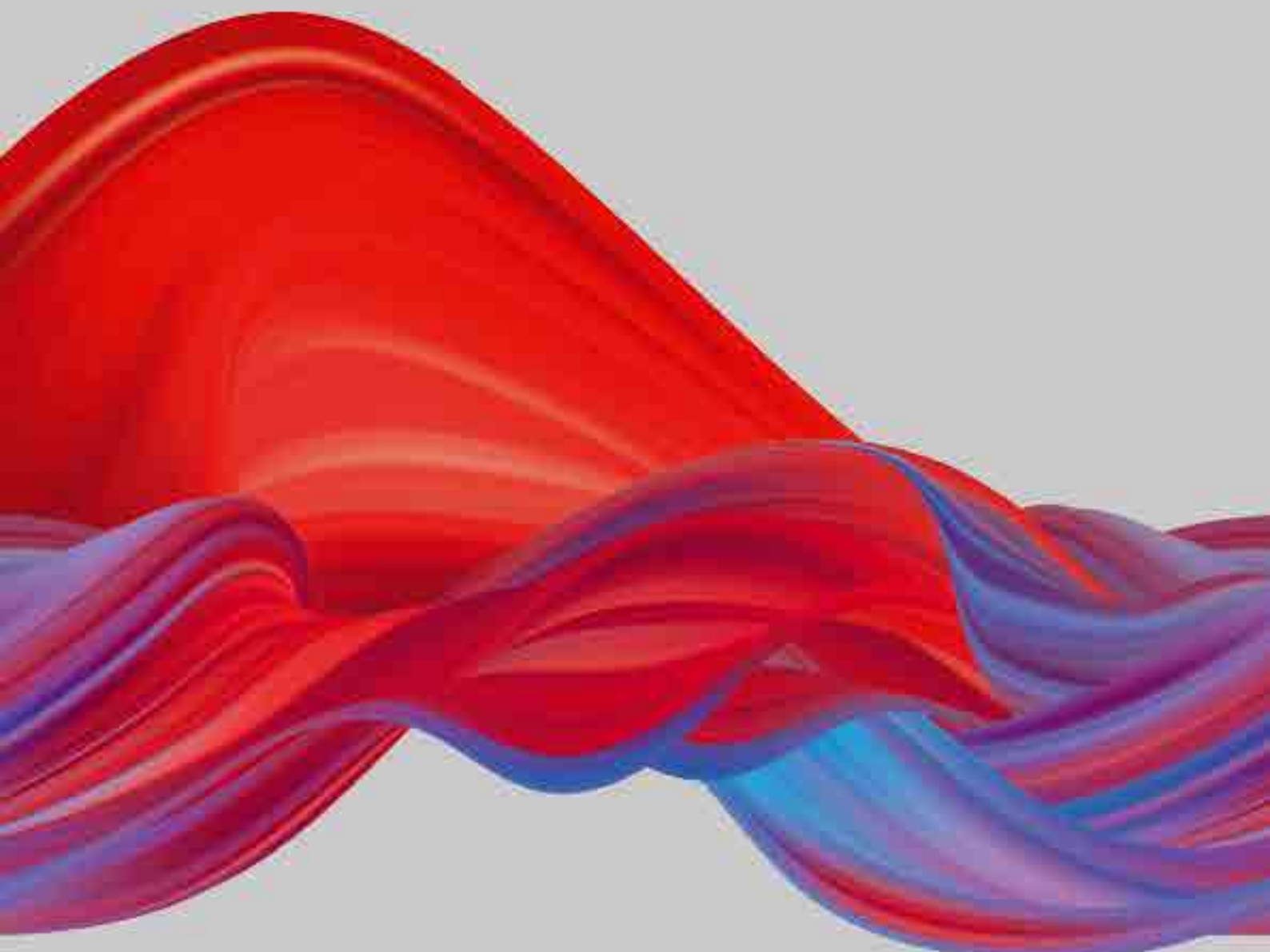
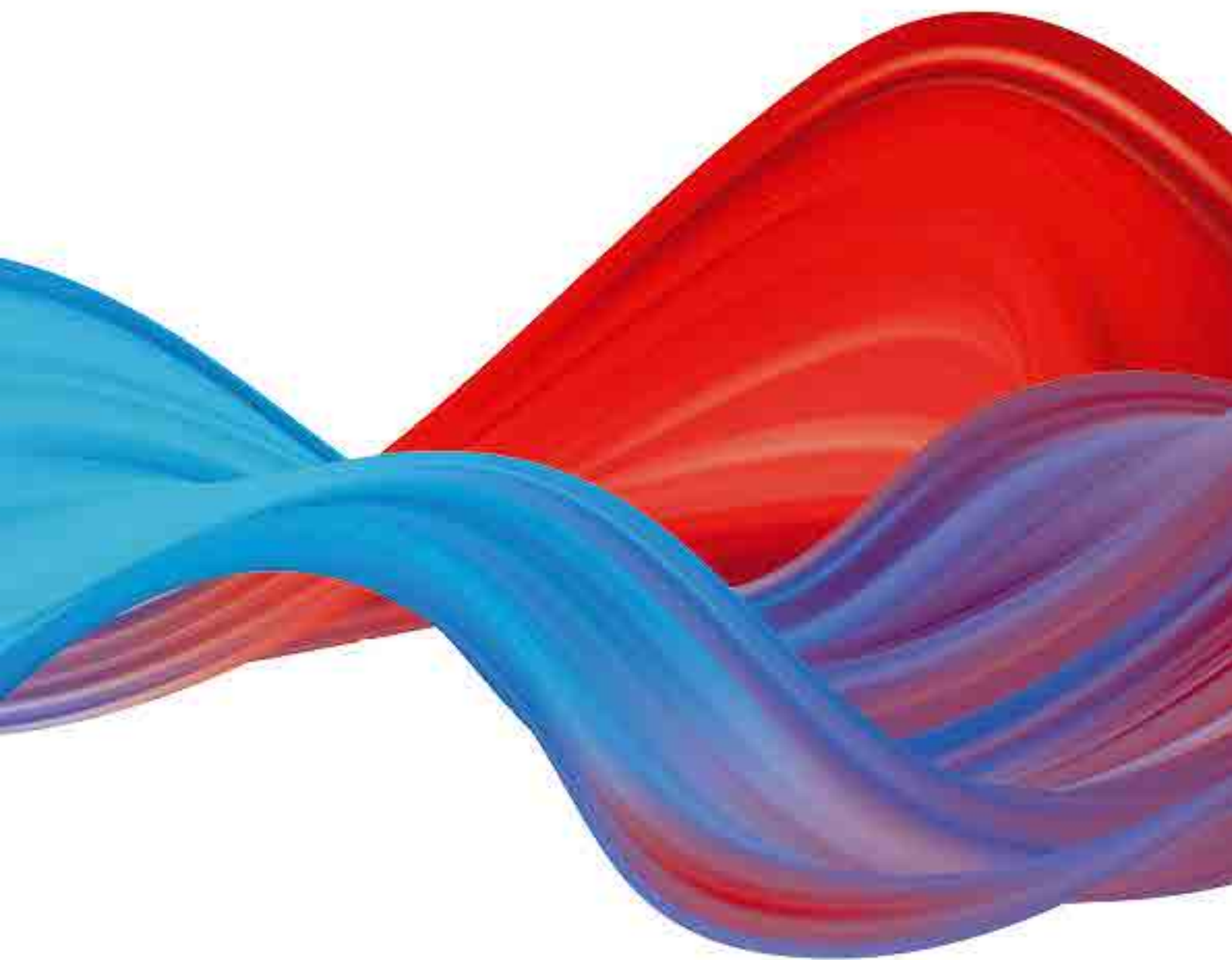


2023

PIANO DI SVILUPPO

Documento Metodologico per
l'applicazione dell'analisi costi benefici
applicata al Piano di Sviluppo 2023





Driving Energy

Siamo il più grande operatore indipendente di reti per la trasmissione di energia elettrica in Europa.

EsercitiAMO il ruolo di **regista e abilitatore della transizione ecologica** per realizzare un nuovo modello di sviluppo basato sulle fonti rinnovabili, rispettoso dell'ambiente.

Sostenibilità, innovazione e competenze distintive ispirano il nostro agire per garantire alle prossime generazioni un futuro alimentato da energia pulita, accessibile e senza emissioni inquinanti.

Abbiamo la grande responsabilità di assicurare l'energia al Paese garantendone **la sicurezza, la qualità e l'economicità nel tempo**.

Gestiamo la rete di trasmissione italiana in alta tensione, una delle più moderne e tecnologiche in Europa, perseguendone lo **sviluppo e l'integrazione con la rete europea**, assicurando in sicurezza **parità di accesso a tutti gli utenti**.

Sviluppiamo **attività di mercato** e nuove opportunità di business portando in Italia e all'estero le nostre competenze e la nostra esperienza.

Indice

1	Sintesi	4
2	Definizioni	6
3	Metodologia per l'elaborazione delle analisi costi-benefici	8
4	Campo di applicazione e aggiornamento ACB	9
5	Scenari di sviluppo del sistema	10
6	Metodologie e modelli di valutazione	11
	6.1 Strumenti per le simulazioni di mercato	11
	6.2 Strumenti per le simulazioni di rete	13
7	Analisi dei benefici	14
	7.1 Premessa	14
	7.2 Variazione (incremento) del <i>socio-economic welfare</i> (SEW) - (B1)	15
	7.3 Variazione (riduzione) dell'energia non fornita attesa - (B3)	16
	7.4 Costi evitati o differiti relativi a capacità di generazione soggetta a regimi di remunerazione che integrano o sostituiscono i proventi dei mercati dell'energia e del mercato per il servizio di dispacciamento - (B4)	17
	7.5 Maggiore integrazione di produzione da fonti di energia rinnovabili (FER) calcolata mediante simulazioni di rete e di mercato - (B5)	18
	7.6 Investimenti evitati in infrastrutture di trasmissione dell'energia elettrica che sarebbero state altrimenti necessarie in risposta a esigenze inderogabili - (B6)	19
	7.7 Variazione (riduzione o incremento) dei costi per servizi di rete e per approvvigionamento di risorse sul mercato per il servizio di dispacciamento con rappresentazione nodale - (B7)	19
	7.8 Variazione (riduzione o incremento) dei costi per servizi di rete e per approvvigionamento di risorse sul mercato per il servizio di dispacciamento con rappresentazione zonale - (B8)	20
	7.9 Costi operativi evitati in infrastrutture di trasmissione dell'energia elettrica che sarebbero state altrimenti necessarie in risposta a esigenze inderogabili - (B16)	20
	7.10 Variazione (riduzione) delle esternalità negative associate all'aumento di emissioni di CO ₂ , ulteriori rispetto agli impatti già monetizzati nei benefici B1 e B7 mediante il prezzo della CO ₂ per tenere conto di un eventuale differente valore delle emissioni per la società - (B18)	21
	7.11 Variazione (riduzione) degli impatti negativi associati all'aumento di altre emissioni non CO ₂ né gas effetto serra, quali ad esempio ossidi di zolfo e ossidi di azoto - (B19)	21

8	Analisi degli altri impatti	22
8.1	Premessa	22
8.2	Variazione delle perdite di rete - (I2)	22
8.3	Incremento della capacità d'interconnessione o di trasporto tra sezioni della rete, in termini di MW (I21)	22
8.4	Variazione, in termini di km occupati da infrastrutture lineari di trasmissione (I22, I23, I24)	23
8.5	Maggiore integrazione di produzione da FER calcolata mediante simulazioni di mercato (<i>overgeneration</i> di sistema) (I5)	23
8.6	Variazione delle emissioni di CO ₂ calcolata mediante simulazioni relative al mercato dell'energia (I8)	23
9	Criteri di stima dei costi	24
9.1	Premessa	24
9.2	Introduzione alla stima dei costi	24
9.2.1	<i>Costi di investimento (Capex)</i>	24
9.2.2	<i>Costi operativi (OPEX)</i>	26
9.2.3	<i>Ambito di applicazione</i>	26
9.2.4	<i>Fasi di avanzamento delle opere e definizione delle milestone per la stima dei costi</i>	26
9.3	Individuazione delle categorie base e criteri di stima dei costi unitari	28
9.3.1	<i>Linee aeree</i>	28
9.3.2	<i>Linee in cavo</i>	28
9.3.3	<i>Stazioni</i>	29
9.4	Criteri di stima dei costi di potenziamenti e demolizioni di infrastrutture preesistenti	30
9.4.1	<i>Potenziamenti di linee e ampliamenti/ riclassamenti di stazioni preesistenti</i>	30
9.4.2	<i>Demolizioni di infrastrutture preesistenti</i>	31
9.5	Stima di ulteriori voci di costo che compongono il Capex	31
9.5.1	<i>Costi del personale capitalizzato</i>	31
9.5.2	<i>Costi compensativi esogeni alle infrastrutture dedicate al servizio di trasmissione</i>	31
9.6	Fattori incrementali	31
9.6.1	<i>Individuazione dei fattori incrementali (K_i)</i>	32
9.7	Contingency	34
9.7.1	<i>Individuazione della contingency (Co)</i>	34
9.8	Livelli di incertezza nella pianificazione economica delle opere	34
9.9	Aggiornamento delle stime di costo	35
10	Principali ipotesi alla base dell'analisi economica degli interventi	37
11	Appendice informativa	39
11.1	Limiti di sicurezza del sistema considerati nell'ambito delle simulazioni di rete	39
11.2	Ipotesi alla base della quantificazione dei benefici	40
11.3	Parametri e ipotesi per la valutazione economica dei benefici	41
11.4	Tabelle di riferimento delle categorie base e dei fattori incrementali	42

Sintesi



Il presente documento descrive la metodologia utilizzata da Terna per la valutazione degli sviluppi infrastrutturali della rete elettrica di trasmissione nazionale (RTN) inseriti nel proprio Piano di Sviluppo decennale della rete di trasmissione (PdS).

La metodologia applicata all'edizione 2023 del Piano di Sviluppo è in linea all'**Allegato A.74 al Codice di rete "Metodologia Analisi costi benefici – ACB 2.0"**, verificato positivamente dall'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente con delibera 856/17.

Ai sensi dell'articolo 4.5 dell'allegato A alla delibera 627/16 e s.m.i., Terna ha la facoltà di migliorare e modificare la metodologia approvata, dando dettagliata evidenza e motivazione delle modifiche introdotte nell'ambito del Piano o di uno dei suoi documenti di accompagnamento.

Pertanto, il presente documento riporta i contenuti di cui all'allegato A.74 integrati e aggiornati in considerazione sia degli affinamenti alla metodologia ACB che Terna ha apportato nelle precedenti edizioni del Piano di sviluppo, che di alcune nuove proposte di aggiornamento derivanti dal documento per la consultazione n. 422/22 che ha proposto una review dei requisiti minimi per la predisposizione del Piano di Sviluppo e dei requisiti minimi per l'analisi costi benefici degli interventi.

Di seguito vengono elencate le modifiche apportate alla metodologia di cui all'Allegato A.74 al Codice di Rete già implementate nei precedenti Piani di sviluppo:

- nel capitolo 5 "Scenari di sviluppo del sistema" sono stati specificati i criteri di individuazione degli scenari alla base delle analisi costi benefici e la scelta degli anni studio;
- il capitolo 6 "Metodologie e modelli di valutazione" è stato integrato con una descrizione del tool di simulazione utilizzato per la valutazione dei costi per l'approvvigionamento di risorse sul mercato dei servizi di dispacciamento;
- nel capitolo 7 "Analisi dei benefici":
 - nell'attuale indicatore B5 "Integrazione rinnovabili" è stata integrata anche l'*overgeneration* di sistema – oltre quella locale – risolta dagli interventi di sviluppo, calcolata tramite l'utilizzo del tool di simulazione del mercato dei servizi di dispacciamento;
 - in relazione all'indicatore B4 relativo ai "Costi evitati o differiti (o, con segno negativo, costi addizionali) relativi a capacità di generazione soggetta a regimi di remunerazione", nella [tabella 6](#) dell'Appendice è riportata una precisazione sulla modalità di calcolo dell'indicatore;
 - è stato rimosso l'indicatore di beneficio B13 "variazione della resilienza del sistema", ai sensi dell'articolo 3 della delibera n. 9/22;
- il capitolo 9 "Criteri di stima dei costi" riporta alcuni affinamenti in esito alle analisi sull'applicazione della metodologia a costi standard nei Piano di sviluppo precedenti, come segue:
 - correzione della formula del "capex opera" per esplicitare che la Contingency incrementa il solo costo standard e relativi affinamenti nel testo;
 - correzione della [tabella 1](#) (par. 9.8) che riporta i livelli di incertezza associati ai fattori incrementali in funzione della fase di progetto;
- il capitolo 10 "Principali ipotesi alla base dell'analisi economica degli interventi" fornisce alcune precisazioni sulle ipotesi di calcolo degli indicatori economici, tra cui:
 - l'inserimento del costo di investimento stimato (capex) per l'intervento all'anno di entrata in esercizio attesa e la conseguente quantificazione di benefici e costi operativi (opex) a partire dall'anno successivo all'entrata in esercizio dell'intervento per la vita utile convenzionale di 25 anni;
 - introduzione, a supporto della robustezza dei risultati dell'ACB, di sensitivity sui valori di IUS e VAN degli interventi "rilevanti", ottenute attraverso la variazione di una percentuale del beneficio più rilevante¹ e del costo di investimento stimato.

¹ Inteso come il beneficio che assume il valore più alto nell'orizzonte di analisi considerato (attualizzazione inclusa)

Nell'elenco seguente, invece, si riportano ulteriori aggiornamenti rispetto a quelli precedentemente elencati introdotti nel Piano di Sviluppo 2023:

- innalzamento a 25 M€ della soglia minima di investimento per l'applicazione dell'analisi costi benefici, in luogo della precedente soglia pari a 15 M€;
- introduzione di un sub-indicatore B1.b del beneficio B1 "variazione del *social economic welfare*", per rappresentare la riduzione dei costi di esercizio del parco di generazione nel caso di interconnessione di sistemi isolati, come ad es. interconnessione delle isole minori (§ par. 7.2);
- l'indicatore B2 "riduzione delle perdite di rete" non verrà più monetizzato all'interno delle analisi costi benefici, ma sarà espressa la sola quantità fisica attraverso l'introduzione del nuovo indicatore I2;
- modifica della valorizzazione del B5 (sia di sistema che locale) considerando il costo variabile medio previsionale del termoelettrico evitato, in modo tale da adottare la medesima valorizzazione utilizzata per la riduzione di *overgeneration* catturata sul mercato dell'energia e contabilizzata tramite l'indicatore B1;
- modifica di denominazione dei precedenti sub-indicatori B7.n (riduzione costi MSD nodale) e B7.z (riduzione costi MSD zonale), rispettivamente nei due nuovi indicatori B7 e B8 (§ par. 7.8 e 7.9);
- estensione del beneficio legato alla riduzione delle emissioni di CO₂ (B18) all'intero perimetro di valutazione dell'intervento e non solo al perimetro nazionale, in virtù dell'impatto globale di tali emissioni (§ par. 7.11).

