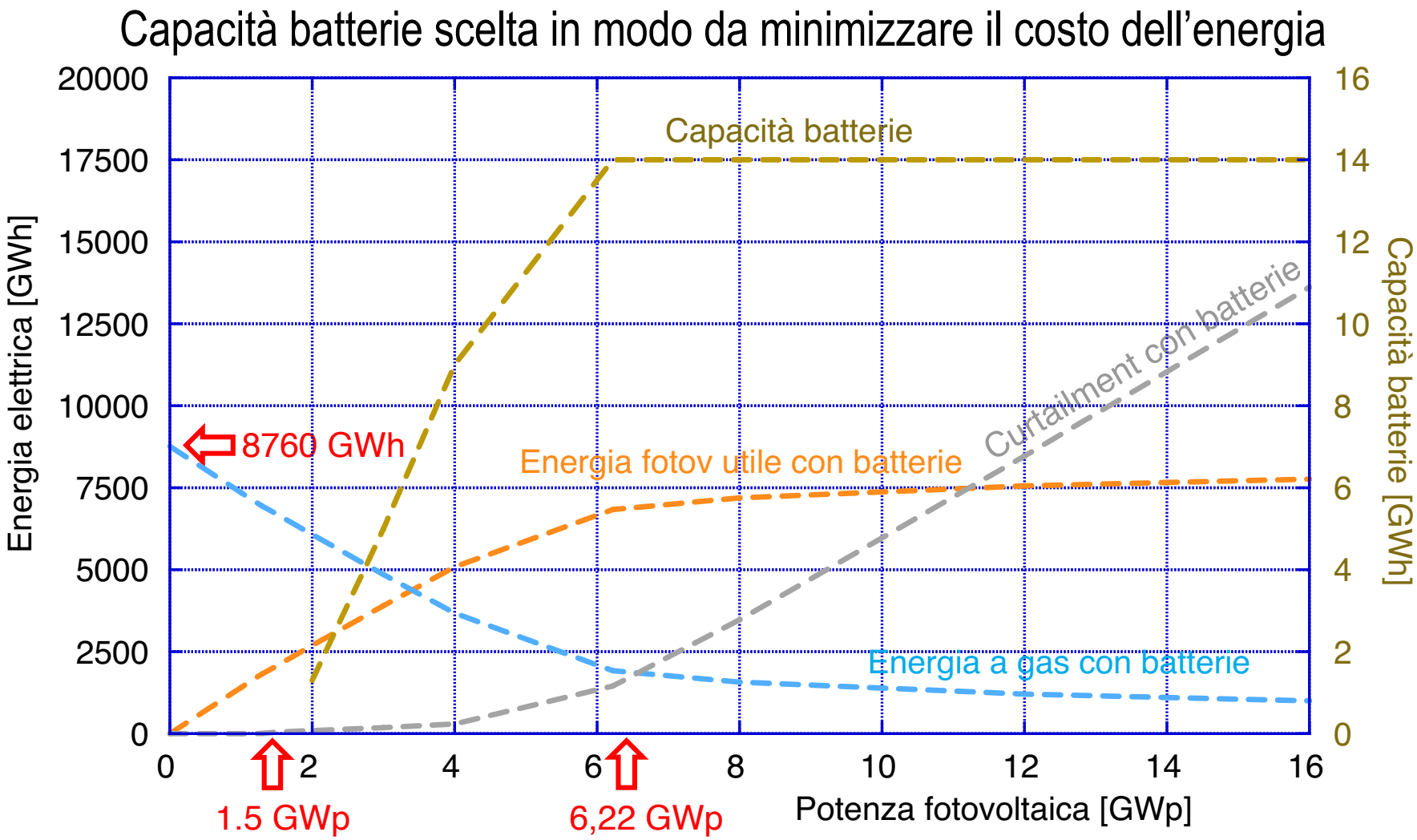
1) Un impianto fotovoltaico + una centrale elettrica da 1 GW con ciclo combinato a gas;
2) Come 1) + batterie;
3) Una centrale nucleare con a) un reattore di 1 GW, oppure b) 4 reattori di 250 MW.



