

Il modello aveva ragione. Ma non abbastanza.

Rischio energetico quando il futuro non assomiglia al passato

Un'analisi didattica e data-driven sul mercato elettrico italiano. Un modello di rischio costruito a fine 2020 con sei anni di prezzi reali, messo di fronte al 2022: che cosa vedeva, che cosa non poteva vedere, e che cosa cambia per un'azienda che compra, vende e copre energia.

4.289 giorni di prezzi reali (2015-01-01 / 2026-09-30), 4 mercati, 50.000 simulazioni.

Fabio Mencio

Energy & AI Specialist | Digital Transformation, Data, Automation

15 anni di esperienza nel settore Energy & Utilities

fabio-mencio.vercel.app

1. La domanda

Quanto possiamo fidarci di un modello di rischio costruito sul passato, quando il futuro entra in un regime che il modello non ha mai osservato?

Il passato è indispensabile per misurare, confrontare e costruire modelli. Ma il passato non contiene necessariamente il prossimo shock. Un modello può conoscere molto bene ciò che è già successo: come può assegnare una probabilità corretta a qualcosa che nei suoi dati non è mai successo?

Il caso è un'azienda che compra 10 GWh di energia elettrica all'anno sul mercato italiano. Il momento è il 31 dicembre 2020. Si costruisce il modello con i soli dati disponibili allora, poi si guarda che cosa è successo.

Due distinzioni reggono tutto il lavoro. Previsione: che cosa pensiamo possa succedere. Gestione del rischio: che cosa facciamo se ciò che pensiamo non succede. E: calcolare il rischio è un numero con le sue ipotesi; gestirlo è decidere quanto dipendere da quel numero.

2. Dati

Quattro serie, tutte reali e pubbliche. Nessun dato inventato.

serie	fonte (file)	produttore de...	frequenza	periodo
prezzo day-ahead, 4 mercati	Ember	ENTSO-E	giornaliera	2015-2026
domanda e generazione, Italia	Ember	Ember	mensile	dal 2016
temperatura, 4 città	Open-Meteo	ECMWF (ERA5)	giornaliera	dal 2015
gas PSV, PUN Index	progetto geme...	GME	mensile	dal 2021

In totale 4.289 giorni di prezzi e 141 mesi. La serie Ember è il prezzo di borsa, ponderato sul carico: non è il PUN Index con cui si regolano i contratti indicizzati, dal quale diverge dal 2025 fino a 20,8 €/MWh in un mese. Le conclusioni valgono per il prezzo di mercato. Il profilo di consumo è piatto: i livelli di costo sono una sottostima, i confronti no.

3. Che cosa sapeva il modello il 31 dicembre 2020

L'insieme informativo è congelato. Alla data della decisione il modello conosce sei anni di mercato (2015-2020, 72 mesi), compreso il crollo del Covid. Non conosce la salita del gas dal luglio 2021, l'invasione, i 544 €/MWh dell'agosto 2022. Un test automatico taglia la serie alla data della decisione e verifica che la stima non cambi di un centesimo.

Il metodo è un bootstrap dei rendimenti mensili 2015-2020: 50.000 anni possibili, a partire dal prezzo di dicembre 2020 (54,1 €/MWh, budget 540.684 €).

Nel campione di calibrazione non c'era nessun segnale di code grasse: il VaR storico e quello normale danno lo

stesso numero e il test di normalità non rifiuta ($p = 0,78$). Chi avesse scelto code pesanti nel 2020 lo avrebbe fatto per convinzione, non per evidenza.

4. Il Value at Risk

misura	valore	sul budget
VaR 95%	911.201 €	+69%
VaR 99%	1.129.272 €	+109%
peggiore di 50.000 simulazioni	1.998.616 €	+270%

«VaR 99% = 1,13 milioni di euro» non significa «non pagherò mai più di tanto». Significa: secondo questo modello e le sue ipotesi, il 99% degli esiti considerati resta entro quella soglia. Restano due domande che il numero non contiene: che cosa succede nell'1% rimanente, e che cosa succede se la distribuzione futura non è quella stimata sul passato.