Nell'Appendice informativa sono esplicitati i parametri alla base delle valorizzazioni economiche dei benefici e dei costi utilizzati per la stima degli indici sintetici dell'analisi costi benefici.

In particolare, per quanto riguarda i costi sono stati aggiornati i valori di costo unitario sulla base dei prezzi dei contratti a febbraio 2020.

Infine, si segnala che Terna intende valutare una rivisitazione della metodologia costi standard oggi adottata per prevedere una differenziazione di metodo di stima dei costi a seconda della fase in cui si trova l'intervento.

Definizioni

2

In aggiunta alle definizioni già incluse nel Glossario del Codice di Rete, vengono riportate di seguito ulteriori definizioni concernenti la metodologia di stima dei costi descritta nel presente documento.

- **Intervento di sviluppo:** insieme di opere strettamente interdipendenti e ciascuna individualmente necessaria al raggiungimento del principale beneficio elettrico (opere principali, a volte previste in più fasi temporali) e di altre opere funzionali e necessarie all'implementazione dell'intervento (opere accessorie); compongono le opere principali anche le opere interferenti (es. variante di opere esistenti) e le opere propedeutiche alla realizzazione di quelle principali.
- **Opera:** parte di un intervento di sviluppo che in alcuni casi, per motivi autorizzativi e/o tecnici è opportuno trattare in modo aggregato. Sono distinte in opere "standard" e in opere "speciali":
 - **Opere "standard":** opere caratterizzate da un accettabile livello di standardizzazione progettuale quali linee aeree, linee in cavo terrestre in corrente alternata, stazioni elettriche di trasformazione e di smistamento con componenti standard, trasformatori, reattori, condensatori, compensatori sincroni.
 - **Opere "speciali":** cavi marini in corrente alternata, elettrodotti HVDC, le stazioni di conversione AC/DC, i macchinari per la regolazione dei transiti di energia sulle linee di trasmissione (PST), i sistemi statici di regolazione della tensione (SVC) e i sistemi di accumulo. Sono considerate "speciali" anche le opere che interessano asset elettrici esistenti (per es. rifacimenti di componenti/sezioni di una stazione e/o di un elettrodotto) caratterizzate da aspetti specifici che non rendono possibile una standardizzazione ex-ante.
- **Categoria base:** tipologia di opera o di componente presa a riferimento ai fini della determinazione del costo unitario (es. linea aerea per livello di tensione e per numero di terne, cavo interrato per tensione e per tipologia di conduttore, componente di stazione per tipo di isolamento).
- **Consistenza base di riferimento (q_b):** quantità di elementi considerati per la costruzione del costo unitario della categoria base definita in condizioni standard (ad es. numero e tipologia di conduttori, armamenti, scavi e fondazioni, montaggi e tesature necessari per un chilometro di linea).
- **Consistenza dell'opera (q):** consistenza stimata di una categoria base nelle diverse fasi di avanzamento del progetto (ad es. km per una linea, numero di stalli per una stazione).
- **Costo unitario (C_u):** è il costo di un chilometro (per le linee aeree e i cavi), o di un'unità per le componenti e apparecchiature di stazione (stalli, sbarre e Parallelo sbarre, ATR, reattori, batteria di condensatori, compensatore sincrono, fabbricato) o a corpo (terminazioni elettrodotti e cavi) di una specifica categoria base, stimato in condizioni standard² come somma del valore di appalti e apparecchiature, valorizzati sulla base di un prezzo medio dei contratti di approvvigionamento disponibili, e delle ulteriori attività necessarie (es. servizi di ingegneria, servitù, liquidazione danni, collaudi tecnico-amministrativi) valorizzate come media storica.
- **Costo base dell'opera (C_b):** è la somma dei prodotti tra le consistenze di un'opera (q) ed i costi unitari (C_u) delle categorie base che la compongono.
- **Fattori incrementali (k_n):** fattori incrementali del costo base dell'opera atti a riflettere sulle stime di

² Condizioni standard: condizioni definite al paragrafo 9.3.1 per linee aeree, al paragrafo 9.3.2 per linee in cavo e al paragrafo 9.3.3 per le stazioni.

costo le specificità dell'opera stessa (es. realizzazione con tecnologie innovative/sperimentali) e del sito (es. tortuosità del tracciato, orografia del territorio, caratterizzazione sismica, archeologica e geologica del sito, livello di inquinamento del sito, presenza di aree protette o antropizzate), nonché le variabili esogene predicibili (ad es. aree in contesti sociali complessi, prescrizioni dalla procedura autorizzativa). Ciascuno di tali fattori assume – in ogni istante e per ogni opera – un valore puntuale compreso entro un range definito ex-ante e viene aggiornato sulla base delle migliori informazioni disponibili.

- **Costo standard dell'opera (C_s):** è il prodotto tra il costo base dell'opera (C_b) ed un fattore pari a $1 + \Sigma$ fattori incrementali (k_n).
- **Contingency (C_o):** percentuale incrementale del costo standard dell'opera finalizzata a considerare l'impatto medio di eventi imprevisi non già inclusi nei fattori incrementali. La contingency è definita in ciascuna fase di evoluzione dell'opera, con una progressiva riduzione dalla fase di pianificazione fino all'annullamento in quella di esecuzione.
- **Costo Opera:** è la somma del costo standard, della contingency, del costo del personale capitalizzato e di eventuali costi di demolizioni di infrastrutture preesistenti.

Metodologia per l'elaborazione delle analisi costi-benefici

3

I principali passi per l'applicazione della metodologia ACB 2.0 ad un intervento di sviluppo sono:

1. l'identificazione e quantificazione dei benefici (impatto quantitativo, ad esempio espresso in energia);
2. la monetizzazione del beneficio (moltiplicazione del beneficio di cui al punto precedente per un coefficiente espresso in Euro/quantità);
3. la quantificazione della stima dei costi;
4. il calcolo degli indici economici di sintesi:
 - i. **Indice Utilità Sistema (IUS)**: rapporto tra i benefici attualizzati e i costi attualizzati dell'investimento;
 - ii. **Valore Attuale Netto (VAN)**: valore attualizzato dei benefici netti generati dall'investimento.

Campo di applicazione e aggiornamento ACB4

La metodologia ACB 2.0 è applicata almeno agli interventi e/o opere programmati da Terna³ ed inclusi nel Piano di Sviluppo, il cui costo stimato è pari o superiore ai 25 milioni di euro.

Per ciascun intervento oggetto di ACB 2.0, viene effettuato un aggiornamento dei risultati presentati nel Piano rispetto ai risultati del Piano precedente che consiste:

i. nella revisione del calcolo dei costi, aggiornati contestualmente alla predisposizione del PdS, in funzione dei nuovi elementi di conoscenza che si aggiungono durante le diverse fasi di avanzamento del progetto e dell'eventuale aggiornamento dei costi unitari di riferimento secondo contratti più recenti;

ii. nella revisione dei benefici a seguito dell'aggiornamento biennale degli scenari del PdS (Documento di descrizione degli scenari⁴) e di motivate modifiche⁵ dello scenario.

Per gli interventi che presentano almeno un'opera principale autorizzata e che siano già stati oggetto dell'applicazione della presente metodologia, i risultati in termini di benefici, di IUS e VAN sono quelli presentati nell'ultimo piano utile. Nelle apposite schede del piano di sviluppo viene fornito eventuale aggiornamento dei costi. Nella Tabella di sintesi del Piano si fornisce comunque il dettaglio dei benefici, dello IUS e del VAN per tutti gli interventi oggetto di analisi costi benefici.

³ Dall'edizione del PdS 2019 sono inclusi nell'applicazione della presente metodologia anche i progetti ex - Legge 99/09.

⁴ Come da Deliberazione dell'Autorità 4 novembre 2016, 627/2016/R/EEL.

⁵ Le modifiche possono riguardare sia la quantificazione (es. variazione della previsione della domanda) che la monetizzazione (es. valorizzazione delle emissioni, costi combustibili) e saranno opportunamente descritte nel Piano.

Scenari di sviluppo del sistema

5

Nel Piano di Sviluppo 2023, il Gestore ha individuato due soli anni oggetto di studio (2030 e 2040), rappresentativi rispettivamente di un orizzonte di medio termine e di un orizzonte di lungo termine ai fini degli scenari.

Ai fini dell'analisi costi benefici, il Gestore effettua le valutazioni negli anni oggetto di studio più opportuni, in funzione della data di entrata in esercizio stimata per ogni singolo intervento.

In particolare, per il PdS 2023:

1. gli interventi con data prevista di completamento minore o uguale all'anno studio 2030 sono analizzati in due anni studio 2030 e 2040
2. gli interventi con data prevista di completamento maggiore dell'anno studio 2030 sono analizzati in un unico anno studio 2040

In particolare, per quanto concerne l'analisi costi benefici degli interventi infrastrutturali di sviluppo:

- per gli interventi relativi alle interconnessioni e alla riduzione delle congestioni tra le zone di mercato e intrazonali si utilizzano due scenari contrastanti;
- per gli altri interventi si utilizza un solo scenario di riferimento in tutti gli anni studio analizzati.

Ai fini dell'ACB il Gestore utilizza gli scenari coerenti con quanto indicato nel Documento degli Scenari di cui all'art. 4.1 dell'Allegato A alla delibera 627 e s.m.i. e come meglio dettagliato nell'ambito del Fascicolo "Stato del sistema elettrico".

Metodologie e modelli di valutazione

6

Nell'ambito delle Analisi Costi-Benefici, gli strumenti generalmente utilizzati per il calcolo dei benefici sono ricompresi in due categorie principali:

- i. strumenti per le simulazioni di mercato;
- ii. strumenti per le simulazioni di rete.

In questo documento, il termine “simulazioni di mercato” è associato a simulazioni che non prevedono la rappresentazione topologica di dettaglio della rete. Per contro, simulazioni che considerano il dettaglio topologico della rete e aspetti di mercato/prezzi, sono associate al termine “simulazioni di rete”.

Di seguito è riportata una descrizione dei principi alla base di tali strumenti, mentre si rimanda all'Appendice (§ 11.1 e § 11.2) per i dettagli delle ipotesi e dei parametri di riferimento assunte nelle simulazioni.

6.1 Strumenti per le simulazioni di mercato

Gli strumenti per le simulazioni “di mercato” sono tipicamente utilizzati per eseguire calcoli di ottimo economico su un modello che simula il funzionamento dei mercati elettrici dell'energia.

Le analisi sugli effetti che gli interventi apportano sul Mercato del Giorno Prima sono sviluppate simulando, su scenari previsionali sull'intero orizzonte annuale, la programmazione ottima del dispacciamento del parco di generazione idrico e termoelettrico. Tale simulazione consente di stimare i costi di esercizio delle unità di generazione e il prezzo orario dell'energia nelle diverse zone di mercato e, conseguentemente, il surplus dei produttori e dei consumatori, nonché le rendite di congestione tra le zone di mercato (*Socio-Economic Welfare*).

L'ottimizzazione del dispacciamento economico del parco idro- termoelettrico avviene attraverso due fasi distinte:

- a. *unit commitment*: durante questa fase si determina a livello orario lo stato On/Off di ciascuna unità termica, stabilendo un ordine di merito economico delle unità, basato sulle offerte presentate, nel soddisfacimento dei vincoli tecnici delle unità di produzione (termiche/idriche) e dei vincoli di rete del sistema modellato;
- b. *dispacciamento*: in questa seconda fase si determina la produzione oraria di ogni unità termica in modo coordinato alla produzione idroelettrica, sempre nel rispetto dei vincoli di cui al punto precedente.

La modellizzazione del sistema elettrico ai fini della simulazione del mercato dell'energia include le seguenti informazioni:

- I. **modello della rete equivalente**: si rappresentano le zone del mercato elettrico collegate tra loro da linee equivalenti. A ciascuna linea sono associati vincoli di transito pari ai limiti di capacità di trasporto di potenza attiva tra le zone, differenziabili per verso e a livello orario;
- II. **carico**: si considerano i profili orari di domanda al lordo delle perdite convenzionali di rete in ciascuna zona di mercato. La domanda di energia elettrica è considerata rigida rispetto al prezzo di mercato;
- III. **parco termoelettrico**: vengono rappresentate singolarmente le unità di generazione termoelettrica, modellandone le principali caratteristiche tecnico-economiche quali: zona di appartenenza, potenza massima e minimo tecnico di esercizio, rendimento termoelettrico, tipo di combustibile impiegato, costi di avviamento, costi variabili di O&M, indisponibilità media (sia programmata che forzata), durata minima della permanenza in servizio (vincoli di flessibilità) e gli eventuali vincoli di *must-run* legati all'esercizio in regime cogenerativo connessi a processi industriali o alla fornitura di servizi di teleriscaldamento;

IV. parco idroelettrico: il parco idroelettrico è modellato mediante impianti equivalenti per zona di mercato e tipologia (stagionali, a modulazione settimanale/giornaliera, fluenti e di pompaggio). Le principali caratteristiche rappresentate comprendono la potenza minima e massima degli impianti, il volume minimo e massimo dei serbatoi/invasi ad essi associati, gli apporti naturali nel corso dell'anno, il rendimento energetico ed il rendimento del ciclo di pompaggio/turbinaggio;

V. combustibili e permessi di emissione (ETS): si indicano i prezzi previsionali dei combustibili utilizzati dalle unità di generazione ed i relativi coefficienti di emissione carbonica, che, associati alla previsione del prezzo dei permessi di emissione, consentono di includere i costi di emissione nella stima dei costi di produzione delle unità;

VI. FRNP (fonti rinnovabili non programmabili): tutte le generazioni da fonti rinnovabili non programmabili vengono modellate mediante profili di generazione imposti, determinati a livello di zona di mercato e per tecnologia, in funzione delle ipotesi di installato;

VII. import/export sui confini del perimetro di simulazione: l'import e l'export dalle zone periferiche rispetto al perimetro di simulazione (con le aree esterne a detto perimetro) viene rappresentato mediante profili di scambio predeterminati⁶;

VIII. bid-up delle unità termoelettriche: ai fini della stima delle offerte sul mercato di ciascuna unità di generazione termoelettrica, il modello include una funzione specifica per il calcolo dei *mark-up* orari, ovvero dell'incremento da applicare ai costi variabili di generazione (costi di combustibile, costi di emissione e costi variabili di O&M), a copertura dei costi di avviamento. La logica per la stima dei *mark-up* orari è tale da garantire a ciascun impianto di generazione di operare esclusivamente con condizioni di mercato (prezzi zonali e dispacciamento) tali da consentire nel breve termine (ovvero in ogni intervallo di esercizio) la copertura di tutti i costi variabili di produzione. L'applicazione di tale logica è essenziale per la corretta stima dei prezzi di mercato.

La funzione obiettivo, sulla base dei suddetti input, determina il funzionamento del parco di generazione tale da minimizzarne il costo totale nel rispetto di tutti i vincoli sopra citati. Nella valutazione dei benefici, questi vengono considerati nulli qualora la variazione della funzione obiettivo

in presenza e in assenza dell'intervento di sviluppo rientri all'interno della tolleranza del simulatore, la quale dipende dalla dimensione del problema considerato.

In merito alla valutazione dei costi per servizi di rete e per approvvigionamento di risorse sul mercato per il servizio di dispacciamento è stato sviluppato ed applicato un distinto strumento di simulazione di mercato denominato MODIS (*Market Operation and DISpatching*).

MODIS simula il mercato dei servizi di dispacciamento e bilanciamento su orizzonte annuale e con dettaglio orario valutando, con criteri di economicità e nel rispetto dei vincoli tecnici delle unità di generazione abilitate, le azioni necessarie per il soddisfacimento dei vincoli di bilanciamento e di esercizio in sicurezza del sistema elettrico.

In particolare, sono considerati i seguenti input:

- esiti dei mercati dell'energia MGP/MI (anch'essi simulati su scenari prospettici), che intrinsecamente tengono conto della tolleranza sopra descritta, e di seguito elencati:
 - profili di carico zonali previsti;
 - programmi di produzione delle unità di generazione (termoelettriche, idroelettriche e storage) e stato dei volumi dei bacini idroelettrici;
 - programmi di produzione delle fonti rinnovabili;
 - prezzi zonali di mercato e offerte dei gruppi partecipanti ai mercati dell'energia;
- vincoli per l'esercizio in sicurezza del sistema elettrico:
 - fabbisogni orari di margine di riserva secondaria di aggregato e terziaria zonale calcolati in funzione degli errori di previsione di carico e di produzione da fonti rinnovabili non programmabili e termica;
 - vincoli orari di scambio di energia tra le zone di mercato;
 - vincoli di esercizio;
 - vincoli di *must-run* delle unità termoelettriche e vincoli di esercizio a rete integra dove e quando presenti;
 - fabbisogno di bilanciamento orario zonale stimato mediante opportuno calcolo dell'errore di previsione del fabbisogno di energia e della produzione da fonte rinnovabile, rispetto alla stima previsionale adottata nei precedenti mercati dell'energia.

⁶ Si specifica che, poiché le simulazioni di mercato ai fini della ACB vengono eseguite su scenari che comprendono l'intero perimetro Europeo, i profili di import/export applicati riguardano esclusivamente gli scambi dei paesi Europei periferici con i paesi non inclusi in tale perimetro.

A partire dai suddetti dati di input, lo strumento modifica i programmi di produzione delle unità di abilitate ai mercati ancillari sulla base dei prezzi di offerta a salire e a scendere e dei gettoni di accensione associati alle singole unità risolvendo un problema di *unit-commitment* differenziale e *redispatching* a minimi costi per il sistema.

I prezzi di offerta delle unità abilitate al MSD sono calcolati dal software sulla base delle caratteristiche tecniche degli impianti e degli esiti dei mercati dell'energia.

L'accuratezza della soluzione deterministica del problema permette un'efficiente stima delle movimentazioni a salire e a scendere e dei relativi costi su MSD e MB. I risultati delle simulazioni, sotto differenti ipotesi di capacità di scambio tra le zone di mercato, consentono di valutare i benefici che la maggiore capacità di scambio consente di ottenere in termini di minori costi MSD/MB e quindi di valutare in modo esaustivo gli impatti sul sistema elettrico degli interventi di rete previsti nel medio e lungo termine.

Si sottolinea che i benefici MSD/MB valutati da MODIS sono del tutto complementari ai benefici relativi al MSD stimati da GRARE; infatti, quest'ultimo valuta esclusivamente le movimentazioni ai fini della risoluzione di congestioni intrazonali di rete mentre MODIS, basato su modello zonale, non le include nelle proprie stime.

6.2 Strumenti per le simulazioni di rete

Le simulazioni di rete si riferiscono prevalentemente ad:

- i. analisi in regime statico di *Load Flow*;
- ii. analisi in regime probabilistico.

Per le simulazioni di rete, si utilizzano i dati d'indisponibilità di ciascun elemento di rete, calcolati sulla base dei dati storici di guasto (generanti un'indisponibilità di rete) e del conseguente tempo di fuori servizio indicati nell'Appendice al presente documento. L'analisi in regime statico è condotta

mediante strumenti in grado di eseguire un calcolo di *Load Flow* analizzando una o più condizioni rappresentative del funzionamento del sistema elettrico (cd. *snapshot*) in situazioni ritenute particolarmente indicative.