Fotovoltaico + gas, senza batterie

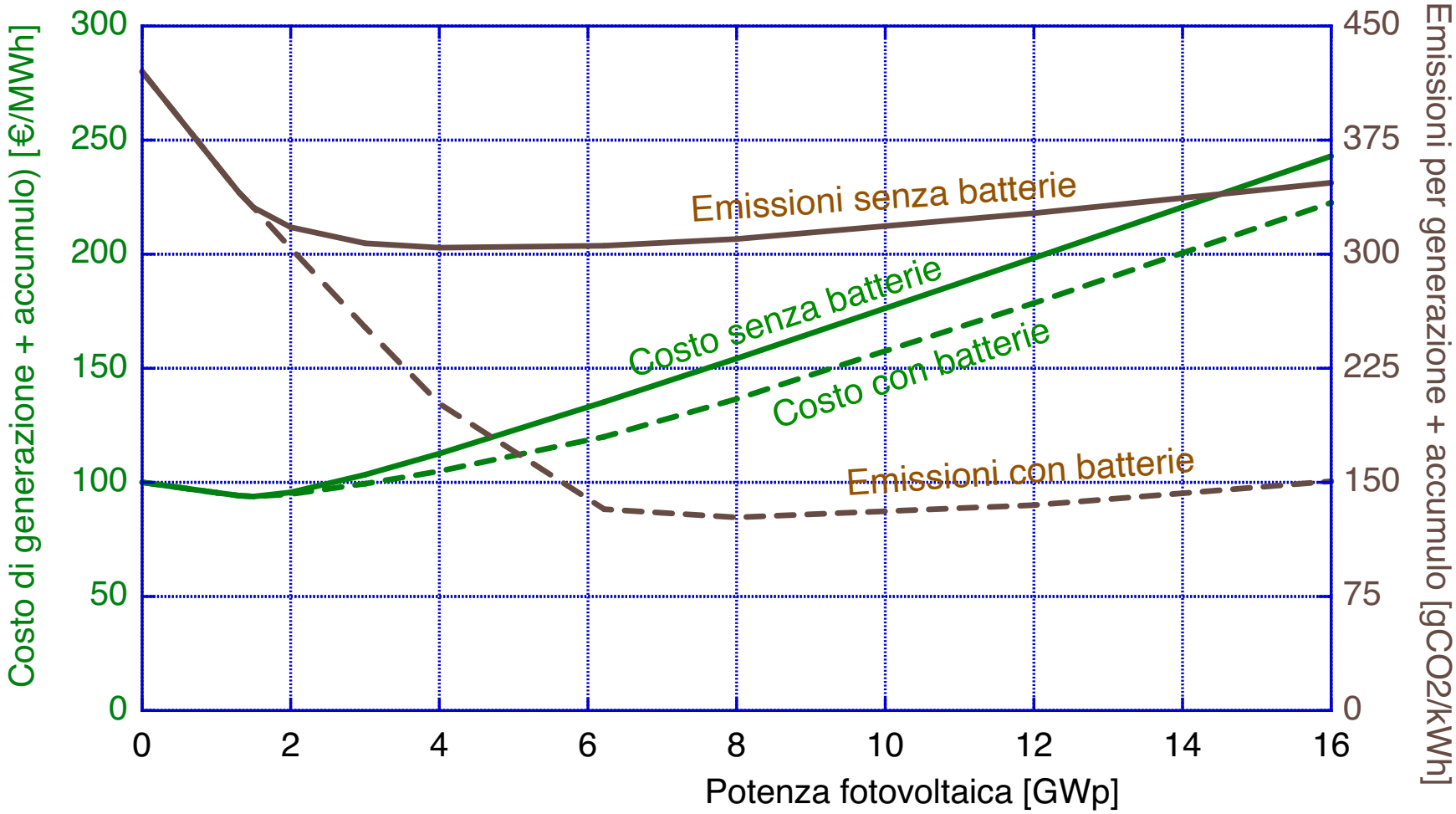


fotovoltaico + gas, con batterie



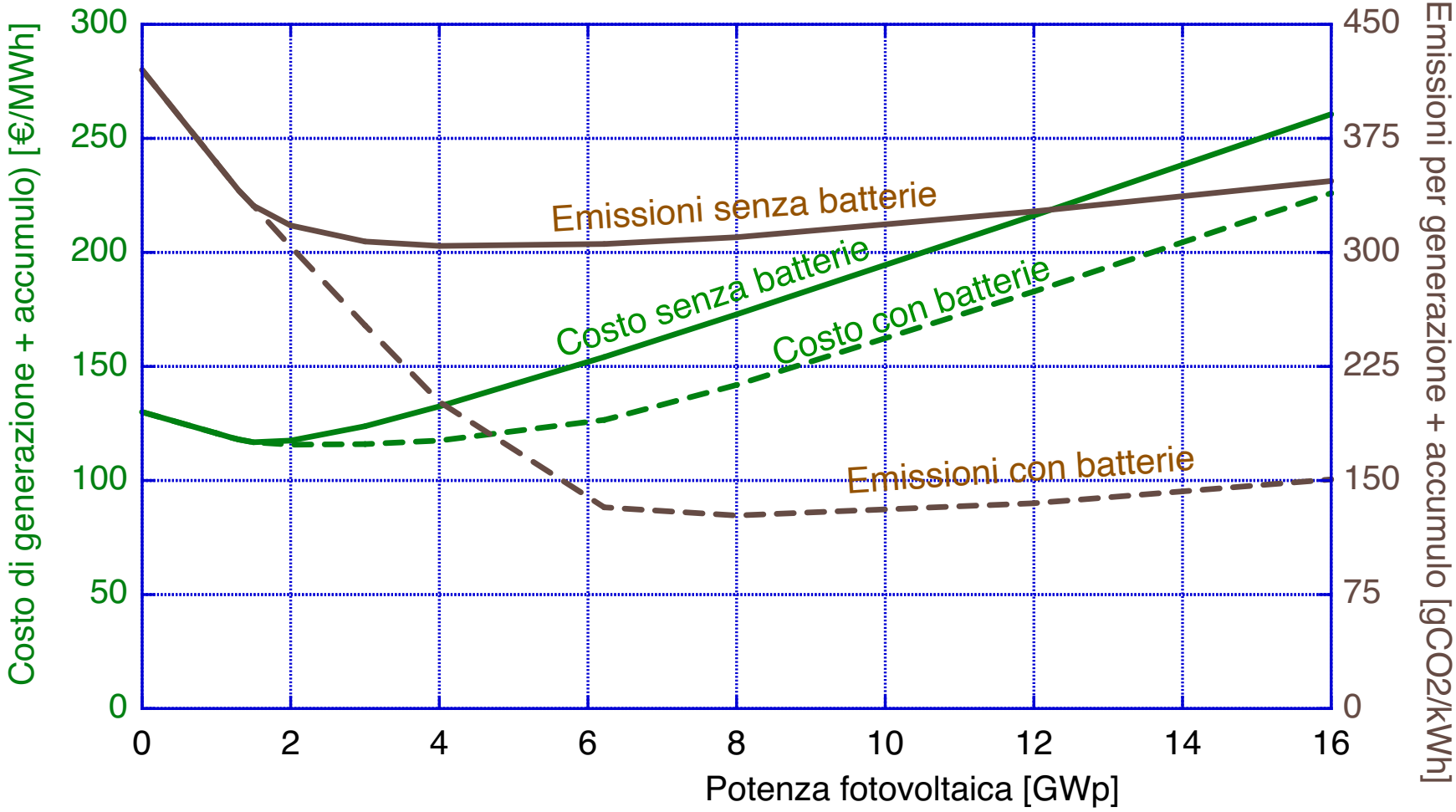
Costi ed emissioni del mix fotovoltaico + gas, con e senza batterie 1/2

Costi con gas a 30 €/MWh, ETS a 80 €/ton, PV a 72 €/MWh, batterie a 13 €/kWh anno