Il modello non diceva «andrà tutto bene»: diceva che il costo poteva raddoppiare. Era una risposta seria.

5. Il backtest, e quello che non dice

VaR mensile stimato sul 2015-2020 e messo alla prova sui 69 mesi dal 2021.

test	VaR 95%	VaR 99%
sfondamenti osservati / attesi	5 / 3,5	4 / 0,7
Kupiec (copertura incondizionata), p	0,42: non bocciato	0,006: bocciato
Christoffersen (indipendenza), p	0,34	
sfondamenti dentro la finestra di crisi	5 su 5	4 su 4
probabilità che accada per caso	1 su 967	1 su 223
eccesso medio oltre la soglia	18 punti	

Il test di Kupiec (1995) conta quante volte il modello sbaglia. Al 95% non lo boccia. Non guarda quando sbaglia né quanto: i cinque sfondamenti cadono tutti nei 19 mesi di crisi, e la probabilità che succeda per caso è una su 967. Il test di indipendenza di Christoffersen (1998) va nella stessa direzione (la probabilità di sfondare dopo uno sfondamento è 0,20, contro 0,06 dopo un mese calmo) ma con cinque eventi non ha potenza.

Dieci errori in dieci anni distribuiti uno all'anno e dieci errori di fila hanno lo stesso valore di Kupiec. Per un'azienda non sono lo stesso rischio. Non basta contare quante volte il modello sbaglia. Conta anche quando, quanto, e se gli errori si concentrano proprio quando l'azienda è più vulnerabile. «Statisticamente non rifiutato» non vuol dire «sicuro».

6. Limiti del test

Kupiec stesso avverte che con campioni piccoli i test di verifica hanno poca potenza, e 69 mesi sono pochi. I test asintotici (chi quadro) con 4-5 eventi sono indicativi. Il conto sulla concentrazione è esatto (ipergeometrico), ma dipende da come è definita la finestra di crisi: qui la mette un rilevatore automatico di rottura strutturale, non una scelta a mano. La crisi nel campione è una sola.

7. Expected Shortfall

Il VaR risponde a «dove finisce la zona normale?». L'Expected Shortfall risponde a «se ne usciamo, quanto male va in media?».

	valore
VaR 99%	1.129.272 €
Expected Shortfall 99%	1.269.618 €
costo reale 2021	1.250.158 € (0,98 volte l'ES 99%)
costo reale 2022	3.030.904 € (2,7 volte il VaR 99%)

Nel 2021 l'ES 99% ha quasi centrato il costo reale, che il VaR 99% sottostimava: guardare dentro la coda ha aggiunto informazione vera. Nel 2022 ha sbagliato quanto il VaR: la distribuzione intera si era spostata.

Che il problema sia riconosciuto fuori dall'energia lo dice la regolamentazione bancaria: con la revisione del portafoglio di negoziazione (FRTB, Comitato di Basilea, 2016) il requisito di capitale è passato dal VaR al 99% all'Expected Shortfall al 97,5%, perché il VaR non cattura la severità oltre il quantile. Non è un progetto bancario: il riferimento serve a dire che la domanda «quanto pesa la coda?» non è un dettaglio accademico.

8. Cambi di regime

Un rilevatore automatico di rottura strutturale mette due rotture: 2021-07 (la media passa da 50 a 149 €/MWh) e 2023-02 (da 238 a 121). La crisi, nei dati, comincia sei mesi prima dell'invasione, con la salita del gas dell'estate 2021, coerentemente con la cronologia di ACER e IEA.

regime	mesi	prezzo medio €/MWh	volatilità mensile
2015-2019 mercato normale	60	52	13%
2020 Covid	12	39	19%
2021 ripresa e tensione gas	12	125	12%
2022 crisi	12	303	33%
2023 rientro	12	127	17%
2024-2026 nuovo equilibrio	33	123	10%

Il 2022 viene dalla stessa distribuzione del 2015-2020? Sui livelli no: tutti e 12 i mesi stanno sopra il massimo mai visto, a 23 deviazioni standard dalla media. Sulle variazioni mensili, che sono ciò su cui il modello è calibrato, con dodici osservazioni il test di Kolmogorov-Smirnov non riesce a distinguerle ($p = 0,19$). Il modello guardava le variazioni, e su quelle non ha sbagliato molto. È cambiato il livello, e il livello è quello che si paga.