Gli studi di *Load Flow* in regime statico permettono di calcolare il profilo delle tensioni nei diversi nodi della rete, i transiti di potenza attiva e reattiva negli elementi di rete (linee aeree, cavi e trasformatori) – individuando eventuali sovraccarichi e/o superamento dei limiti tecnici degli elementi di rete – e le perdite attive e reattive. In quest'analisi, il modello usato rappresenta il sistema elettrico tramite un insieme di nodi di generazione, di carico e di puro transito e di rami corrispondenti ai collegamenti tra i vari nodi (linee, trasformatori, condensatori, reattori, carichi), tali da consentire la ricostruzione del sistema stesso sia nella sua topologia, che nei suoi dettagli tecnici.

L'analisi in regime probabilistico, invece, partendo da un modello di rete previsionale all'anno oggetto di studio, permette di simulare tutte le configurazioni rilevanti del sistema elettrico, negli scenari previsionali, in un assetto di rete standard prevalentemente ad isole di esercizio. Il metodo probabilistico, con riferimento a un intero anno di funzionamento, seleziona casualmente uno stato di funzionamento del sistema elettrico sulla base dei tassi di indisponibilità di ciascun elemento di rete/impianto e gruppo di generazione programmata, del livello di generazione non programmabile, della disponibilità di capacità alla frontiera e del fabbisogno di energia richiesta, garantendo la copertura del carico sulla base dell'ordine di merito economico delle unità produttive. In questa tipologia di analisi è considerato un numero elevato di simulazioni che consentono di analizzare un altrettanto elevato numero di possibili situazioni di funzionamento, inclusi eventi N-k, che sono poi opportunamente pesati per la loro probabilità di accadimento.

Per gli interventi di sviluppo per i quali è ipotizzabile catturare una molteplicità di categorie di benefici e/o che includono più opere nella stessa porzione di rete, si ricorre a un approccio di analisi del tipo probabilistico.

Analisi dei benefici

7

7.1 Premessa

Le analisi per il calcolo dei benefici sono effettuate sui singoli interventi confrontando il comportamento del sistema in assenza dell'intervento rispetto ad uno scenario di riferimento all'anno orizzonte considerato, in cui sono inclusi tutti gli interventi la cui data di completamento stimata avviene entro l'anno considerato.

In particolare, i benefici di ciascun intervento sono calcolati mediante simulazioni di rete in presenza e in assenza dell'intervento in esame e/o simulazioni di mercato in presenza e in assenza dell'impatto sui limiti di transito associato all'intervento in esame.

Le valutazioni tengono per quanto possibile in considerazione una stima di tutti i fabbisogni del sistema, comprese le necessità di servizi ancillari, includendo nell'analisi dei benefici, quando appropriato⁷, una stima dell'impatto sull'esercizio del mercato per il servizio di dispacciamento.

Le valutazioni vengono effettuate principalmente mediante l'utilizzo dell'approccio TOOT (*Take Out One at the Time*), che consiste nel rimuovere dallo scenario di riferimento un solo intervento alla volta (quello oggetto di valutazione) e nel calcolare i benefici dell'intervento per differenza tra il caso dello scenario di riferimento ed il caso senza l'intervento di sviluppo.

Ulteriori analisi, qualora ritenuto opportuno, possono essere condotte utilizzando il metodo PINT (*Put IN one at the Time*), per illustrare specifici effetti di interdipendenza tra interventi di sviluppo.

Le categorie di beneficio (fra parentesi, la variazione che corrisponde a un beneficio positivo) da considerare nell'Analisi Costi-Benefici sono quelle di seguito riportate:

- i. B1: variazione (incremento) del Socio-Economic Welfare (SEW) correlato al funzionamento del mercato dell'energia e all'incremento di limiti di transito tra zone della rete rilevante o ai confini;
- ii. B1.b: variazione (riduzione) dei costi di generazione nel caso di nuove interconnessioni con sistemi isolati;
- iii. B3.a: variazione (riduzione) dell'energia non fornita attesa calcolata mediante utilizzo di simulazioni di tipo probabilistico;
- iv. B3.b: variazione (riduzione) dell'energia non fornita calcolata mediante utilizzo di simulazioni statiche di load flow;
- v. B4: costi evitati o differiti (o, con segno negativo, costi addizionali) relativi a capacità di generazione soggetta a regimi di remunerazione che integrano o sostituiscono i proventi dei mercati dell'energia e del mercato per il servizio di dispacciamento in assenza di double counting con i benefici B1 e B7;
- vi. B5.a: maggiore integrazione di produzione da fonti di energia rinnovabili (FER) e comprende la quota di congestioni locali (calcolate mediante utilizzo di simulazioni di tipo probabilistico) oltre che la quota di overgeneration di sistema (calcolata mediante simulazioni del mercato dei servizi di dispacciamento) risolte dagli interventi di sviluppo;
- vii. B5.b: maggiore integrazione di produzione da fonti di energia rinnovabili (FER) calcolata mediante utilizzo di simulazioni statiche di load flow (congestioni a livello locale);

⁷ Ad esempio, interventi relativi a qualità e sicurezza potrebbero non avere impatti significativi sul mercato dei servizi di dispacciamento.

- viii. B6: investimenti evitati in infrastrutture di trasmissione dell'energia elettrica che sarebbero state altrimenti necessarie in risposta a esigenze inderogabili (es. rispetto di vincoli di legge);
- ix. B7: variazione (riduzione) dei costi per servizi di rete e per approvvigionamento di risorse sul mercato per il servizio di dispacciamento calcolata tramite simulazioni di rete probabilistiche;
- x. B8: variazione (riduzione) dei costi per servizi di rete e per approvvigionamento di risorse sul mercato per il servizio di dispacciamento calcolata tramite simulazioni di mercato dei servizi.
I benefici B3.a e B3.b e B5.a e B5.b sono tra loro alternativi.
Per specifici interventi, qualora ritenuto opportuno, possono essere separatamente considerate nell'analisi costi-benefici le seguenti categorie di beneficio:
- xi. B16: costi operativi evitati associati a infrastrutture di trasmissione dell'energia elettrica che sarebbero state altrimenti necessarie in risposta a esigenze inderogabili (es. rispetto di vincoli di legge);
- xii. B18: variazione (riduzione) delle esternalità negative associate all'aumento di emissioni di CO₂, ulteriori rispetto agli impatti già monetizzati nel beneficio B1 mediante il prezzo della CO₂ per tenere conto del costo sociale delle emissioni;
- xiii. B19: variazione (riduzione) degli impatti negativi associati all'aumento di altre emissioni non CO₂ né gas effetto serra quali ad esempio ossidi di zolfo e ossidi di azoto.

7.2 Variazione (incremento) del socio-economic welfare (SEW) - (B1)

L'indicatore misura l'aumento del *social welfare* che deriva dalla maggiore efficienza/convenienza degli scambi di energia sul mercato correlata alla realizzazione di nuove infrastrutture di trasmissione.

Il *social welfare* è valutato attraverso l'approccio del *Total Surplus* (TS) in cui la funzione obiettivo prevede la

massimizzazione del welfare di sistema nei mercati basati sul sistema a prezzo marginale. In tali sistemi, se sono presenti congestioni, ciò equivale a massimizzare la somma del surplus dei consumatori (*consumer surplus*), del surplus dei produttori (*producer surplus*) e delle rendite da congestione (*congestion rents*).

Nella valutazione si assumono le seguenti ipotesi semplificative:

- mercato perfettamente concorrenziale (in particolare, per convenzione si trascurano le dinamiche derivanti dall'esistenza di un eventuale potere di mercato);
- impianti profittevoli, ovvero impianti che offrono sul mercato prezzi tali da evitare perdite economiche e ottengono un ricavo maggiore o uguale ai propri costi variabili di generazione.

Il *Total Surplus* permette di:

- individuare le variazioni di *welfare* di ciascuna zona di mercato⁸ rappresentata nel modello;
- identificare le variazioni del beneficio dell'intervento di sviluppo di rete distintamente per consumatori⁹ e produttori.

Il beneficio derivante dalla realizzazione di un intervento di sviluppo è dato dalla differenza del *social welfare* (e delle sue componenti *producer surplus*, *consumer surplus* e *congestion rents*) con e senza l'intervento in esame, in funzione della variazione dei limiti di transito tra le zone di mercato che l'intervento determina.

I simulatori di mercato utilizzati per questo tipo di analisi sono tipicamente in grado di effettuare calcoli orari di tipo deterministico lungo l'intero anno di riferimento nello scenario previsionale considerato.

L'indicatore è pertanto applicabile alla valutazione dei benefici dei soli interventi che determinano una variazione dei limiti di transito.

L'analisi fornisce direttamente la valorizzazione economica dell'indicatore (M€/anno).

⁸ Tale aspetto è di fondamentale importanza per gli interventi di interconnessione con l'estero in quanto il metodo del TS consente di determinare il beneficio in termini di surplus per l'Italia.

⁹ Ossia quei soggetti che ad oggi sostengono il costo delle infrastrutture di trasmissione.

Valutazione della variazione (riduzione) dei costi di generazione nel caso di nuove interconnessioni con sistemi isolati (B1.b)

L'interconnessione di sistemi isolati per mezzo di nuovi collegamenti può comportare risparmi nei costi di generazione dovuti alla sostituzione, tramite impianti di generazione più efficienti, della produzione elettrica (perlopiù convenzionale) presente nei sistemi isolati.

L'indicatore è pertanto applicabile alla valutazione di quegli interventi che consentono di interconnettere un sistema elettrico isolato.

La stima del beneficio viene effettuata in maniera deterministica, stimando puntualmente il costo di produzione risparmiato nel sistema isolato tramite la quota di energia prodotta da impianti convenzionali sostituita ed il costo di esercizio associato agli specifici impianti considerati.

Valutazione economica del beneficio

Il calcolo del beneficio è il seguente:

B1.b [€/anno] = quantità di energia sostituita [MWh/anno] * costi di esercizio degli impianti di produzione convenzionale sostituiti¹⁰ [€/MWh]

7.3 Variazione (riduzione) dell'energia non fornita attesa - (B3)

La variazione del rischio di energia non fornita (ENF) correlata alla realizzazione di nuovi interventi di sviluppo è valutata attraverso uno dei due approcci di seguito descritti.

Valutazione mediante simulazioni probabilistiche (B3.a)

Nella valutazione della variazione del rischio di energia non fornita tramite simulazioni probabilistiche, al verificarsi di un sovraccarico > 100%, il simulatore compie una riduzione del carico fino a riportare il funzionamento della rete entro i limiti.

La riduzione del carico determina il valore della Potenza non fornita (P_{NF}) in ciascun time step e in ciascuna estrazione Monte Carlo della simulazione probabilistica.

Tutti gli eventi di guasto simulati nell'analisi della sicurezza statica sono eventi disgiunti tra loro e quindi cumulabili al fine della stima dell'ENF.

La sommatoria delle PNF di ciascuna delle condizioni considerate, in base al numero delle stesse condizioni verificate, è rettificata rispetto ad un anno equivalente, restituendo il valore di Energia non Fornita come media dei valori calcolati.

Tale valutazione fornisce il valore in energia Q3 (MWh/ anno).

Valutazione mediante simulazioni statiche (B3.b)

La valutazione della variazione del rischio di energia non fornita tramite simulazioni di load flow, effettuata a partire dalle condizioni di sicurezza descritte nell'appendice informativa, considera una sequenza di eventi N-1¹¹ disgiunti tra loro e quindi cumulabili al fine della stima dell'ENF (Q3).

L'ENF generata dal singolo evento si calcola con la seguente formula:

$$EnF = \sum IG \cdot h_{eq} \cdot L \cdot P_{NF}$$

Dove:

- IG: tasso annuo di guasto;
- h_{eq} : ore equivalenti alla punta;
- L: lunghezza del componente guasto (oppure 1 per i trasformatori).

Ogni evento di guasto N-1 emerso nell'analisi, tale da causare un impegno di un elemento di rete > 100% (sovraccarico), conduce ad un valore di P_{NF} (Potenza non fornita) diverso da zero.

Tale valore potrebbe essere ridotto per tener conto della stagionalità/peculiarità dello snapshot e qualora tale riduzione venisse applicata sarà cura del gestore esplicitarla con opportune motivazioni.

Nel caso di analisi statiche, utilizzando un solo snapshot di rete, si ritiene di poter rilassare il vincolo di sovraccarico di cui sopra, agendo localmente sul dispacciamento dei gruppi o sulla topologia della rete; laddove possibile, pertanto, il calcolo di P_{NF} farà riferimento a tre situazioni:

¹⁰ Ai fini della stima dei costi di esercizio degli impianti convenzionali sostituiti Terna si avvale delle fonti disponibili

¹¹ Di norma non si simulano eventi N-k, salvo i casi in cui emerga una indicativa probabilità di accadimento del guasto.

- i. evento N-1 che genera sovraccarichi compresi tra il 100% ed il 120% su elettrodotti (< 110% nel caso di ATR): se sono presenti azioni di re-dispacciamento o riconfigurazione di rete, tali da ricondurre tutti gli impegni a meno del 100%, senza che la sicurezza del sistema ne resti significativamente compromessa, allora $P_{NF}=0$; in caso contrario, si stima l'entità della potenza non fornita per ricondurre gli elementi di rete ad un impegno del 100%, quindi $P_{NF}>0$;
- ii. evento N-1 che genera almeno un sovraccarico > 120% su elettrodotti (nel caso di ATR > 110%): si considera, in primis, l'apertura dell'elemento di rete in sovraccarico con l'impegno più alto, a valle di ciò, i flussi sulla rete vengono ricalcolati identificando un nuovo impegno su ogni elemento; se, dopo tale calcolo, sono ancora presenti elementi con un impegno > 120%, allora si procede in cascata, finché non risulta che tutti i sovraccarichi si riportano a valori < 120% (nel caso di ATR < 110%) oppure finché non si genera una porzione di rete isolata e disalimentata senza altri elementi di rete in sovraccarico; il valore $P_{NF}>0$ risulta pari al carico totale della rete isolata e disalimentata;
- iii. evento N-1 su antenne strutturali: un elettrodotto che alimenta dei carichi in antenna, in seguito al fuori servizio, genera la disalimentazione delle utenze ad esso connesse, in questo caso il valore di P_{NF} è pari al carico totale delle utenze disalimentate.

L'analisi fornisce il valore di potenza disalimentata (MW).

Valutazione economica del beneficio

La monetizzazione dell'energia non fornita attesa è uguale: $B3 \text{ [€/anno]} = Q3 \text{ [MWh/anno]} * \text{Value of Lost Load [€/MWh]}$ Le valorizzazioni del parametro Value of Lost Load sono riportate nell'Appendice informativa.

7.4 Costi evitati o differiti relativi a capacità di generazione soggetta a regimi di remunerazione che integrano o sostituiscono i proventi dei mercati dell'energia e del mercato per il servizio di dispacciamento - (B4)

I regimi di remunerazione che integrano o sostituiscono i proventi dei mercati sono:

- meccanismi di remunerazione della capacità;
- impianti essenziali per la sicurezza del sistema elettrico.

Per quanto riguarda il primo regime, è possibile stimare gli impatti solo con analisi specifiche che riescano a determinare la capacità di generazione effettivamente necessaria in assenza di un determinato intervento di sviluppo. In questi casi la valorizzazione monetaria della capacità di generazione necessaria può essere effettuata attraverso gli eventuali riferimenti normativi/regolatori disponibili.

Gli impianti essenziali per la sicurezza del sistema elettrico sono quegli impianti indispensabili, anche per periodi limitati dell'anno, per la gestione in sicurezza della rete e l'alimentazione dei carichi.

Gli impianti essenziali sono soggetti a regimi di remunerazione in ottemperanza a quanto previsto dall'articolo 63 dell'Allegato A alla delibera dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas e Sistema Idrico (oggi ARERA) n. 111/06, come successivamente modificata ed integrata.

L'individuazione di impianti essenziali per la sicurezza del sistema elettrico si rende necessaria qualora la configurazione della rete non presenti alternative all'utilizzo di specifici gruppi di generazione.

Gli impianti individuati come essenziali restano tali fino a quando l'adeguamento e lo sviluppo del sistema ne rimuovono le cause che ne hanno determinato l'essenzialità, ad eccezione di quei casi in cui, in ragione di situazioni esogene al controllo del gestore, si determina un mutamento della disponibilità delle risorse connesse alla porzione di rete interessata.

Il superamento dell'essenzialità attraverso l'intervento di sviluppo dipende infatti anche da variabili esogene non pienamente controllabili dal gestore di rete (fabbisogno, generazione distribuita, disponibilità delle unità produttive).

Valutazione economica del beneficio

La valorizzazione economica dell'indicatore B4 (M€/anno) è ottenuta facendo riferimento alla Tabella 6 dell'Appendice informativa.

7.5 Maggiore integrazione di produzione da fonti di energia rinnovabili (FER) calcolata mediante simulazioni di rete e di mercato - (B5)

Le limitazioni alla produzione rinnovabile sono identificate nelle ore in cui la generazione rinnovabile deve essere ridotta al fine di evitare sovraccarichi, a causa delle congestioni presenti sulla rete o vincoli per l'esercizio in sicurezza della stessa.

La riduzione del rischio di *overgeneration* è quantificata tramite:

- simulazioni di rete (OG locale) nei due seguenti modi:
 - mediante simulazioni probabilistiche di rete;
 - attraverso simulazioni deterministiche con load-flow statico;
- simulazioni di mercato dei servizi (OG di sistema post MSD).

Le simulazioni forniscono il valore in energia Q5 (MWh/anno) determinato come somma della quota di *overgeneration* locale in esito alle simulazioni di rete e *overgeneration* di sistema in esito alle simulazioni di mercato MSD.

È indicata quale *overgeneration* di sistema – I5, la valutazione del rischio di *overgeneration* effettuata con simulatore di mercato (MGP e MSD) in assenza di modellizzazione della rete in tutti i suoi livelli di tensione.

La rimozione dei vincoli di mercato consente al sistema di assorbire parte dell'*overgeneration* che può essere riflessa parzialmente nell'indicatore B1 (per quanto concerne la quota relativa all'MGP) ed in parte nel B5 in aggiunta all'*overgeneration* "locale".

Valutazione mediante simulazioni orarie (B5.a)

Tipicamente per interventi con impatti su porzioni di reti estese si effettuano simulazioni di tipo probabilistico su rete previsionale, in presenza e in assenza dell'intervento di sviluppo in esame. Inoltre, qualora tali interventi interessino vincoli di sistema che impattano sul MSD, vengono svolte analisi deterministiche di sistema relative al mercato dei servizi di dispacciamento che forniscono un ulteriore contributo all'integrazione di FER.

L'*overgeneration*, pertanto, si compone di una quota locale ed una di sistema.

Relativamente all'analisi probabilistica, al verificarsi di un sovraccarico superiore ai limiti consentiti (cfr. Appendice informativa), laddove nessuna azione di re-dispacciamento di unità convenzionali sia praticabile per la risoluzione del sovraccarico stesso, è effettuata una riduzione lineare della produzione FER fino a riportare il sovraccarico iniziale al di sotto della soglia tollerabile.