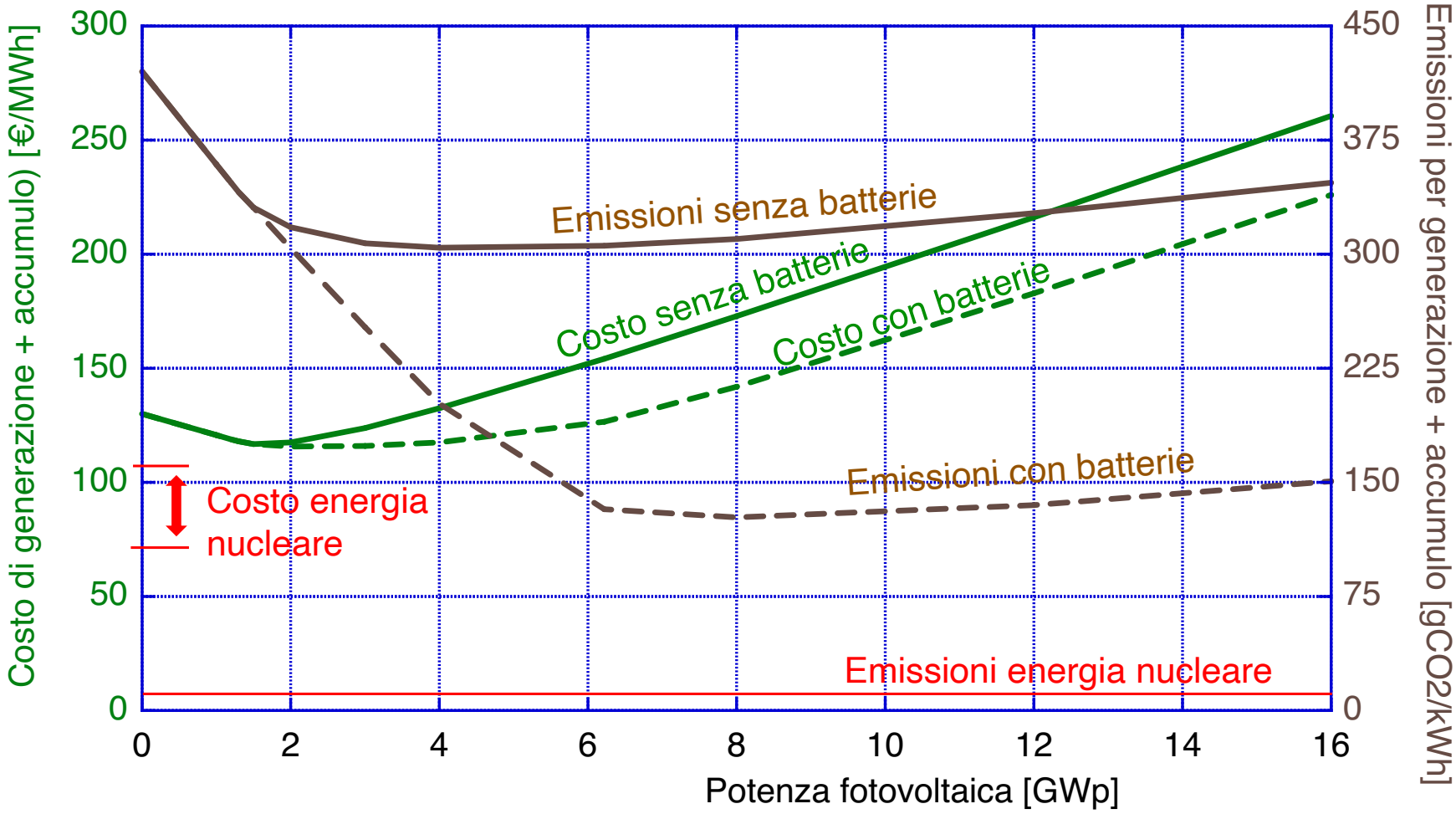
Costi ed emissioni del mix fotovoltaico + gas, con e senza batterie 2/2

Costi con gas a 40 €/MWh, ETS a 100 €/ton, PV a 72 €/MWh, batterie a 13 €/kWh anno



Costi ed emissioni del mix fotovoltaico + gas, con e senza batterie 2/2

Costi con gas a 40 €/MWh, ETS a 100 €/ton, PV a 72 €/MWh, batterie a 13 €/kWh anno



CAPEX e OPEX nucleare

Tabella1. Capex dei reattori nucleari secondo IEA

CAPEX nucleare ($/kW)	2023	2030	2050
Europa	6600	5100	4500
USA	5000	4800	4500
Cina	2800	2800	2500
India	2800	2800	2800
Corea del Sud	2200		
Giappone	4000		

Tabella 2. Parametri rilevanti per il calcolo dei costi operativi di una centrale nucleare