Quindi il modello era sbagliato? Non necessariamente. Il coefficiente con cui il prezzo elettrico segue il gas è passato da 0,71 a 0,85, e l' R^2 da 0,79 a 0,98: in crisi il modello spiegava il prezzo meglio, con un coefficiente diverso. Italia-Germania sale da 0,64 a 0,90, Italia-Spagna crolla da 0,80 a 0,28. Un modello sbagliato si corregge. Un processo che cambia si gestisce.

9. Stress test e scenari

Simulazione: parametri misurati sui dati reali, percorsi generati. Nessuno scenario ha una probabilità.

Partenza dal livello di oggi (181 €/MWh, budget 1,81 milioni di euro).

scenario	costo mediano	sul budget
Base, nessuna tendenza	1.824.012 €	+1%
Gas ×2	2.408.098 €	+33%
Gas ×2 e domanda +10%	2.445.725 €	+35%
Gas ×4	3.238.487 €	+79%
Gas ×4 con i coefficienti della crisi	3.674.007 €	+103%
La salita del 2021-22 rigiocata (scenario storico)	4.615.299 €	+154%

Un raddoppio del gas porta il costo a +33%; un gas ×4 a +79%; lo stesso ×4 con i coefficienti della crisi a +103%: un quarto del rischio, lì, non sta nello shock ma nel fatto che il sistema reagisce di più. Lo scenario storico è il peggiore: i dodici mesi dopo la rottura di luglio 2021, rigiocati dal livello di oggi, costano 4,62 milioni di euro. Non è una simulazione: è successo. Il dato più fastidioso del dataset è quello da cui imparare di più.

10. Reverse stress test

Si parte dal risultato che non vogliamo e si risale a che cosa deve succedere.

soglia	probabilità nel mod...	gas necessario (pass...	gas necessario (in cr...
1.5× budget	10,16% (1 su 10)		
2× budget	1,49% (1 su 67)		
3× budget	0,04% (1 su 2.632)		
4× budget	0,00% (0 su 50.000)		

Per un costo doppio serve un rialzo elettrico del 100%, che richiede un gas $\times 2,7$ ($\times 2,3$ con i coefficienti di crisi); il modello del 2020 dava a quell'esito 1 probabilità su 67. Per un costo quadruplo: gas $\times 7,1$, zero simulazioni su 50.000. Il gas, fra gennaio 2021 e la media 2022, è andato $\times 6,1$. Il costo, $\times 5,6$.

Un raddoppio del gas non bastava a rompere il budget; ne serviva quasi un triplo; ne è arrivato un sestuplo. È una risposta che si confronta con la storia, non con una probabilità che nessuno può verificare.

11. Cosa significa per un'azienda

Treasury. Chi si copre con un contratto a termine paga ogni giorno la differenza fra prezzo fissato e mercato sul volume residuo. Un compratore che avesse fissato dodici mesi ad 2022-08 a 544 €/MWh avrebbe dovuto versare 3,05 milioni di euro di margini in 2 mesi mentre il prezzo scendeva: il 56% del costo coperto. Un produttore che avesse venduto a termine a 2022-05 a 230: 2,61 milioni di euro, il 114% del ricavo. Entrambi avevano ragione sul prezzo. Nel 2022 ESMA e Commissione europea hanno ampliato il collaterale ammesso proprio per questo; la BCE riporta margini iniziali raddoppiati. Hedged non vuol dire liquidity-risk-free.

Procurement. Quanto coprire è una scelta su quale rischio tenere, non su quale eliminare. Tutto a mercato: 1,88 milioni di euro nel caso base, 4,62 milioni di euro nella salita rigiocata. Tutto a prezzo fisso: 1,81 milioni di euro in ogni scenario, ma se il mercato scende non lo vede; con un premio del 20% sul fisso, la copertura totale smette di essere la più economica in media.