La riduzione della produzione da fonte rinnovabile (FER) in assenza del nuovo intervento determina il valore di *overgeneration* (OG) che il nuovo intervento consente di integrare.

Tutte le contingenze simulate nell'analisi probabilistica sono eventi disgiunti tra loro e quindi cumulabili al fine della stima dell'OG. La sommatoria delle OG di ciascun evento, in base al numero di simulazioni, è parametrizzata rispetto ad un anno equivalente.

Per quanto riguarda le simulazioni del mercato dei servizi di dispacciamento, queste sono caratterizzate da un approccio deterministico immediatamente a valle della simulazione dell'MGP. Ad esito dell'MGP, infatti, viene determinato un nuovo dispacciamento che tiene conto dei vincoli MSD e che generano un *Overgeneration* aggiuntiva rispetto all'MGP.

L'analisi per la determinazione dell'*overgeneration* di sistema si effettua quindi tramite il simulatore MSD su rete previsionale, in presenza e in assenza dell'intervento di sviluppo in esame intercettando la differenza di quantità rinnovabile integrata nel sistema (MWh/anno).

Valutazione mediante simulazioni statiche (B5.b)

Tipicamente per porzioni di reti di subtrasmissione (ad es. porzioni di rete AT alimentate da stazioni di trasformazione AAT/AT e/o antenne AT), si effettuano simulazioni statiche su rete previsionale in presenza e in assenza dell'intervento di sviluppo in esame, condotte su una o più specifiche situazioni di funzionamento della porzione di rete interessata in cui si possono verificare maggiori criticità di esercizio e di conseguenza il rischio di ridurre l'energia prodotta da FER.

Nell'analisi con simulazione statica, al verificarsi di un sovraccarico superiore ai limiti consentiti (cfr. Appendice informativa), laddove nessuna azione di re-dispacciamento di unità convenzionali sia praticabile per la risoluzione del sovraccarico stesso, l'operatore esegue una riduzione della produzione FER fino a riportare il sovraccarico iniziale al di sotto della soglia tollerabile.

Gli eventi di contingenza analizzati, eventi N-1¹², sono disgiunti tra loro, e quindi cumulabili al fine della stima dell'OG locale evitata.

Le simulazioni forniscono il valore di maggiore integrazione di capacità FER in MW. Successivamente si considerano le ore (h) equivalenti al picco di generazione rinnovabile o della situazione in cui si verifica la criticità (es. le ore di alta idraulicità) per ottenere il valore in energia (MWh/anno).

Valutazione economica del beneficio

La monetizzazione della maggiore integrazione di produzione da fonti di energia rinnovabili si esprime secondo la seguente formula:

$B5 \text{ [€/anno]} = Q5 \text{ [MWh/anno]} * \text{costo variabile del termoelettrico marginale previsto nello scenario e nell'anno oggetto di studio considerati [€/MWh]}^{13}$.

7.6 Investimenti evitati in infrastrutture di trasmissione dell'energia elettrica che sarebbero state altrimenti necessarie in risposta a esigenze inderogabili - (B6)

Questo indicatore quantifica i costi degli investimenti che l'intervento di sviluppo consente di evitare. Tali investimenti sono riconducibili principalmente a razionalizzazione/riassetto della rete esistente che sarebbero stati altrimenti necessari come risposta a esigenze inderogabili (rispetto vincoli di legge, obblighi di connessione, manutenzione straordinaria/rifacimento di asset esistenti per garantire la sicurezza di persone e cose, etc.).

Qualora sia valorizzato il beneficio B6, può essere valutata la significatività di eventuali costi operativi evitati come definiti in seguito (B16).

L'analisi fornisce la valorizzazione economica dell'indicatore (M€ di investimenti evitati o differiti) l'anno in cui l'investimento sarebbe stato realizzato e, nel caso in cui l'investimento sia differito, il numero di anni di differimento.

7.7 Variazione (riduzione o incremento) dei costi per servizi di rete e per approvvigionamento di risorse sul mercato per il servizio di dispacciamento con rappresentazione nodale - (B7)

Il rispetto dei vincoli di esercizio (limiti di trasporto su sezioni di rete critiche, stabilità di frequenza e tensione) è una condizione necessaria per la sicurezza del sistema elettrico.

A valle del mercato dell'energia, durante il quale si considerano solo i vincoli delle unità di produzione e i limiti di transito tra le zone di mercato, al fine di garantire in ogni istante il rispetto di tutti i vincoli di esercizio è necessario approvvigionare risorse di rete sul mercato per il servizio di dispacciamento (MSD) atte a:

- assicurare adeguati margini di riserva secondaria e terziaria per garantire il bilanciamento di carico e generazione e gli scambi programmati;
- mantenere profili di tensione adeguati e all'interno dei limiti previsti;
- evitare sovraccarichi sugli elementi di rete.

La realizzazione di determinati interventi di sviluppo consente di ridurre o eliminare alcune violazioni previste di vincoli di esercizio nei dispacciamenti ottenuti a valle del mercato dell'energia pre- MSD e, conseguentemente, di ridurre i costi delle suddette risorse approvvigionate sul MSD.

Un rinforzo intrazonale, avendo un effetto di tipo locale, riduce principalmente le movimentazioni sul MSD necessarie a eliminare le congestioni della specifica zona di mercato su cui insiste.

Le simulazioni probabilistiche forniscono le movimentazioni totali "a salire" e "a scendere" espresse in MWh/anno, in presenza dell'intervento in esame[Q7].

Tale quantità è associabile alle movimentazioni legate alla risoluzione di congestioni locali.

¹² Di norma non si simulano eventi N-k, salvo i casi in cui emerge una indicativa probabilità di accadimento del guasto e delle relative conseguenze.

¹³ È stato considerato come tecnologia di riferimento il ciclo combinato con rendimento pari a CCGT present 1 (rendimento 56%)

Valutazione economica del beneficio

In generale la monetizzazione della variazione costi per servizi di rete è uguale a:

$B7 \text{ [€/anno]} = Q7 \text{ [MWh/anno]} * \text{ stima costi approvvigionamento risorse mercato dei servizi [€/MWh]} - Q5^{14} \text{ [MWh/anno]} * \text{ costo variabile del termoelettrico marginale previsto nello scenario e nell'anno oggetto di studio considerati [€/MWh]}^{15}$.

7.8 Variazione (riduzione o incremento) dei costi per servizi di rete e per approvvigionamento di risorse sul mercato per il servizio di dispacciamento con rappresentazione zonale - (B8)

Il rispetto dei vincoli di esercizio (limiti di trasporto su sezioni di rete critiche, stabilità di frequenza e tensione) è una condizione necessaria per la sicurezza del sistema elettrico.

A valle del mercato dell'energia, durante il quale si considerano solo i vincoli delle unità di produzione e i limiti di transito tra le zone di mercato, al fine di garantire in ogni istante il rispetto di tutti i vincoli di esercizio è necessario approvvigionare risorse di rete sul mercato per il servizio di dispacciamento (MSD) atte a:

- assicurare adeguati margini di riserva secondaria e terziaria per garantire il bilanciamento di carico e generazione e gli scambi programmati;
- mantenere profili di tensione adeguati e all'interno dei limiti previsti;
- evitare sovraccarichi sugli elementi di rete.

La realizzazione di determinati interventi di sviluppo consente di ridurre o eliminare alcune violazioni previste di vincoli di esercizio nei dispacciamenti ottenuti a valle del mercato dell'energia pre- MSD e, conseguentemente, di ridurre i costi delle suddette risorse approvvigionate sul MSD.

Un rinforzo interzonale, oltre a aumentare i limiti di transito tra zone di mercato, può contribuire a rendere disponibili risorse in zone contigue che riducono le movimentazioni sul MSD necessarie sia a eliminare le congestioni interzonali, sia a garantire i margini di riserva per bilanciare l'intero sistema.

Le simulazioni deterministiche (effettuate tramite tool di simulazione del mercato dei servizi di dispacciamento) forniscono le movimentazioni totali "a salire" e "a scendere" espresse in MWh/anno, in presenza dell'intervento in esame. La quantità ottenuta è relativa alle movimentazioni per la risoluzione dei vincoli zonal di MSD [Q8].

Nel caso di movimentazioni legate ad impianti FER, la quantità movimentata per il relativo costo viene esplicitata nel beneficio B5.a, mentre nel B8 viene inclusa la sola valorizzazione rappresentativa dell'ulteriore ricavo che l'operatore può avere oltre quello a copertura dei propri costi.

Valutazione economica del beneficio

In generale la monetizzazione della variazione costi per servizi di rete è uguale a:

$B8 \text{ [€/anno]} = Q8 \text{ [MWh/anno]} * \text{ stima costi approvvigionamento risorse mercato dei servizi [€/MWh]} - Q5^{16} \text{ [MWh/anno]} * \text{ costo medio del termoelettrico marginale previsto nello scenario e nell'anno oggetto di studio considerati [€/MWh]}^{17}$

7.9 Costi operativi evitati in infrastrutture di trasmissione dell'energia elettrica che sarebbero state altrimenti necessarie in risposta a esigenze inderogabili - (B16)

Qualora significativi, si considerano anche gli oneri di esercizio e manutenzione ordinaria (OPEX) degli asset che avrebbero dovuto essere rinnovati/mantenuti in servizio in assenza dell'intervento di sviluppo e che invece sono previsti in demolizione nel piano di riassetto.

L'analisi fornisce la valorizzazione economica dell'indicatore (M€/anno di costi operativi evitati o differiti) e, nel caso in cui l'investimento sia differito, il numero di anni di differimento.

¹⁴ Quantità calcolata mediante le simulazioni di rete.

¹⁵ È stato considerato come tecnologia di riferimento il ciclo combinato con rendimento pari a CCGT present 1 (rendimento 56%).

¹⁶ Quantità calcolata mediante le simulazioni di mercato dei servizi di dispacciamento.

¹⁷ È stato considerato come tecnologia di riferimento il ciclo combinato con rendimento pari a CCGT present 1 (rendimento 56%).

7.10 Variazione (riduzione) delle esternalità negative associate all'aumento di emissioni di CO₂, ulteriori rispetto agli impatti già monetizzati nei benefici B1 e B7 mediante il prezzo della CO₂ per tenere conto di un eventuale differente valore delle emissioni per la società - (B18)

Questo indicatore misura il beneficio derivante dalla riduzione delle emissioni di CO₂, associabile ai seguenti fattori non valutati nell'ambito dell'indicatore B1 :

- impatto delle emissioni sulla salute pubblica (es. problemi respiratori, cardiocircolatori, ipertensione, etc.);
- impatto delle emissioni sull'ambiente (es. depositi calcarei su edifici, polveri, etc.).

La valutazione delle emissioni di CO₂ è conseguibile attraverso la variazione del mix produttivo, a favore di impianti alimentati da fonti rinnovabili o di impianti termoelettrici più efficienti, conseguente alla realizzazione di un intervento di sviluppo volto a ridurre o risolvere congestioni di rete interzonali (incremento dei limiti di transito tra le zone di mercato).

Per quantificare la variazione delle emissioni associate alla modifica del mix produttivo, si ricorre alle simulazioni di mercato in grado di analizzare il dispacciamento della generazione in assenza e presenza dell'intervento di sviluppo in esame, effettuate per il calcolo dell'indicatore B1.

Tale valutazione fornisce il valore di emissione (ton/anno) sull'intero perimetro di valutazione considerato. Tale valore (Q18) coincide con il valore I8 descritto nel successivo capitolo.

Valutazione economica del beneficio

Il valore economico della riduzione di esternalità negative associate all'aumento di emissioni di CO₂ è uguale:

$$B18 \text{ [€/anno]} = Q18 \text{ [t/anno]} * (\text{valore sociale esternalità CO}_2 \text{ [€/t]} - \text{prezzo delle emissioni CO}_2 \text{ già considerato [€/t]})$$

7.11 Variazione (riduzione) degli impatti negativi associati all'aumento di altre emissioni non CO₂ né gas effetto serra, quali ad esempio ossidi di zolfo e ossidi di azoto – (B19)

Questo indicatore misura il beneficio derivante dalla riduzione delle emissioni d'inquinanti quali ad esempio NO_x, SO₂, PM2,5 e PM10, associabile ai seguenti fattori:

- impatto delle emissioni sulla salute pubblica (es. problemi respiratori, cardiocircolatori, ipertensione, etc.);
- impatto delle emissioni sull'ambiente (es. depositi calcarei su edifici, polveri, etc.);
- non valutati nell'ambito dell'indicatore B1.

La valutazione delle emissioni è conseguibile attraverso la variazione del mix produttivo, a favore di impianti termoelettrici più efficienti, conseguente alla realizzazione di un intervento di sviluppo volto a ridurre o risolvere congestioni di rete interzonali (incremento i limiti di transito tra le zone di mercato).

La quantificazione della variazione di volumi di energia e di perdite è effettuata come già descritto per l'indicatore B18, ad eccezione del fatto che, in virtù degli effetti prevalentemente locali degli inquinanti ivi considerati, in questo caso le emissioni considerate vengono circoscritte al solo perimetro italiano. I volumi di energia dovuti al nuovo mix produttivo sono convertiti nel corrispondente valore di minore emissione dei rispettivi inquinanti (t/anno), utilizzando coefficienti di emissione specifici per ciascuna tecnologia di generazione.

Tale valutazione fornisce il valore di emissione (kt/anno)

Valutazione economica del beneficio

Il valore economico della riduzione di esternalità negative associate all'aumento di emissioni di altri inquinanti è uguale:

$$B19 \text{ [€/anno]} = \sum Q19 \text{ [kt/anno]} * \text{valore economico esternalità altri gas [€/kt]} \text{ legati principalmente alle forti opposizioni locali rispetto alle nuove infrastrutture elettriche.}$$

Analisi degli altri impatti 8

8.1 Premessa

Le seguenti voci di impatto sono quantificate, ma ad oggi non monetizzate, nell'Analisi Costi-Benefici:

- **indicatore I2:** variazione delle perdite di rete, in termini di GWh, associata alla realizzazione di nuovi interventi infrastrutturali;
- **indicatore I21:** incremento della capacità di interconnessione o di trasporto tra sezioni della rete, in termini di MW;
- **indicatore I22:** variazione, in termini di km occupati da infrastrutture lineari di trasmissione, del territorio occupato da reti elettriche;
- **indicatore I23:** variazione, in termini di km occupati da infrastrutture lineari di trasmissione, di occupazione di aree di interesse naturale o per la biodiversità;
- **indicatore I24:** variazione, in termini di km occupati da infrastrutture lineari di trasmissione, di occupazione di aree di interesse sociale o paesaggistico.

Le seguenti voci di impatto possono essere quantificate nell'Analisi Costi-Benefici, ma non monetizzate per garantire l'assenza di *double counting* o per limitata fattibilità tecnica:

- **indicatore I5:** maggiore integrazione di produzione da FER calcolata mediante simulazioni di mercato (overgeneration di sistema);
- **indicatore I8:** variazione delle emissioni di CO₂ calcolata mediante simulazioni di mercato relative al mercato dell'energia del giorno prima.

8.2 Variazione delle perdite di rete - (I2)

Si rappresenta che in un sistema elettrico generalmente magliato e caratterizzato prevalentemente da lunghe direttrici (quale ad es. quello italiano), le perdite di rete risultano fortemente dipendenti dalla localizzazione dei carichi e degli impianti di generazione e dai conseguenti flussi determinati dagli esiti del mercato.

Il calcolo delle perdite, a seconda dell'intervento di sviluppo da valutare, è effettuato ricorrendo a simulazioni di tipo probabilistico oppure attraverso simulazioni di *Load Flow* in regime statico¹⁸ su snapshots rappresentativi delle condizioni della rete (ad es. alla punta di carico (peakload)).

8.3 Incremento della capacità d'interconnessione o di trasporto tra sezioni della rete, in termini di MW (I21)

La verifica dell'incremento della capacità d'interconnessione o di trasporto interzonale (in entrambe le direzioni) è effettuata tramite analisi in regime statico di *Load Flow*, e qualora si rendano necessarie analisi di stabilità dinamica, variando opportunamente le condizioni al contorno, fino al raggiungimento dei limiti di sicurezza come descritti nell'appendice informativa.

¹⁸ In quest'ultimo caso la conversione in energia si ottiene moltiplicando la variazione delle perdite di rete per le ore di utilizzo delle perdite equivalenti alla punta di carico, eventualmente utilizzando opportuni pesi per le condizioni analizzate (numero di ore rappresentative in un anno).

8.4 Variazione, in termini di km occupati da infrastrutture lineari di trasmissione (I22, I23, I24)

La metodologia prevede l'individuazione di tre indicatori ambientali, denominati:

- I22. variazione, in termini di km occupati da infrastrutture lineari di trasmissione, del territorio occupato da reti elettriche;
- I23. variazione, in termini di km occupati da infrastrutture lineari di trasmissione, di occupazione di aree di interesse naturale o di interesse per la biodiversità;
- I24. variazione, in termini di km occupati da infrastrutture lineari di trasmissione, di occupazione di aree di interesse sociale o paesaggistico.

Il calcolo degli indicatori ambientali è basato su una sequenza di quattro precise operazioni quali:

- reperimento del dato aggiornato, di tipo geografico e georeferenziato da enti istituzionali (MASE, MIC e ISPRA), in formato shape file, relativo a Siti di interesse Comunitario (SIC), Zone di protezione speciale (ZPS), Elenco ufficiale delle aree naturali protette (EUAP), Zone umide italiane della lista di Ramsar, Aree importanti per l'avifauna (IBA - Important Birds Areas), aree UNESCO ed Uso del Suolo relativo alla sola categoria del Corine Land Cover 2006 1.1.-"Zone Urbanizzate di tipo residenziale";
- preparazione del dato di cui al punto precedente al fine di adattarlo alle specifiche di computo per gli indicatori ambientali. Per specifiche di computo si intendono tutte quelle operazioni spaziali eseguite in ambiente GIS con il fine di evitare doppi conteggi di opere all'interno del computo metrico;
- costruzione di un grafo elettrico di computo georeferenziato;
- computo degli indicatori ambientali.

Per quel che concerne il punto iii) di cui sopra, il grafo elettrico è costruito assemblando i singoli interventi georeferenziati del PdS di riferimento, classificati nelle seguenti categorie:

- **dismissione:** "Con il termine dismissione si considerano tutte le demolizioni lineari di tratti o interi elettrodotti aerei/interrati, indipendentemente dalla soluzione tecnologica aerea o cavo. Per gli interventi in autorizzazione/autorizzati sono stati graficati, e successivamente computati, i chilometri reali di dismissione, mentre per

gli interventi in concertazione, di cui non si conosce il tracciato, sono stati graficati e poi computati i chilometri lineari ipotetici, pertanto a valle della progettazione, il tracciato reale potrebbe subire variazioni più o meno rilevanti";

- **realizzazione:** "Con il termine realizzazione si considerano tutte i nuovi tratti di linea o interi elettrodotti aerei/interrati, indipendentemente dalla soluzione tecnologica aerea o cavo. Per gli interventi in autorizzazione/autorizzati sono graficati e poi stati computati i chilometri reali di realizzazione, mentre per gli interventi in concertazione, di cui non si conosce il tracciato, sono stati graficati e poi computati chilometri lineari ipotetici; pertanto, a valle della progettazione il tracciato reale potrebbe subire variazioni più o meno rilevanti";
- **dismissione e realizzazione:** "Con il termine dismissione e realizzazione si intendono tutte le demolizioni e realizzazioni di opere che prevedono un tracciato corrispondente all'esistente (tipicamente risoluzione degli elementi limitanti o ricostruzioni su stesso tracciato). A tale categoria si riferiscono anche le opere in concertazione, di cui non si conosce il tracciato".