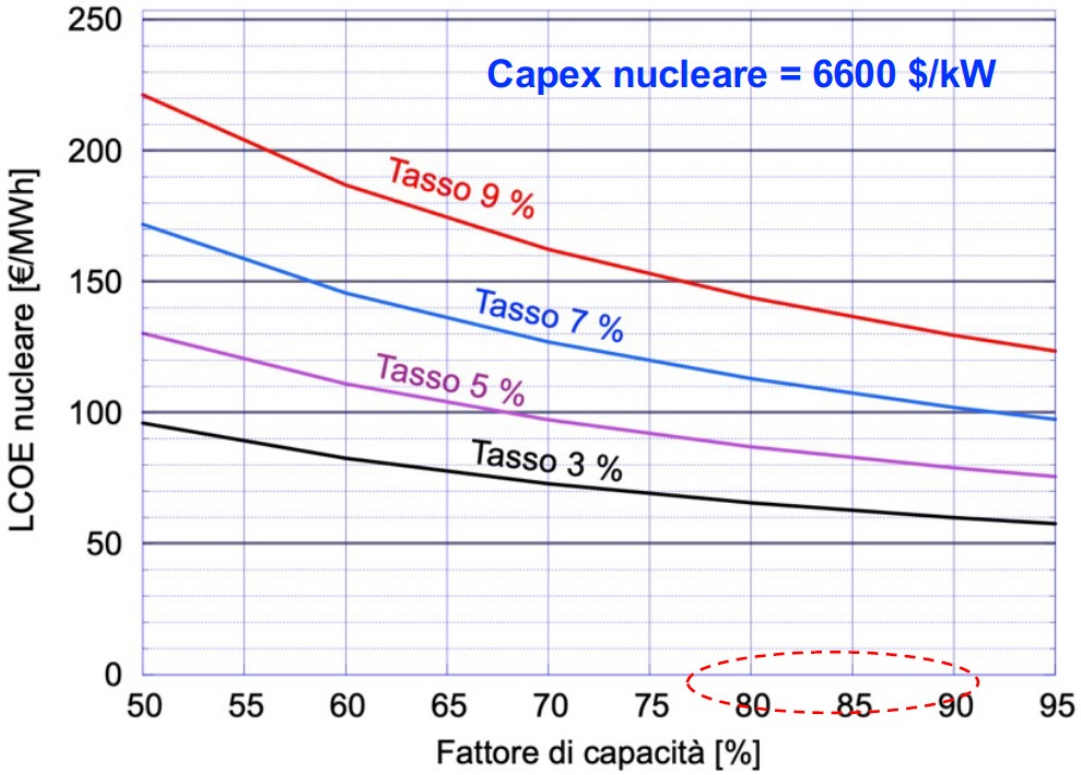
Combustibile					
arricchimento	burnup	costo arricchimento	prezzo uranio naturale	costo fabbricazione	costo back-end
5 %	60 MWd/kg	100 $/SWU	140 $/kg	300 $/kg U_{arr}	3000 $/kg U_{arr}

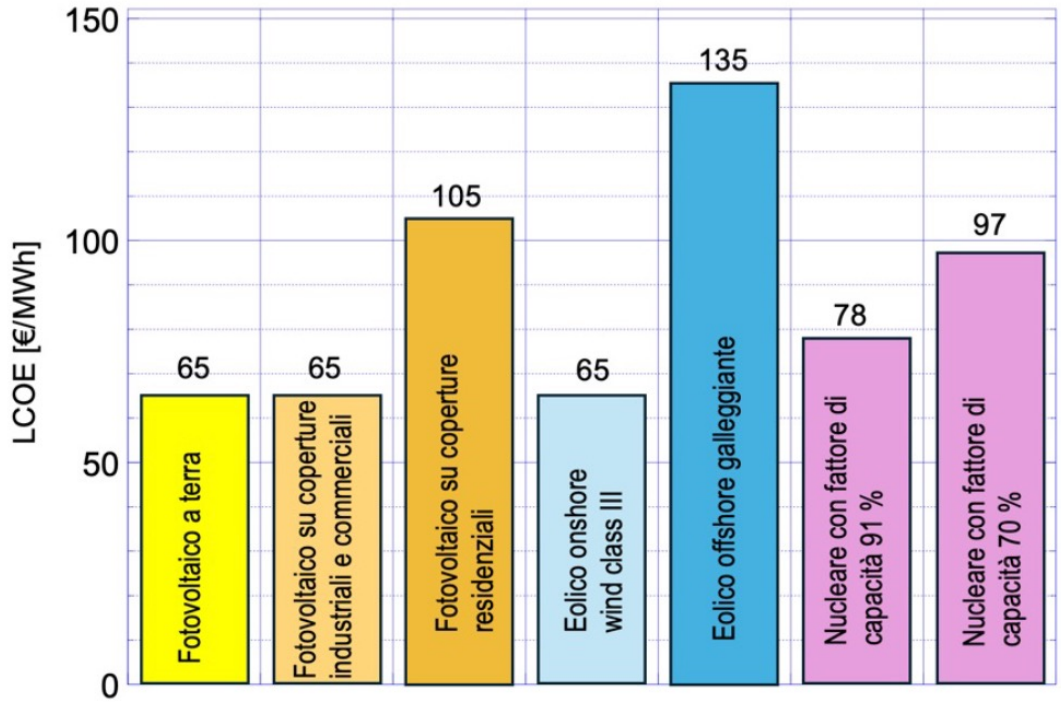
Decommissioning			
costo decommissioning	differimento	rendimento netto accantonamento	Accantonamento annuo
1000 $/kW	10 anni	1,2 %	10 $/kW a