Pricing e retail. Chi vende a prezzo fisso per 12 o 24 mesi incorpora forward, premio di rischio e margine di sicurezza, e il rischio non finisce alla firma: restano previsione dei consumi, churn, forma del profilo.

Portfolio. Le correlazioni non sono costanti: una matrice del 2020 avrebbe sbagliato sia il legame gas-elettrico sia quello fra mercati.

Flessibilità. Il valore di spostare il 10% del consumo fuori dai giorni cari va da 1.809 € (2019) a 29.285 € (2022): $\times 16$. Ma con una regola decidibile il giorno prima se ne cattura il 12%, e nel 2021 la regola ha perso. Riduce la pendenza del costo sul prezzo del 51%; per rovesciarla servirebbe una quota flessibile del 484%. Cambiare il segno del payoff richiede asset (generazione propria, accumulo, PPA), non contratti. Per questo la parola «antifragilità», usata nella prima versione, è uscita dal titolo.

Management. Non solo «qual è il VaR?», ma: che cosa potrebbe renderlo sbagliato, quanto possiamo perdere oltre, quali scenari non sono nello storico, quanta liquidità serve nello shock, quali variabili stiamo assumendo

costanti.

12. Rischio di modello

E se il rischio maggiore fosse fidarsi troppo del modello? Tre sensibilità, una scelta alla volta.

variante	VaR 99%	P(costo > 2× budget)
2015-2020 (tutto)	1.129.272 €	1,49%
2015-2019 (senza Covid)	1.040.794 €	0,68%
2018-2020 (ultimi tre anni)	1.050.585 €	0,77%
bootstrap storico	1.129.272 €	1,49%
normale	1.135.490 €	1,51%
Student-t (df=4)	1.190.800 €	1,74%

Cambiando una sola scelta legittima nel dicembre 2020, il VaR 99% si muove del 14%; la probabilità di superare il doppio del budget del 158%. Più si guarda lontano nella coda, più il numero dipende da noi. E la frequenza: la stessa serie dà una volatilità annua del 267% dai giorni e del 48% dai mesi, perché il 39% della varianza giornaliera è il giorno della settimana. Un VaR giornaliero su questi prezzi misura il calendario.

13. Conclusioni

I modelli servono. Il modello del 2020 ha descritto correttamente il regime su cui era calibrato, ha superato il backtest al 95%, ha quasi centrato il 2021 con l'Expected Shortfall. Non ha visto il 2022 perché il 2022 non era nei suoi dati, e nessuna formula poteva mettercelo. Il modello aveva ragione. Ma non abbastanza.

Vanno usati come strumenti di decisione, non come oracoli. Un buon sistema di gestione del rischio non cerca un numero capace di prevedere ogni crisi: usa i dati storici per conoscere il comportamento osservato; le probabilità per quantificare l'incertezza conosciuta; gli stress test per esplorare ciò che lo storico non contiene; i reverse stress test per capire dove l'azienda si rompe; e collega il rischio di mercato a quello di liquidità.

Il modello non deve sapere quale sarà il prossimo shock. Deve aiutare l'azienda a restare in piedi anche quando sbaglia previsione.

E quindi, lunedì mattina: affiancare l'Expected Shortfall al VaR; riportare il backtest a tre righe (frequenza, concentrazione, dimensione); tenere sempre acceso uno scenario storico; un reverse stress test per ogni soglia che conta; ogni copertura con accanto il suo peggior mark-to-market; e ogni numero di rischio con le sue ipotesi scritte accanto.

Limiti. Mancano i prezzi forward italiani, i dati orari, CO2 e TTF, nucleare e idraulicità; nel campione c'è una crisi sola; niente volatilità condizionata; margine iniziale e costi industriali della flessibilità non modellati. Tutto è scritto per esteso nel notebook e in `QA\_REPORT.md`.