Gli indicatori I22, I23 e I24 si riferiscono al perimetro italiano e non includono i dati di km di territorio occupato da infrastrutture di trasmissione che siano state già completate.

8.5 Maggiore integrazione di produzione da FER calcolata mediante simulazioni di mercato (overgeneration di sistema) (I5)

È il valore di energia annua (MWh/anno) ricavato dalle simulazioni di MGP e MSD. Parte di tale indicatore (quella relativa all'MSD) viene utilizzata per il calcolo dell'indicatore B5.a.

8.6 Variazione delle emissioni di CO₂ calcolata mediante simulazioni relative al mercato dell'energia (I8)

È la riduzione di emissione CO₂ (t/anno) ottenuta dalle simulazioni effettuate per il calcolo del beneficio B1.

Criteri di stima dei costi

9

9.1 Premessa

La metodologia per la stima e l'aggiornamento del costo di ciascun intervento e delle relative opere del Piano di Sviluppo, descritta nei successivi capitoli, fa seguito a quanto previsto all'articolo 11 dell'Allegato A alla deliberazione 627/2016 sui requisiti per l'analisi dei costi.

I costi di un intervento di sviluppo comprendono i costi capitale di realizzazione (Capex) ed i costi operativi durante la vita economica dell'opera (Opex); nel seguito è descritta la metodologia per la stima di tali voci di costo le cui valorizzazioni trovano specifica evidenza in ogni piano in cui vengono applicati.

Nei paragrafi successivi vengono descritte:

- le voci di costo da considerare ai fini della stima del costo complessivo di ogni Intervento, (§ 9.2.1 e § 9.2.2);
- l'ambito di applicazione della metodologia (§ 9.2.3);
- le fasi di avanzamento delle opere e le milestone ad esse associate (§ 9.2.4);
- la metodologia per la definizione delle categorie base delle opere standard e per la valorizzazione dei relativi costi unitari (§ 9.3);
- la metodologia per la stima dei costi dei potenziamenti e delle demolizioni (§ 9.4);
- i fattori incrementali K_n e le contingency Co (§ 9.6 e § 9.7);
- la metodologia adottata per l'aggiornamento delle stime del costo di investimento dell'opera/intervento nelle diverse fasi progettuali (§ 9.8 e § 9.9).

9.2 Introduzione alla stima dei costi

La metodologia prevede, fin dalla prima fase del progetto, la stima di tutte le voci di costo di ciascun intervento, suddivise in costi di investimento (Capex) e costi operativi (Opex).

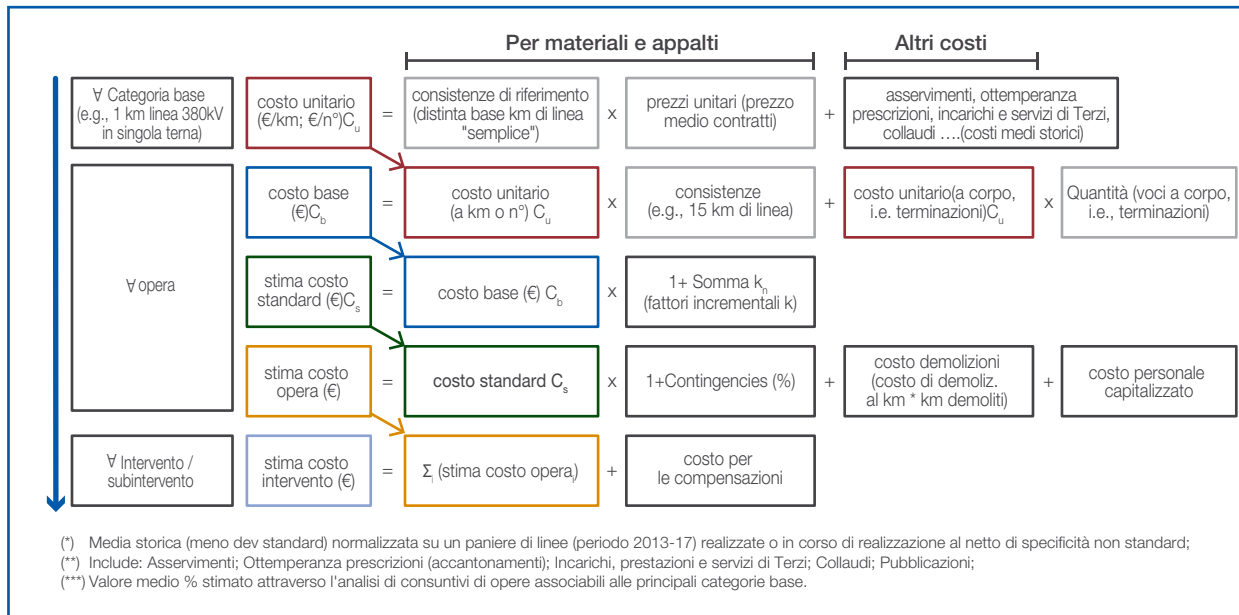
9.2.1 Costi di investimento (Capex)

Il costo di investimento dell'intervento è la somma dei costi di investimento delle singole opere che lo costituiscono e dei costi compensativi, esogeni al servizio di trasmissione e conseguenti a normative nazionali e locali:

$$\text{Capex intervento} = \sum \text{Capex delle opere} + \text{Costi compensativi}$$

Nella *Figura 1*, viene mostrata una rappresentazione esemplificativa del processo di stima del costo delle opere che compongono l'intervento a partire dalla definizione di una categoria base e dei relativi costi unitari.

FIGURA 1 Costruzione della stima del costo di investimento di un intervento



Le categorie base sono tipologie standard di elementi costitutivi le opere di trasmissione, definite in dettaglio nell'Appendice al § 11.1; in particolare:

- per le linee aeree, le categorie base sono costituite da un km di linea, comprensivo di tutti gli elementi necessari, e sono distinte per tensione, per il numero di terne e per il tipo di sostegno (§ 9.3.1);
- per i cavi interrati, le categorie base sono costituite da un km di linea, comprensivo di tutti gli elementi necessari, e sono distinte per tensione e tipo di isolamento; le terminazioni sono trattate in modo distinto (§ 9.3.2);
- per le stazioni elettriche, le categorie base sono costituite da un'unità di un componente funzionale di stazione e da alcuni elementi di costo stimati a corpo (§ 9.3.3).

Per ogni categoria base sono definiti i costi unitari (C_u) come la sommatoria dei prodotti tra le consistenze di riferimento definite per la categoria base ed i relativi prezzi unitari, più gli Altri Costi della categoria base relativi agli asservimenti, all'ottemperanza di prescrizioni, incarichi, prestazioni e servizi professionali, collaudi, pubblicazioni:

$$\text{Costo unitario (C}_u\text{)} = \sum [\text{Consistenze di Riferimento (q}_b\text{)} * \text{Prezzi unitari (P}_u\text{)}] + \text{Altri Costi}$$

I prezzi unitari considerati rappresentano una media dei prezzi presenti nei contratti di approvigionamento riferiti al 2020. Gli "Altri costi" vengono valorizzati considerando i valori medi storici relativi a opere entrate in esercizio negli ultimi anni.

A seguire è stimato il Costo Base (C_b) dell'opera come la sommatoria dei prodotti fra le consistenze dell'opera (consistenze di ciascuna categoria base inclusa nell'opera) ed i rispettivi costi unitari:

$$\text{Costo base (C}_b\text{)} = \sum [\text{Consistenze opera (q)} * \text{Costi unitari (C}_u\text{)}]$$

Il costo base dell'opera moltiplicato per un fattore che considera opportuni fattori incrementali (K_n), approfonditi al § 9.6, fornisce il Costo Standard (C_s):

$$\text{Costo standard (C}_s\text{)} = \text{Costo base (C}_b\text{)} * (1 + \sum (\text{Fattori incrementali (K}_n\text{)}))$$

Il costo standard dell'opera (C_s) è incrementato di un valore di contingency (C_o); a cui vanno poi sommati costo del personale capitalizzato e l'eventuale costo per la demolizione di infrastrutture preesistenti per ottenere la stima del Capex di ciascuna opera:

$$\text{Capex opera} = [\text{Costo standard (C}_s\text{)} * (1 + \text{Contingency (C}_o\text{)})] + \text{Costo del personale capitalizzato} + \text{Costi per demolizioni}$$

dove:

- il costo del personale capitalizzato (§ 9.5.1) è riferito ai costi relativi al personale dedicato alle attività di concertazione e autorizzazione e di quello inerente le attività di progettazione e realizzazione delle opere;
- i costi per le demolizioni (§ 9.4.2) sono relativi ad eventuali demolizioni di infrastrutture preesistenti;

- la contingency (§ 9.7.1) rappresenta la valorizzazione dell'impatto sui costi dell'opera di eventi imprevisi.

Infine, la somma delle capex delle opere e dei i costi compensativi, descritti nel paragrafo (§ 9.5.2), fornisce il costo di investimento dell'intervento.

Il Capex delle opere viene stimato nella prima fase di pianificazione e successivamente aggiornato in ogni fase in funzione dei nuovi elementi informativi che si rendono via via disponibili. La fase di aggiornamento a cui la stima di costo si riferisce è espressamente indicata per ciascuna opera o gruppo di opere nel Piano.

Le modalità di aggiornamento della stima dei Capex delle opere nelle diverse fasi di avanzamento sono riportate nel § 9.8 e § 9.9.

9.2.2 Costi operativi (OPEX)

I costi operativi (Opex) standard sono definiti per tipologia di opera e sono determinati coerentemente con i costi annuali storici relativi alle attività operative svolte per le opere standard omologhe. Gli Opex per ciascuna opera sono espressi in euro per km di linea (linee aeree e in cavo) o per stallo (stazioni) e il loro valore è ottenuto applicando la seguente formula:

Valore Opex annuale totale = \sum [Valore Opex annuale unitario * Consistenza opera (q)]

Per definire i Costi Operativi unitari annui è stata condotta un'analisi basata su dati storici, con solo riferimento a impianti standard e senza tenere conto di eventuali manutenzioni su guasto e/o straordinarie. In particolare, ai fini della stima, sono state considerate le seguenti categorie di costo rapportate alle consistenze storiche:

- Costi di Trasmissione: costi riferibili ai costi di esercizio e manutenzione (O&M), diretti e indiretti, imposte e canoni, costi di Asset Management e costi assicurazione funzionali alle attività di Operation e Maintenance;
- Costi di controllo e teleconduzione impianti: costi di esercizio per la gestione in tempo reale e la programmazione del sistema elettrico riferibili alla gestione degli impianti.

9.2.3 Ambito di applicazione

La presente metodologia si riferisce a interventi e opere del Piano, e si applica alle "opere standard" (§ 2) caratterizzate da un accettabile livello di standardizzazione progettuale.

Non si intende applicabile alle "opere speciali" (§ 2) per le quali, in ragione del carattere innovativo della soluzione progettuale, della scarsa ampiezza del mercato di riferimento, la stima del costo di investimento deve necessariamente basarsi su analisi specifiche.

Inoltre, non rientrano nel perimetro di applicazione della nuova metodologia le riconversioni ed i riclassamenti di componenti/sezioni di stazione preesistenti, in quanto si tratta di opere che presentano caratteristiche specifiche che ne rendono difficile la standardizzazione. Per opportuna trasparenza nelle tabelle di avanzamento dei Piani di Sviluppo sono riportati i costi consuntivati delle opere speciali realizzate da Terna.

9.2.4 Fasi di avanzamento delle opere e definizione delle milestone per la stima dei costi

Di seguito si riportano le fasi che tipicamente caratterizzano l'evoluzione dello stato di avanzamento delle opere di sviluppo, con evidenza delle milestone (snodi dell'avanzamento nei quali vengono obbligatoriamente aggiornate le stime dei costi).

- Fase 1 - Pianificazione: fase in cui viene individuata la soluzione tecnica ad un'esigenza elettrica, tipicamente supportata da uno studio di prefattibilità. La milestone conclusiva di tale fase è l'inserimento dell'intervento pianificato nel Piano (Milestone M1).
- Fase 2 - Concertazione e progettazione definitiva: fase di redazione del piano tecnico delle opere (cd. PTO), tipicamente supportato da studi ambientali. La fase termina con la redazione del progetto definitivo delle opere e l'invio dell'istanza autorizzativa (Milestone M2).
- Fase 3 - Autorizzazione: fase compresa tra l'avvio dell'iter autorizzativo di progetto e l'emissione del decreto di autorizzazione alla costruzione e all'esercizio (o autorizzazione/attività equivalente per opere a cui non

trova applicazione il decreto secondo tale procedura). La milestone conclusiva di tale fase è il progetto autorizzato, ossia il progetto aggiornato sulla base di eventuali indicazioni contenute nei pareri, nelle prescrizioni e nelle varianti richieste da Istituzioni, Enti o altri soggetti interessati (Milestone M3).

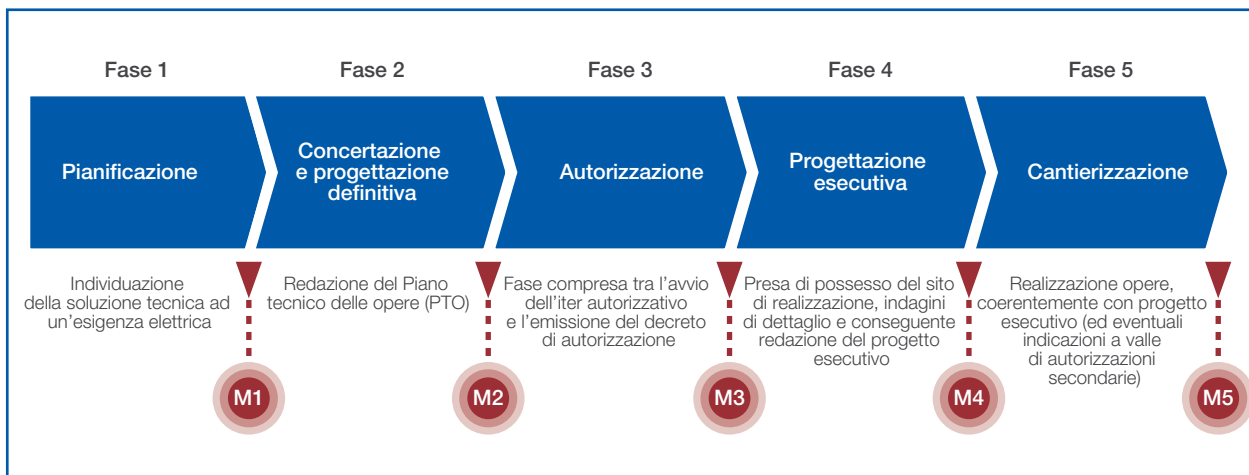
- Fase 4 - Progettazione esecutiva e approvvigionamento: fase caratterizzata dalla presa in possesso del sito di realizzazione dell'opera, dalle indagini di dettaglio, con conseguente redazione del progetto esecutivo, anche aggiornato per considerare eventuali indicazioni da autorizzazioni secondarie. La milestone conclusiva di tale fase è la trasmissione del progetto esecutivo agli Enti competenti e l'avvio dei cantieri (Milestone M4).

- Fase 5 - Cantierizzazione: Fase caratterizzata dalla realizzazione delle opere, coerentemente con il progetto esecutivo ed eventuali indicazioni da sopraggiunte autorizzazioni secondarie. La milestone conclusiva di tale fase è la Messa in servizio/in esercizio dell'opera (Milestone M5).

Si precisa infine che il procurement è un processo che interessa più fasi, tipicamente dalla 3 alla fase 5.

A seguito della messa in esercizio possono proseguire attività come finiture, ripristini, monitoraggi, collaudi tecnico-amministrativi, compresi quelli legati al contenzioso amministrativo per le servitù.

FIGURA 2 *Fasi di avanzamento e milestones*



9.3 Individuazione delle categorie base e criteri di stima dei costi unitari

Nel seguito sono chiarite le ipotesi assunte per individuare le consistenze di riferimento per la definizione delle categorie base per le linee (aereo e cavo) e per le stazioni, al fine di determinare il costo unitario di ciascuna categoria.

Come già accennato, le categorie base sono tipologie standard di elementi costitutivi le opere di trasmissione; per ogni categoria base sono individuate le consistenze di riferimento in condizioni standard, ovvero il numero minimo di componenti e le attività necessarie a realizzare un'unità di categoria base.

9.3.1 Linee aeree

Per le linee aeree le condizioni standard, ovvero le condizioni tipiche minime di realizzazione, per la costruzione del costo unitario (k€/km e k€/corpo) sono le seguenti:

- accessibilità al tracciato non critica;
- interferenze con altre infrastrutture numericamente nei valori medi (aree mediamente infrastrutturate);
- tipo di terreno pianeggiante, non inquinato e con distanze relativamente brevi da cave;
- tracciato dell'elettrodotto aereo senza variazioni angolari (tortuosità) significative;
- campata media tipica per i livelli di tensione considerati;
- assenza di soluzioni speciali per vincoli di natura ambientale e paesaggistica, nonché assenza di soluzioni speciali imposte da iter concertativi/autorizzativi;
- impiego di fondazioni tipiche;
- sostegni a traliccio tradizionale (o sostegni tubolari monostelo per le categorie base corrispondenti);
- conduttori tradizionali;
- impiego del fascio trinato per ciascuna fase nel caso di linea a 380 kV e di conduttore singolo per gli altri livelli di tensione;
- progettazione standard, senza soluzioni specifiche o complessità elevate per il superamento di vincoli;
- asservimenti ed espropri con valori base di costo dei suoli e bassa contenziosità amministrativa e legale;
- esecuzione del cantiere senza interruzioni legate ad azioni ostative di comitati, opposizioni locali, etc.

La consistenza di riferimento per le linee aeree è la consistenza media per carpenteria, conduttori, morsetteria,

accessori ed appalto (civile e tesature) sulla base di una tabella di picchettazione media degli elettrodotti realizzati dal 2013 o sulle tabelle di picchettazione di progetti formalmente presentati in iter autorizzativo o in progettazione esecutiva. Dei suddetti impianti si è provveduto ad eliminare gli elementi sito specifici riconducendoli quindi ad impianti confrontabili e su questi si è proceduto a calcolare i valori medi che costituiscono lo standard di riferimento.