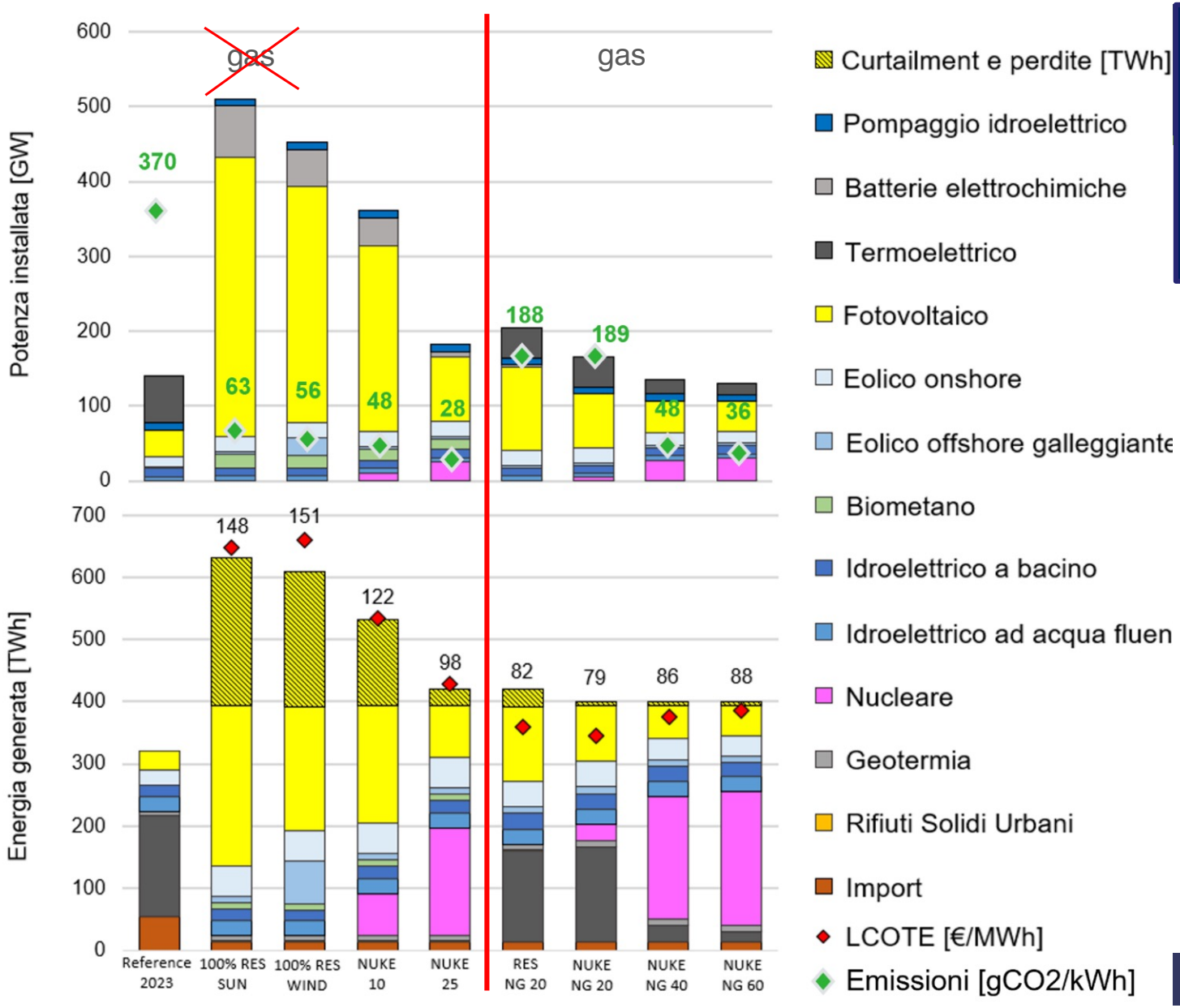
Altri costi operativi	
costi fissi (costi tecnici, personale, coperture assicurative)	Altri costi variabili
80 $/kW a	0,005 $/kWh

Scenari elettrici italiani al 2040: domanda 400 TWh come previsto dal PNIEC

LCOE







Scenari elettrici italiani al 2040: domanda 400 TWh come previsto dal PNIEC