Le voci di costo per l'individuazione del costo unitario di un elettrodotto sono riconducibili:

- ai prezzi unitari riferiti ai contratti del 2020 per Materiali, Appalti e Carpenteria:
 - fondazioni e opere civili;
 - fornitura e montaggio dei sostegni;
 - fornitura e tesatura dei conduttori;
 - armamenti (isolatori) e accessori;
- ai valori medi storici di opere entrate in esercizio negli ultimi 5 anni di Altri costi relativi a:
 - studi, progettazione e iter autorizzativi (istanze autorizzative e di compatibilità ambientale);
 - esecuzione delle indagini ed approfondimenti tematici, gestione degli acquisti e dei contratti d'appalto, direzione lavori, coordinamento di Sicurezza in ambito di Progettazione (CSP) ed Esecuzione (CSE) dell'asset, collaudi tecnico-amministrativi;
 - asservimenti, site preparation, costruzione delle piste d'accesso per i sostegni e relativi ripristini dei luoghi allo stato ante operam, spese di chiusura cantiere.

Nella *Tabella 7* dell'Appendice vengono elencate le categorie base per tipologia di linee aeree alle quali saranno associati i costi unitari; la suddivisione si articola per livello di tensione nominale e tipologia di elettrodotto (semplice o doppia terna) e per tipologia di sostegno.

9.3.2 Linee in cavo

Per le linee in cavo, le condizioni standard per la costruzione del costo unitario sono le seguenti:

- posa in opera di una terna di cavi in area extra-urbana mediante singola trincea su sedime stradale disponibile;
- profondità media di interrimento in trincea e senza opere di superamento interferenze speciali o complesse;
- lunghezza media delle pezzature;
- lunghezza dell'elettrodotto in cavo superiore ai 5 km (per linee corte si adottano valutazioni ad hoc);
- livello medio di protezione meccanica dei cavi;

- assenza di schermatura;
- tracciato dell'elettrodotto in cavo senza variazioni angolari significative;
- progettazione standard, senza soluzioni speciali o complessità elevate per il superamento di vincoli;
- interferenze medie con sottoservizi¹⁹;
- asservimenti ed espropri con valori medi dei suoli e medio livello di contenziosità amministrativa e legale;
- esecuzione del cantiere senza interruzioni legate ad azioni ostative di comitati, opposizioni locali, etc.

La consistenza di riferimento per le linee in cavo è la consistenza media per materiali e appalti sulla base dei dati di consuntivo di elettrodotti in cavo realizzati dal 2013. I diversi progetti sono stati epurati da materiali acquistati sito specifici e lavorazioni particolari rendendo i diversi impianti confrontabili. Una volta "standardizzati" i vari impianti si è proceduto ad elaborare i valori medi che costituiranno lo standard di riferimento.

Le voci di costo che formeranno il costo unitario di una linea in cavo sono riconducibili:

- ai prezzi unitari riferiti ai contratti del 2020 per Materiali e Appalto:
 - fornitura e montaggio di cavi, giunti, terminali e accessori;
 - scavo delle trincee e opere civili;
- ai valori medi storici di opere entrate in esercizio negli ultimi 5 anni di Altri costi relativi a:
 - studi, progettazione e iter autorizzativi (istanze autorizzative e di compatibilità ambientale);
 - esecuzione delle indagini ed approfondimenti tematici, gestione degli acquisti e dei contratti d'appalto, direzione lavori, Coordinamento di Sicurezza in ambito di Progettazione (CSP) ed Esecuzione (CSE) dell'opera, progettazione, collaudi tecnico-amministrativo;
 - asservimenti, site preparation, costruzione opere provvisorie per la posa dei cavi e relativi ripristini dei luoghi allo stato ante operam, spese chiusura cantiere.

La classificazione delle tipologie di cavi, riportata in *Tabella 8* dell'Appendice, si basa sui seguenti criteri²⁰:

- livello della tensione nominale;
- tipologia del materiale isolante: XLPE (polietilene reticolato) o EPR (gomma etilen propilenica) realizzato per estrusione;

- materiale del conduttore: rame o alluminio;
- principali sezioni industriali disponibili dei conduttori (espresse in mm² con indicazione della portata nominale espressa in MVA per terna di cavi).

Nella *Tabella 9* dell'Appendice sono riportate le voci delle terminazioni relative alle categorie base delle linee in cavo.

9.3.3 Stazioni

Il costo base totale di una stazione elettrica si ottiene dalla composizione dei costi unitari delle diverse categorie base di cui è composta e dei costi di altre voci relative alle opere civili, acquisto terreni, costi per gestione iter autorizzativo, collaudi e montaggi:

- macchinari (sistemi di compensatori sincroni, AutoTRasformatore, reattore, batteria condensatori) comprensivi delle opere di fondazione ad essi connessi;
- stalli e apparecchiature (interruttori, sezionatori, TA, TV, scaricatori, bobine onde convogliate) e collegamenti AAT e AT, compresi conduttori, morsetteria, isolatori, sostegni, carpenteria di stazione, circuiti di messa a terra, opere civili di fondazione, unità periferiche del sistema di protezione, comando e controllo, unità periferiche di sistemi ausiliari e sistemi generali, ecc.;
- impianti accessori di automazione e ausiliari: apparati e circuiti di protezione, comando e controllo, compresi quadri/ pannelli, cavi, batterie, gruppo elettrogeno, quadro MT, alimentazioni da rete MT, trasformatori MT/BT, infrastrutture di rete e relativi materiali e apparecchiature (ad es. sistemi telefonici, sistemi per teleoperazioni, canali e apparati di comunicazione ecc.), infrastrutture, anche non appartenenti alla rete, atte a garantire, senza alcun degrado, la continuità del servizio di telecomunicazione e/o telepilotaggio (es. onde convogliate) eventualmente presenti nella porzione di rete interessata dalla specifica stazione, ecc.;
- impianti dei servizi generali di stazione: illuminazioni esterne (torri faro, ecc.), illuminazioni interne, impianto telefonico, condizionamento, antincendio, dispositivi di controllo accessi, ecc.;
- opere civili di site preparation: con opere di contenimento/ rilevato, sistemazione piazzali, fondazioni, sostegni, apparecchiature e portali, cunicoli e tubazioni, rete drenaggi, rete di terra principale e secondaria, recinzioni, viabilità interna e raccordo alla viabilità esterna, smaltimento acque bianche e acque nere, ecc.;

¹⁹ Opera di Terzi che potrebbe interferire con la posa del cavo.

²⁰ Separatamente nella *Tabella 11* si considerano le stazioni di transizione aereo-cavo con presenza di reattanze shunt di compensazione da 200 MVA.

- edifici: nelle configurazioni standard: edificio comandi, edificio per impianto SF6, box di stallo (chiosco), edificio per servizi ausiliari e/o quadro MT;
- acquisto terreni, raccordi viari, allacciamenti utenze principali (rete idrica, fognaria e rete MT per l'alimentazione dei Servizi Ausiliari);
- montaggi e collaudi: posa in opera di apparecchiature e circuiti, collaudi tecnico - amministrativi, prove funzionali e messa in servizio;
- altri costi per gli studi e la progettazione per gli iter autorizzativi (istanze autorizzative), per l'esecuzione delle indagini ed approfondimenti tematici, e per la gestione degli acquisti e dei contratti d'appalto, direzione lavori, Coordinamento di Sicurezza in ambito di Progettazione (CSP) ed Esecuzione (CSE) dell'opera, finiture e chiusura cantiere.

Le tipologie di stazioni elettriche considerate sono quelle di trasformazione e di smistamento e possono anche essere classificate dal punto di vista costruttivo in relazione alla modalità di realizzazione dell'isolamento delle parti attive. Le due principali tipologie di isolamento sono:

- impianti isolati in aria;
- impianti isolati in SF6 con parti attive in involucro metallico.

La classificazione delle componenti base delle stazioni elettriche è stata riportata secondo:

- il livello di tensione nominale;
- la tipologia del mezzo isolante (aria o esafluoruro di zolfo);
- il macchinario: sistema di compensatore sincrono (taglia), Autotrasformatore (rapporto di trasformazione e potenza nominale), reattore (livello di tensione) e batteria condensatori;
- tipologia della stazione (trasformazione o smistamento);
- tipologia di edifici;
- le opere civili di sistemazione del sito (pianura/collina/montagna)²¹;
- l'acquisto dei terreni, le opere di costruzione asset viari, gli allacciamenti in Media Tensione, idrici e fognari.

La classificazione degli elementi di stazione è riportata nella *Tabella 10*, nella *Tabella 11* e nella *Tabella 12* dell'Appendice.

9.4 Criteri di stima dei costi di potenziamenti e demolizioni di infrastrutture preesistenti

9.4.1 Potenziamenti di linee e ampliamenti/riclassamenti di stazioni preesistenti

Si possono individuare diverse fattispecie di potenziamento, per le quali sono previste differenti modalità di stima dei costi di investimento.

In particolare, con riferimento alla rimozione delle limitazioni di linee aeree ed in cavo esistenti, è possibile classificare i potenziamenti in:

- i. riclassamenti, che implicano una variazione del livello di tensione e potenza trasmissibile, attraverso la rimozione di tutti gli "elementi limitanti" diffusi sull'intera opera;
- ii. potenziamenti relativi all'intera opera (con rimozione di tutti gli "elementi limitanti" diffusi sull'intera opera), che implicano esclusivamente un aumento di potenza trasmissibile;
- iii. potenziamenti relativi solo ad alcune componenti/ sezioni dell'opera (e.g., sostegni, conduttori, catene, isolatori, morsetteria), con rimozione di "limitazioni puntuali" e non diffuse sull'intera opera.

Nei casi di cui ai punti i e ii, i potenziamenti sono associabili a nuove realizzazioni di linee, pertanto la stima dei costi unitari è effettuata con le stesse modalità di quest'ultime.

Per la tipologia di cui al punto iii, invece, la stima del costo, definita sulla base della soluzione specifica di componentistica da potenziare, è oggetto di apposito preventivo dal momento che non è possibile ex-ante la definizione di uno standard.

Per quanto concerne le stazioni elettriche, invece, è possibile distinguere tra:

- iv. ampliamenti, che consistono nell'inserimento di nuovi componenti/sezioni della stazione;
- v. riconversioni, riclassamenti di componenti/sezioni dell'opera già esistenti, che implicano la demolizione degli stessi e la loro sostituzione con nuovi elementi.

Nel caso di cui al punto iv, trattandosi di nuove realizzazioni di componenti e sezioni di stazione, la stima dei costi è effettuata prendendo a riferimento i costi unitari delle componenti di stazione di cui al paragrafo Stazioni.

²¹ Escluse le fondazioni delle singole apparecchiature che vengono incluse nelle componenti elementari (stalli).

Al contrario, le riconversioni ed i riclassamenti di componenti/sezioni di una stazione già esistenti (punto v) non rientrano nel perimetro di applicazione della nuova Metodologia, in quanto si tratta di opere che presentano caratteristiche non standardizzabili, e che saranno oggetto di apposito preventivo.

9.4.2 Demolizioni di infrastrutture preesistenti

La stima dei costi relativi alle attività di demolizione di infrastrutture preesistenti presuppone la definizione di un costo che:

- nel caso delle linee aeree, è stimato moltiplicando i km di linee ed il numero di terminazioni demolite per i rispettivi costi unitari di demolizione – differenti a seconda della categoria base di linea considerata;
- nel caso di linee in cavo, è stimato moltiplicando i km di cavo ed il numero di terminazioni demolite per i rispettivi costi unitari di demolizione – per tutte le categorie base di linee in cavo esistenti senza distinzione della tipologia di cavo;
- nel caso di stazioni/componenti di stazioni, viene determinato a valle di un'analisi puntuale e sito-specifica (computo metrico estimativo). I rifacimenti di componenti/sezioni di stazioni esistenti sono infatti opere che presentano caratteristiche altamente specifiche che ne rendono difficile la standardizzazione ed il calcolo di costo unitario significativo. Pertanto, per le demolizioni di stazioni o di parti di esse non è definito un costo unitario di riferimento.

Il costo base delle demolizioni delle linee non è incrementato dei fattori incrementali, ma in casi particolari (ad esempio utilizzo di elicotteri) potrà subire delle motivate variazioni.

Nella *Tabella 13* dell'Appendice sono riportate le categorie base delle demolizioni relative alle linee.

9.5 Stima di ulteriori voci di costo che compongono il Capex

9.5.1 Costi del personale capitalizzato

La stima dei costi del personale, per ogni opera, include:

- i. i costi relativi alle attività di concertazione e autorizzazione;
- ii. i costi relativi al personale dedicato alla progettazione e realizzazione delle opere.

Per quel che riguarda il punto i, il costo viene stimato puntualmente per ogni opera/gruppo di opere a seconda della tipologia dell'opera, dell'ambito territoriale, della

lunghezza linea e considera le ore di impegno del personale Terna legato alle attività di concertazione ed autorizzazione, i costi delle pubblicazioni, ecc....

Per i costi inerenti il punto ii, è stata effettuata un'analisi storica dei consuntivi considerando il rapporto tra i costi del personale ed il costo totale delle opere alle quali erano riferiti; l'analisi ha evidenziato delle differenze in base alla tipologia di opera considerata, perciò per la stima dei costi del personale vengono usate delle percentuali diverse a seconda dell'opera (elettrdotto o stazione) nelle prime fasi di pianificazione.

Tali stime saranno soggette ad affinamenti in occasione dell'avanzamento del progetto, in funzione delle nuove informazioni acquisite in ciascuna fase.

9.5.2 Costi compensativi esogeni alle infrastrutture dedicate al servizio di trasmissione

I costi compensativi sono collegati ad attività tipicamente non elettriche atte a ridurre gli impatti residui di uno specifico intervento di sviluppo della RTN.

Esistono due principali tipologie di interventi di riqualificazione territoriale che possono essere concessi quali compensazioni degli impatti residui delle opere elettriche:

- riqualificazioni ambientali (e.g., interventi vegetazionali, dispositivi per avifauna, sistemazione straordinaria strada rurale, recupero e ripristino di ex cave);
- riqualificazioni urbanistiche (e.g., sistemazioni e opere stradali, riqualificazione urbanistica del centro storico, riqualificazione parco comunale).

I costi compensativi vengono stimati a livello di intervento o di sub-intervento, (i.e., insieme di opere appartenenti allo stesso intervento e generalmente appartenenti allo stesso iter autorizzativo). Il costo compensativo viene stimato in corrispondenza delle prime 3 fasi progettuali (fino a M3), mentre per le fasi successive M4 e M5 viene aggiornato in esito all'iter autorizzativo.

9.6 Fattori incrementali

La pianificazione economica delle infrastrutture elettriche risente notevolmente di specificità territoriali, di variabili esogene, di peculiarità di progetto, che – determinando forti variazioni delle tecniche di progettazione nonché delle opere pianificate – portano ad una variazione del costo stimato tra il momento di pianificazione ed il momento dell'entrata in esercizio dell'opera.

I fattori incrementali e la contingency, utilizzati fin dalla prima di fase di pianificazione per considerare nelle stime di costo l'impatto di tali elementi, sono descritti in dettaglio nel seguito.

9.6.1 Individuazione dei fattori incrementali (K_n)

I fattori incrementali incorporano nelle stime di costo delle opere l'impatto di specificità dei siti, le variabili esogene predicibili e le peculiarità tecnologiche dei progetti che modificano, tipicamente incrementandola, la stima di costo delle componenti base (al netto delle categorie base relativi a macchinari di stazione, quali ATR, compensatori, ecc... la cui peculiarità progettuale è intrinsecamente prevista tramite gli elementi di stallo).

Per ciascun fattore incrementale è definito un intervallo di possibile variazione; nella stima di costo formulata per ciascuna opera in un determinato istante, ogni fattore moltiplicativo assume un valore puntuale – compreso in tale intervallo – in relazione alle informazioni disponibili in quel momento. Tipicamente i fattori incrementali si riducono con il procedere delle fasi di un progetto, perché gli elementi di incertezza si riducono progressivamente.

I fattori incrementali hanno le seguenti caratteristiche:

- trasparenza: l'applicazione dei fattori incrementali avviene da parte di Terna in modo trasparente, attraverso una metodologia codificata;
- oggettività: i fattori incrementali sono valorizzati in modo esplicito e legato ad elementi oggettivi, sulla base dell'esperienza e di dati storici.

I fattori incrementali K_n sono raggruppati per tipologia nei seguenti cluster:

- K1: Ubicazione territoriale e condizionamenti territoriali/ambientali/paesaggistici;
- K2: Aspetti legati all'autorizzazione e alle prescrizioni autorizzative;
- K3: Condizionamenti di natura tecnica e innovazione tecnologica;
- K4: Aspetti legati all'acquisto, asservimento ed esproprio dei fondi e contenziosi amministrativi;
- K5: Aspetti legati al procurement;
- K6: Autorizzazioni secondarie e aspetti legati alla cantierizzazione;
- K7: Anticipo benefici.

Ognuno dei cluster di fattori incrementali proposti include una serie di aspetti che si traducono in addendi elementari che compongono il cluster.

K1-Ubicazione territoriale e condizionamenti territoriali e ambientali/paesaggistici:

tale fattore intende tenere in debita considerazione i profili orografici dei terreni, l'interessamento di aree urbane, di edificato diffuso, l'interessamento di aree vincolate e interferenze/prossimità con zone di alto valore paesaggistico e culturale (dall'applicazione dei criteri ERPA- Esclusione, Repulsione, Problematicità e Attrazione), le caratteristiche geologiche e geo-meccaniche del suolo (con frane, con movimenti franosi, normali, roccia), l'interessamento di aree a vincolo archeologico o siti d'interesse archeologico, la localizzazione in aree difficilmente raggiungibili o caratterizzate da scarse infrastrutture, l'interferenza/prossimità con Siti Inquinati d'Interesse Nazionale e Regionale (SIN e SIR) e/o fonti di inquinamento del suolo o sottosuolo (sia di natura antropica che naturale), l'interessamento/prossimità fonti di inquinamento dell'aria sia di natura antropica che naturale, la presenza di aree caratterizzate da elevata frequenza di eventi meteo avversi (ghiaccio, neve, vento), l'interessamento di aree a rischio sismico, l'interessamento di aree naturali protette e aree della rete Natura 2000, l'interessamento di aree sensibili per aspetti sociali ed ambientali.

K2-Aspetti legati all'autorizzazione e alle prescrizioni autorizzative:

tale fattore considera le prescrizioni per il superamento di vincoli e aree di interesse archeologico, le prescrizioni per aree a pericolosità idrogeologica, geomorfologica e sismica di livello medio, elevato o molto elevato, le prescrizioni per vincoli rete natura 2000, fauna, flora, etc., le prescrizioni specifiche per vincoli e aree di interesse paesaggistico e culturale, le prescrizioni specifiche per limitazione di CEM, rumore, etc., le prescrizioni con limitazione delle durate dei cantieri, l'accettazione delle opere infrastrutturali dalle popolazioni interessate, i maggiori oneri per cambio di tecnologia imposto dal quadro prescrittivo (tale fattore considera gli interramenti per porzioni di asset, l'impiego di soluzioni tecnologiche speciali - sostegni tubolari, Foster, Dutton-Rosental, Vitruvio, etc. – e di apparecchiature non standard). Inoltre, rientrano in tale cluster eventuali specifici costi di nuove pubblicazioni di progetto, piani particellari, adempimenti da 241/90, 327/01 e ss.mm.ii a seguito di varianti imposte durante la Valutazione d'Impatto Ambientale, di studi correlati per ulteriori approfondimenti tematici richiesti durante l'iter autorizzativo, ed infine specifici costi connessi con l'espletamento delle fasi concertative (incontri con gli Enti coinvolti, open day ecc.) sino alla stipula delle convenzioni specifiche con gli Enti.

K3-Condizionamenti di natura tecnica e innovazione tecnologica:

tale fattore considera soluzioni particolari per la presenza di passaggi in fasce strette tra edificato per elettrodotti in aereo o in aree urbane per cavidotti, la numerosità e complessità degli attraversamenti per linee aeree o dei sotto servizi per linee in cavo, i vincoli in termini di natura realizzativa (e.g., indisponibilità di asset della RTN), l'utilizzo di apparecchiature/strutture particolari per la riduzione dei lay-out in relazione alla mancanza di spazi disponibili (e.g., utilizzo di moduli compatti integrati per stazioni elettriche e sostegni speciali a basi strette per linee aeree, nonché utilizzo di cavi speciali per riduzione d'ingombri), la presenza di componenti con caratteristiche tecniche maggiorate in modo da consentire installazioni meno ingombranti e meno impattanti (e.g., cavi elettrici che consentono portate più elevate, ZTAL, conduttori aerei speciali, dispositivi per il controllo puntuale – diretto ed indiretto - delle portate), le innovazioni tecnologiche in aree di pregio naturalistico, culturale, paesaggistico o in aree antropizzate.

K4-Aspetti legati all'acquisto, asservimento ed esproprio dei fondi e contenziosi amministrativi:

tale fattore rappresenta il maggiore valore dei fondi per usi industriali e civili, per colture pregiate, per aree di pregio culturale, paesaggistico e naturalistico, la maggiore incidenza delle piste di accesso e le opere provvisorie (occupazioni temporanee) per costruzioni distanti dalla viabilità ordinaria, la presenza nei fondi da acquisire di opere comuni ad altre proprietà, la presenza di pozzi comuni, altre promiscuità, altri fattori sito-specifici che possono modificare il valore dei fondi.

Inoltre con tale fattore si intende tenere in considerazione l'impatto dell'interessamento di un territorio che storicamente ha un elevato ricorso a giudizi amministrativi per art. 21 del DPR 327/01, con forti opposizioni verso le infrastrutture (contenzioso elevato, comitati), nonché tutte le extra spese connesse con l'espletamento delle procedure amministrative volte all'individuazione del valore finale dell'indennità di asservimento nonché dei danni causati ai fondi per la costruzione dell'opera.

K5-Aspetti legati al procurement: tale fattore tiene conto degli impatti sui prezzi di condizioni di particolare potere contrattuale dei fornitori (squilibrio domanda/offerta), dalle condizioni di mercato, dall'evoluzione degli accordi commerciali rilevanti per la value chain.

K6-Autorizzazioni secondarie e aspetti legati alla cantierizzazione:

tale fattore è teso a rappresentare i maggiori costi connessi all'ottenimento di autorizzazioni secondarie atipiche e complesse in zone sensibili emergenti in corso dell'iter, l'esecuzione di opere speciali per il superamento del rischio idrogeologico e geomorfologico, nonché di opere di ingegneria naturalistica, l'esecuzione di opere speciali per zone ad alta pericolosità sismica, la maggiore sorveglianza archeologica in fase di cantiere, le opere specifiche per l'integrazione con i reperti o la valorizzazione, la presenza di accorgimenti/opere specifiche in aree SIN o in aree con inquinamento di natura antropica o naturale, la costruzione di piste di accesso più estese (distanza da asset viari o interferenti aree di pregio naturalistico), la necessità di impiego di mezzi speciali (elicottero, trivelle di maggior dimensione, etc.), per suoli impervi e/o particolarmente acclivi, gli interventi di mascheramento vegetazionale e/o di mitigazione visiva, le opere d'ingegneria naturalistica per la stabilità di suoli impervi e modello del terreno, l'adozione di misure di prevenzione e/o di messa in sicurezza per eventuale presenza di contaminanti in conformità alle disposizioni del Testo Unico Ambientale, per conferimento rifiuti speciali e/o per recupero fondiario, le attività in prossimità di aree boscate o con colture di pregio con lavorazioni ad elevata protezione, le esigenze di ripristini speciali emerse in fase di cantiere, i maggiori oneri legati alla distanza dagli impianti di betonaggio, alla distanza dalle cave e dalle discariche, le limitazioni temporali, di mezzi e l'utilizzo di attrezzature speciali per il rispetto del quadro prescrittivo, l'esecuzione di opere speciali per richieste manifestate in fase di autorizzazione secondaria o modifiche al quadro prescrittivo, le modifiche alla tempistiche di esecuzione delle attività nei contratti base, con variazione dei costi connessi con varianti economiche correlate alla rimodulazione temporale di cantiere determinate da azioni ostative esogene.

K7-Anticipo benefici: tale fattore tiene conto, ove applicabile, di possibili extra costi da sostenere per riprogrammare temporalmente la realizzazione delle opere in modo che il sistema possa godere in anticipo dei benefici correlati alla loro entrata in esercizio.

La presente identificazione di fattori incrementali costituisce una prima sistematizzazione finalizzata alla nuova metodologia di stima dei costi. I fattori sopra elencati potranno perciò essere oggetto di ulteriori approfondimenti in relazione alla ricognizione storica degli eventi che hanno caratterizzato la realizzazione di impianti negli ultimi anni e saranno verificati in sede applicativa, anche ai fini di possibili modifiche e aggiornamenti.

9.7 Contingency

La contingency (Co) rappresenta la valorizzazione dell'impatto sul costo di investimento di eventi imprevisti non già inclusi nei fattori incrementali.

La contingency, a titolo esemplificativo, fa riferimento agli impatti di eventuali modifiche normative che incorrono nell'intervallo pluriennale intercorrente fra la prima pianificazione e la realizzazione dell'opera, ad eventuali contenziosi non già considerati nel fattore moltiplicativo K4, ad eventuali imposizioni amministrative e fisiche di blocco cantieri e ad altre variabili che incidono sul valore complessivo dell'opera non preventivabili e non intercettabili con i fattori incrementali.

9.7.1 Individuazione della contingency (Co)

La modulazione della contingency tiene conto dei seguenti aspetti:

- i. tipologia di opere: le contingencies sono tendenzialmente diverse in funzione delle opere standard oggetto di pianificazione: stazioni elettriche, elettrodotti aerei e elettrodotti in cavo. Si è verificato, attraverso un'analisi di rischio, che gli elettrodotti aerei hanno un tasso di rischiosità maggiore rispetto alle stazioni elettriche e agli elettrodotti in cavo;
- ii. fase del processo di realizzazione: le fasi del processo di pianificazione, progettazione e realizzazione impianti partono da una fase con minori elementi conoscitivi (la pianificazione) a fasi con elementi di conoscenza sempre maggiore. La contingency – qualunque sia la tecnologia e qualunque siano le opere – presenta tipicamente valori decrescenti all'avanzare del progetto.

Il valore della contingency:

- è addizionale al valore del costo standard (prodotto del costo base per i fattori incrementali K);
- è stato stimato tramite l'analisi dello storico di un paniere di opere, attraverso un confronto puntuale e articolato tra pianificato e consuntivo;
- si azzerà alla messa in esercizio.

9.8 Livelli di incertezza nella pianificazione economica delle opere

Gli elementi che concorrono al maggiore o minor costo di un'opera sono affetti da un grado di incertezza più o meno elevato a seconda della fase del progetto, in relazione al grado di conoscenza dello stesso e del contesto. Tali elementi possono essere categorizzati in:

- elementi non modificabili (NM): tali elementi, una volta raggiunta una determinata fase di avanzamento, non si modificheranno con l'avanzare del processo di realizzazione;
- elementi modificabili (M): tali elementi possono ancora subire variazioni nella fase di avanzamento corrente del progetto.

I fattori incrementali hanno un grado di incertezza intrinseco funzione del livello di conoscenza disponibile (ad esempio, in fase autorizzativa le tipologie di fondazioni possono essere solo ipotizzate, poiché non è ancora disponibile un progetto esecutivo). In funzione del livello di conoscenza, i fattori incrementali possono essere classificati, nei diversi momenti della pianificazione, da un livello di incertezza nullo, lieve, basso, medio o alto (N, IL, IB, IM, IA), come rappresentato nella *Tabella 1*. Invece la contingency si assume per definizione altamente incerta nelle prime 4 milestones di riferimento e si azzerà alla messa in esercizio dell'opera.

TABELLA 1 - LIVELLI DI INCERTEZZA DELLE STIME DI COSTO PER FASI

ELEMENTI CHE DETERMINANO IL COSTO E LORO VARIABILITÀ	FASI DEL PROGETTO					
	PIANIFICA-ZIONE	CONCERTA-ZIONE	AUTORIZZA-ZIONE	PROGET-TAZIONE ESECUTIVA	CANTIERIZ-ZAZIONE	MESSA IN ESERCIZIO
A) Tecnologia (Isolamento, Cavo/aereo, Livello di tensione, etc)	M	M	M	NM	NM	NM
B) Consistenza	M	M	M	M	NM	NM
C) Compensazioni	M	M	M	NM	NM	NM

FATTORI K E GRADO DI INCERTEZZA PER FASE	FASI DEL PROGETTO					
	PIANIFICA-ZIONE	CONCERTA-ZIONE	AUTORIZZA-ZIONE	PROGET-TAZIONE ESECUTIVA	CANTIERIZ-ZAZIONE	MESSA IN ESERCIZIO
k1 Ubicazione territoriale e condizionamenti territoriali e ambientale/paesaggistica	IM	IM	IM	IL	N	N
k2 Aspetti legati all'autorizzazione e alle prescrizioni autorizzative	IA	IM	IB	IL	IL	IL
k3 Vincoli di natura tecnica e innovazione tecnologica	IA	IM	IM	IB	N	N
k4 Aspetti legati all'acquisto, asservimento ed esproprio dei fondi e contenziosi amministrativi	IA	IA	IA	IM	IL	IL
k5 Aspetti legati al procurement	IA	IA	IM	IL	N	N
k6 Autorizzazioni secondarie e aspetti legati alla cantierizzazione	IA	IA	IM	IB	IL	IL
k7 Extra costi per anticipo benefici	IA	IA	IA	IM	N	N
Contingency	IA	IA	IA	IA	IA	

NM Dato deterministico (in una fase) non soggetto a modifiche in fasi successive **M** Dato deterministico (in una fase) soggetto a modifiche in fasi successive **IM** Dato stimato caratterizzato da un grado di incertezza medio **IB** Dato stimato caratterizzato da un grado di incertezza basso **IA** Dato stimato caratterizzato da un grado di incertezza alto **IL** Dato stimato caratterizzato da un grado di incertezza lieve **N** Dato stimato caratterizzato da un gradodi incertezza nullo

A ciascun livello di incertezza è stato assegnato un valore di impatto²² (Tabella 2) da moltiplicare al valore del fattore incrementale assegnato.

TABELLA 2 - VALORE DI IMPATTO DEI LIVELLI DI INCERTEZZA

LIVELLO DI INCERTEZZA	VALORE DI IMPATTO
IA	1,08
IM	1,06
IB	1,04
IL	1,02
N	1,00

9.9 Aggiornamento delle stime di costo

Il costo base dell'opera viene definito nella fase di pianificazione e successivamente aggiornato in funzione dei nuovi elementi di conoscenza a disposizione, quali le consistenze, la tecnologia e l'evoluzione dei contratti di approvvigionamento che modificano il costo base.

In particolare, il costo base dell'opera fa riferimento:

- ai costi unitari dalla fase di pianificazione (fase 1) fino alla conclusione della fase autorizzativa (fase 3);
- agli effettivi contratti di approvvigionamento delle risorse necessarie per la realizzazione dell'opera stessa, ove finalizzati, dalla fase di progettazione esecutiva (fase 4) fino alla messa in esercizio (fase 5).

La metodologia proposta prevede l'identificazione di fattori incrementali del costo base, espressi per cluster e per ciascuna categoria base con un intervallo di variazione predefinito.

²² Per il fattore K5 è definito un valore di impatto specifico per ciascuna delle milestone M1, M2 e M3 (le principali alle quali è attribuibile un'incertezza legata alla fase di procurement).

Tali fattori sono puntualmente definiti per singola opera nelle varie fasi di evoluzione, da quella di pianificazione a quella di realizzazione. In particolare, il fattore incrementale relativo al cluster “j” nella milestone “i” - mikj, è valorizzato nella prima fase di pianificazione e successivamente ricalcolato, in ogni fase, in funzione dei nuovi elementi conoscitivi che, all’avanzare del progetto, potranno essere acquisiti (ciò non esclude che il fattore incrementale possa restare invariato tra una fase e l’altra).

Infine, è previsto che al costo standard dell’opera (prodotto del costo base per i fattori incrementali) venga applicato un valore di contingency e aggiunti i costi relativi al personale capitalizzato ed alle eventuali demolizioni (“ulteriori voci di costi” in *Figura 3*). A livello di intervento (somma di più opere)

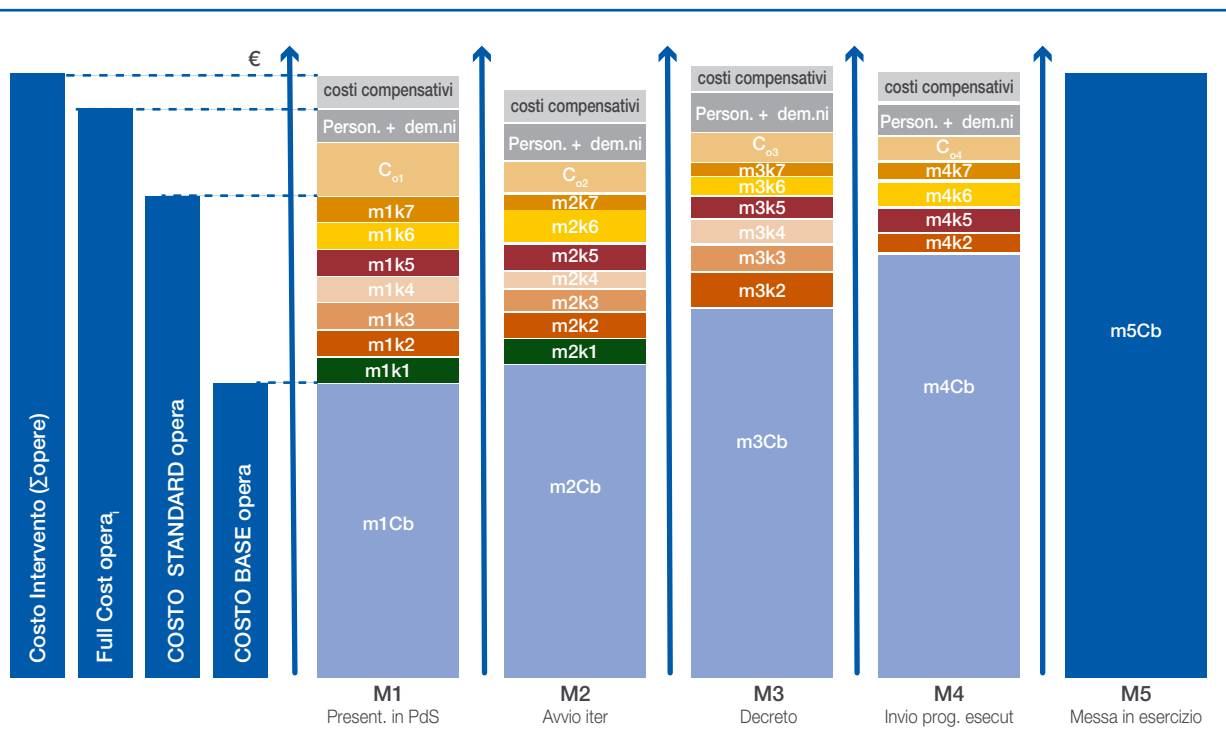
sono aggiunti gli eventuali costi compensativi”. Tutte le voci di costo possono essere oggetto di aggiornamento nelle diverse fasi di avanzamento dell’opera prevedendone una loro revisione almeno al raggiungimento di ogni milestone.

Si precisa che i fattori incrementali e le contingencies non catturano le modifiche sostanziali di progetto come, ad esempio, il cambio categoria base (es. da aereo a cavo, etc.) o di consistenze del progetto.

Tali modifiche comportano un ricalcolo adeguato del costo base con conseguente aggiornamento del costo standard.

Nella *Figura 3* è schematizzato l’andamento del full cost di un’opera nelle diverse fasi di avanzamento.

FIGURA 3 *Rappresentazione semplificata della stima di costo dell’opera nelle milestone di riferimento*



Principali ipotesi alla base dell'analisi economica degli interventi

10

Una volta determinati i costi e i benefici di ciascun intervento di sviluppo (secondo quanto riportato nel Par. 4 CAMPO DI APPLICAZIONE), è possibile calcolare gli indici sintetici che ne descrivono l'utilità complessiva per il sistema:

- IUS: Indice di Utilità per il Sistema, pari al rapporto fra benefici attualizzati e costi attualizzati;
- VAN: Valore Attuale Netto, pari alla differenza fra benefici attualizzati e costi attualizzati, calcolato rispetto all'anno di predisposizione del Piano di Sviluppo (indicato sinteticamente come VAN_{PDS} all'interno del Piano di Sviluppo).

Per il calcolo di tali indici è necessario definire sia l'orizzonte temporale dell'analisi (durata convenzionale della vita utile dell'investimento), sia il tasso di attualizzazione.

L'analisi viene effettuata considerando quanto segue:

- tasso di sconto 4% reale;
- vita economica 25 anni di esercizio;
- nessun valore residuale alla fine dei 25 anni.

I benefici monetizzati, sono conteggiati per il calcolo dello IUS e del VAN a partire dall'anno successivo l'entrata in esercizio stimata per l'intervento e calcolati secondo le seguenti regole d'interpolazione:

- per l'intervallo compreso tra la data prevista di completamento e il primo anno studio (estremi compresi): valore dei benefici ottenuto per il primo anno studio;
- per l'intervallo o gli intervalli compresi tra due anni studio (estremi esclusi): interpolazione lineare dei benefici ottenuti nei due anni studio;

- per l'intervallo successivo all'ultimo anno studio considerato: valore dei benefici ottenuti nell'ultimo anno di studio considerato.

Per gli interventi che entrano in esercizio oltre il 2032, avendo assunto l'anno di entrata in esercizio convenzionale al 2035, i benefici saranno costanti in linea con il valore dell'ultimo anno studio.

L'analisi può inoltre individuare per ciascun intervento dei margini d'incertezza degli indicatori, specificando le ragioni alla base delle incertezze relative sia ai costi sia ai benefici.

In aggiunta, al fine di dimostrare la robustezza delle analisi costi-benefici effettuate, per alcuni interventi "rilevanti" il Gestore può proporre delle sensitivity ai valori di IUS e VAN, ottenute attraverso la variazione di una percentuale (da individuare caso per caso) del beneficio più rilevante²³ e del costo di investimento stimato.

Relativamente alla valorizzazione economica dei benefici descritti si rimanda all'Appendice informativa al presente documento, dove sono descritte in forma sintetica, le principali metodologie e riferimenti alla base della valorizzazione. Nel caso di valorizzazione monetaria di uno o più dei benefici, B18, B19, il gestore presenta gli indicatori IUS e VAN fornendo separata evidenza del loro valore che considera i soli benefici da B1 a B7 (Indicatori economici base) e del loro valore che considera il complesso dei benefici da B1 a B19.

Il costo di investimento (Capex) dell'intervento è assunto convenzionalmente all'anno di entrata in esercizio e attualizzato all'anno di predisposizione del Piano.

²³ Inteso come il beneficio che assume il valore più alto nell'orizzonte di analisi considerato (attualizzazione inclusa).

I costi di esercizio e manutenzione²⁴ (Opex) sono considerati convenzionalmente per 25 anni dall'anno successivo all'entrata in esercizio e attualizzati all'anno di predisposizione del Piano. Ai fini della trasparenza e completezza informativa, nelle schede di intervento di cui al Piano di Sviluppo si fornisce evidenza dell'ammontare stimato dei contributi in conto capitale indicando in nota i valori di IUS e VAN calcolati considerando tali contributi.

I riferimenti adottati e i criteri per la monetizzazione dei benefici, le valorizzazioni dei costi unitari, dei

fattori incrementali e della contingency sono riportate nell'Appendice informativa allegata.

Il gestore del sistema di trasmissione:

- utilizza le ipotesi descritte nella seguente Appendice informativa per la preparazione del Piano 2023 e per altri studi di pianificazione nel corso del medesimo anno²⁵.
- ha facoltà di modificare uno o più parametri o ipotesi²⁶, dando dettagliata evidenza e motivazione delle modifiche introdotte, nell'ambito del Piano o di uno dei suoi documenti di accompagnamento.

²⁴ Se espressi in percentuale i costi operativi sono relativi al totale costo investimento inclusivo di eventuali contributi in conto capitale

²⁵ A titolo indicativo: studi relativi all'adeguatezza o alla resilienza del sistema, analisi ACB effettuate per specifici interventi diversi da quelli già analizzati nel Piano, es. proposta di opere oggetto di incentivazione.

²⁶ Con l'esclusione dei parametri che sono stati definiti dalla delibera 627/2016.

Appendice informativa

11

La presente appendice riporta le seguenti informazioni

- i. limiti di sicurezza del sistema considerati nell'ambito delle simulazioni di rete;
- ii. ipotesi alla base della quantificazione dei benefici:
 - indisponibilità annue degli elementi di rete per guasto (e più in generale per indisponibilità totale);
 - ore di utilizzo delle perdite equivalenti alla punta di carico;
 - ore equivalenti di utilizzo della generazione eolica, fotovoltaica ed idroelettrica;
- iii. i riferimenti e i criteri adottati per la valutazione economica (monetizzazione) dei benefici;
- iv. i costi unitari delle categorie base, i cluster dei fattori incrementali, gli Opex, i valori delle contingency per fase.

Tali parametri e ipotesi sono adottati ai fini dell'implementazione della metodologia dell'analisi costi benefici per il Piano di Sviluppo 2023.

11.1 Limiti di sicurezza del sistema considerati nell'ambito delle simulazioni di rete

Nell'ambito delle simulazioni di rete così come descritte nel paragrafo 6.2, sono verificate le seguenti condizioni:

- nelle simulazioni probabilistiche e nelle simulazioni in regime statico Load Flow, deve essere verificata la sicurezza statica N-1 ovvero ogni evento di fuori servizio su un elemento di rete non deve generare alcun transito > 100%;

- nelle simulazioni in regime statico Load Flow:

- i. su un elemento di rete è tollerato un impegno tra l'80% e il 100% in un evento di guasto N-1 a condizione che non ci sia alcun fuori servizio che comporti sullo stesso un transito > 100%;
- ii. sugli ATR è tollerato un impegno fino al 110% in un evento di guasto N-1 a condizione che a rete integra (N) l'impegno degli stessi sia < 90%, se ci sono le azioni necessarie a ricondurre il transito al 100% nei tempi dovuti tipicamente circa 20 minuti (e.g. azioni di dispacciamento, cambio assetto rete, etc.);
- iii. sulle linee è tollerato un impegno fino al 120% in un evento di guasto N-1 a condizione che a rete integra (N) l'impegno delle stesse sia < 80%, se ci sono le azioni necessarie a ricondurre il transito al 100% nei tempi dovuti tipicamente 20 minuti (e.g. azioni di dispacciamento, cambio assetto rete, etc.);

- nelle simulazioni probabilistiche, si garantisce il rispetto del limite del 100% agendo prioritariamente sulle unità di generazione, PST ed in ultima istanza sulla riduzione dei prelievi tenendo conto di quelli maggiormente influenti sul vincolo.

Nel caso di linee in doppia terna, in un evento di guasto N-1, si considera il fuori servizio contemporaneo della terna che simula l'evento di guasto N-1 e della seconda terna non interessata inizialmente dal fuori servizio ovvero il guasto di modo comune²⁷.

Relativamente ai vincoli di tensione si assumono invece i valori riportati nel documento "Qualità del servizio di trasmissione - livelli attesi della qualità della tensione" (come previsto da artt. 31.2 – 32.4 - 33.5 della delibera dell'Autorità per l'energia elettrica il gas e il sistema idrico n. 250/04).

²⁷ Sono considerate contingenze N-1 anche i fuori servizio di doppie terne 150-132 kV all'interno dell'isola di esercizio e 380-220 kV che possono causare significativi riporti di corrente sull'isola stessa.

11.2 Ipotesi alla base della quantificazione dei benefici

Ipotesi assunte per le indisponibilità annue degli elementi di rete.

Le indisponibilità annue degli elementi di rete, per guasto o altra tipologia di indisponibilità, fanno riferimento ai dati storici disponibili raggruppati per:

- i. tipologia di elemento (autotrasformatori, linea aerea, linea in cavo, linea mista²⁸);
- ii. livello di tensione (380 kV, 220 kV, ≤150 kV);
- iii. tipologia di indisponibilità (guasto, altro).

Il valore di indisponibilità annua si ottiene dal rapporto tra le durate delle interruzioni degli elementi di rete e i km di terne al 30 giugno dell'anno di riferimento.

TABELLA 3 – CARATTERIZZAZIONE DATI INDISPONIBILITÀ STORICHE

	TASSO DI INDISPONIBILITÀ ANNUA (PU/KM, ELETTRODOTTI) (PU, ATR)	
	aeree	cavo
380 kV	0.000488	0.00217
220 kV	0.000758	0.006030
≤150 kV (AT)	0.000875	0.00299
ATR (AAT/AT)	0.00022	

Le ore di utilizzo equivalenti, sono calcolate tenendo conto:

- i. dello scenario e dell'anno orizzonte;
- ii. del raggruppamento territoriale sulla base delle zone di mercato

Le ore equivalenti alla punta sono la media dei rapporti annuali tra il fabbisogno e il picco registrato.

TABELLA 4 - ORE EQUIVALENTI ALLA PUNTA

	FF55 2030	LT 2030	DE 2040	LT 2040
Nord	4,961	5,216	5,238	5,239
Centro nord	5,216	5,512	5,046	5,044
Centro Sud	4,748	4,902	4,669	4,642
Sud	5,292	5,581	3,820	5,309
Calabria	4,909	4,839	3,637	4,961
Sicilia	4,495	5,372	4,614	4,631
Sardegna	5,385	6,067	3,840	5,020

Per quanto concerne le ipotesi assunte per le ore equivalenti della produzione idroelettrica HeqIDR, Eolica HeqEOL e Fotovoltaica HeqFV, si utilizza la media dei rapporti annuali tra produzione netta (MWh) e potenza netta (MW), dei dati storici.

Per quanto concerne le congestioni di sistema si utilizzano:

- per le analisi di mercato ed analisi di rete probabilistiche i dati coerenti con quanto pubblicato nel DDS;
- per le analisi di rete deterministiche si utilizzano le ore equivalenti medie storiche della produzione Eolica, Fotovoltaica e Idroelettrica, ovvero:

TABELLA 5 – ORE EQUIVALENTI GENERAZIONE RINNOVABILE

	H/ANNO
Ore equivalenti eolico e fotovoltaico	2.280
Ore equivalenti eolico e fotovoltaico (ai fini della valutazione delle congestioni)	2.300
Ore equivalenti idroelettrico	2.265

²⁸ Le durate delle interruzioni delle linee miste sono attribuite per l'80% alle linee aeree e per il 20% alle linee in cavo.

11.3 Parametri e ipotesi per la valutazione economica dei benefici

TABELLA 6 – PARAMETRI PER LA MONETIZZAZIONE DEI BENEFICI

INDICATORE	PARAMETRI E IPOTESI PER LA MONETIZZAZIONE DEI BENEFICI	RIFERIMENTI ADOTTATI																				
B1 Incremento SEW	In esito alla simulazione, il risultato in termini di variazione del <i>total surplus</i> è già monetizzato essendo espresso direttamente in Mln€/anno.																					
B1.b Riduzione dei costi di generazione relativi all'interconnessione di sistemi isolati	L'indicatore B1.b viene valutato secondo la stima dei costi variabili di esercizio degli impianti di generazione sottesi al sistema elettrico isolato.																					
B3 – a riduzione ENF simulazioni probabilistiche	Utilizzo del VOLL (Value of Lost of Load) in un intervallo compreso tra 20 k€/MWh e 40 k€/MWh, in relazione al pregio delle utenze potenzialmente oggetto di disalimentazione, all'industrializzazione o alla densità abitativa ²⁹ , secondo i seguenti criteri (criterio OR) riassunti in tabella: <ul style="list-style-type: none"> • Pregio utenze disalimentate <ul style="list-style-type: none"> - Isole geografiche e/o elettriche con carico picco >10 MW, incluse le antenne strutturali o aree turistiche: 40 k€/MWh - Isole geografiche e/o elettriche con carico picco < 10 MW: 30 k€/MWh - Altro: 20 k€/MWh • Industrializzazione: <ul style="list-style-type: none"> - Consumi industriali provincia >50%: 40 k€/MWh - Consumi industriali provincia da 30 a 50%: 30 k€/MWh - Consumi industriali provincia <30%: 20 k€/MWh • Densità abitativa provincia: <ul style="list-style-type: none"> - aree metropolitane o province con densità >2.000 ab/km²: 40 k€/MWh - densità 1.000-2.000 ab/km²: 30 k€/MWh - densità <1.000 ab/km²: 20 k€/MWh Di seguito tabella riassuntiva dei criteri sopra menzionati	All.A Del. 627/16, art 12.9, modificata dalla Del.692/18																				
B3 – b riduzione ENF simulazioni load flow	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2" rowspan="2"></th> <th colspan="3">industrializzazione provincia: industria/totale</th> </tr> <tr> <th><30%</th> <th>30%-50%</th> <th>>50%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">densità abitativa provincia</td> <td><1000 ab/kmq</td> <td>20 k€/MWh (1)</td> <td>30 k€/MWh (1)</td> <td>40 k€/MWh</td> </tr> <tr> <td>1000-2000 ab/kmq</td> <td>30 k€/MWh (1)</td> <td>30 k€/MWh (1)</td> <td>40 k€/MWh</td> </tr> <tr> <td>>2000 ab/kmq</td> <td>40 k€/MWh</td> <td>40 k€/MWh</td> <td>40 k€/MWh</td> </tr> </tbody> </table> <p>(1) 40 k€/MWh per isole geografiche e/o elettriche con carico di picco >10 MW, incluse le antenne strutturali e le aree turistiche; 30 k€/MWh per isole geografiche e/o elettriche con carico di picco <10 MW, incluse le antenne strutturali;</p>				industrializzazione provincia: industria/totale			<30%	30%-50%	>50%	densità abitativa provincia	<1000 ab/kmq	20 k€/MWh (1)	30 k€/MWh (1)	40 k€/MWh	1000-2000 ab/kmq	30 k€/MWh (1)	30 k€/MWh (1)	40 k€/MWh	>2000 ab/kmq	40 k€/MWh	40 k€/MWh
		industrializzazione provincia: industria/totale																				
		<30%	30%-50%	>50%																		
densità abitativa provincia	<1000 ab/kmq	20 k€/MWh (1)	30 k€/MWh (1)	40 k€/MWh																		
	1000-2000 ab/kmq	30 k€/MWh (1)	30 k€/MWh (1)	40 k€/MWh																		
	>2000 ab/kmq	40 k€/MWh	40 k€/MWh	40 k€/MWh																		
B4 Costi evitati o differiti (o addizionali)	Si utilizza la stima dei costi delle unità essenziali per la sicurezza del sistema elettrico, di cui all'allegato A alla deliberazione 9 giugno 2006, n 111/06, così come modificata e integrata con deliberazioni successive. In alternativa si monetizza la capacità termoelettrica necessaria in caso di non realizzazione dell'intervento di sviluppo, valorizzandola al valore di 75 k€/MW, in coerenza a quanto applicato nel Capacity Market.	Titolo 2 Del. 111/06																				
B5 – a Overgeneration locale da simulazioni orarie	Il valore annuo della maggiore integrazione da FER (espresso in €/MWh) è monetizzato attraverso il costo variabile medio del termoelettrico sostituito nello scenario e nell'anno studio considerati.	All.A Del. 627/16, art 12.9, modificata dalla Del.692/18																				
B5 – b Overgeneration locale da simulazioni load flow																						
B6 Investimenti evitati o differiti in infrastrutture	Si valuta applicando il tasso di sconto pari al 4%, il costo di investimento (CAPEX) evitato, assunto convenzionalmente nell'anno precedente l'entrata in esercizio dell'intervento di analisi, o differito.																					
B16 Opex evitati o differiti	Costi operativi evitati o differiti.																					
B18 Riduzione CO ₂	I volumi di minore emissione di CO ₂ (t/anno) sono moltiplicati per la differenza tra il costo sociale della CO ₂ , assunto come il valore medio definito nel documento "Handbook on the external costs of transport", adottato da ENTSO-e nel TYNDP per monetizzare tale beneficio, e il prezzo previsto dei permessi di emissione.	Handbook on the external costs of transport, EC 2019																				
B19 Riduzione NO _x e SO _x , PM _{2,5} , PM ₁₀	I volumi di minore emissione degli altri inquinanti considerati per ciascuna tecnologia di generazione sono moltiplicati per il costo degli specifici inquinanti definito nel documento "Handbook on the external costs of transport".	Handbook on the external costs of transport, EC 2019																				

²⁹ La differenziazione dei VOLL, con riferimento al livello di industrializzazione, tiene conto dell'impatto che un disservizio può comportare sul PIL nazionale a parità di carico disalimentato, in presenza di una maggiore concentrazione industriale; con riferimento alla densità abitativa, a parità di carico disalimentato, una densità elevata abitativa comporta la disalimentazione di un numero maggiore di utenti. Infine, la presenza di isole geografiche e isole elettriche implica di per sé una minore raggiungibilità e quindi un più prolungato disservizio, mentre la presenza di aree turistiche implicherebbe un maggior effetto mediatico.

11.4 Tabelle di riferimento delle categorie base e dei fattori incrementali

TABELLA 7 – CATEGORIE BASE PER LE LINEE AEREE

CATEGORIE BASE PER LE LINEE AEREE	UNITÀ DI MISURA	VALORE
Elettrodotto 380kV DT	k€/CAD	964
Elettrodotto 380kV ST	k€/km	661
Elettrodotto 150kV ST	k€/km	284
Elettrodotto 380kV DT - TUBOLARI MONOSTELO	k€/km	1.664
Elettrodotto 380kV ST - TUBOLARI MONOSTELO	k€/km	1.404
Elettrodotto 150kV DT - TUBOLARI MONOSTELO	k€/km	638
Elettrodotto 150kV DT	k€/km	398
Elettrodotto 150kV ST - TUBOLARI MONOSTELO	k€/km	514
Elettrodotto 220kV ST	k€/km	248
Elettrodotto 380kV DT - TUBOLARI MONOSTELO	k€/km	216
Elettrodotto 380kV ST - TUBOLARI MONOSTELO	k€/km	213
Terminazioni 380 kV – Traliccio	k€/CAD	44
Elettrodotto 220kV DT	k€/km	370

TABELLA 8 – CATEGORIE BASE PER LE LINEE IN CAVO

CATEGORIE BASE PER LE LINEE IN CAVO	UNITÀ DI MISURA	VALORE
Cavi 150 kV (Cu 3x1x1000 mm ²)	k€/km	991
Cavi 150 kV (Cu 3x1x1200 mm ²)	k€/km	1118
Cavi 150 kV (Al 3x1x1600 mm ²)	k€/km	840
Cavi 380 kV (Cu 6x1x2500 mm ²)	k€/km	5059
Cavi 220 kV (Cu 3x1x2500 mm ²)	k€/km	1679
Cavi 380 kV (Cu 3x1x2500 mm ²)	k€/km	2543
Cavi 220 kV (Cu 3x1x2000 mm ²)	k€/km	1391
Cavi 220 kV (Cu 3x1x1000 mm ²)	k€/km	1214
Cavi 220 kV (Cu 3x1x1600 mm ²)	k€/km	1340
Cavi 220 kV (Cu 3x1x1200 mm ²)	k€/km	1133
Cavi 220 kV (Al 3x1x1600 mm ²)	k€/km	988
DIGIC Sistema monitoraggio cavo 150/220 kV (Unità Centrale)	k€/CAD	406
DIGIC Sistema monitoraggio cavo 150/220 kV (km collegamento)	k€/km	89
DIGIC Sistema monitoraggio cavo 380 kV (Unità Centrale)	k€/CAD	592
DIGIC Sistema monitoraggio cavo 380 kV (km collegamento)	k€/km	94

TABELLA 9 – TERMINAZIONI PER LE LINEE IN CAVO

CATEGORIE BASE PER TERMINAZIONI LINEE IN CAVO	UNITÀ DI MISURA	VALORE
Coppia Term. collegamento in cavo 150 kV (Cu 3x1x1200 mm ²)	k€/CAD	216
Coppia Term. collegamento in cavo 150 kV (Cu 3x1x1000 mm ²)	k€/CAD	211
Coppia Term. collegamento in cavo 150 kV (Al 3x1x1600 mm ²)	k€/CAD	275
Coppia Term. collegamento in cavo 220 kV (Cu 3x1x2500 mm ²)	k€/CAD	266
Coppia Term. collegamento in cavo 220 kV (Cu 3x1x1000 mm ²)	k€/CAD	269
Coppia Term. collegamento in cavo 220 kV (Cu 3x1x2000 mm ²)	k€/CAD	268
Coppia Term. collegamento in cavo 220 kV (Cu 3x1x1600 mm ²)	k€/CAD	264
Coppia Term. collegamento in cavo 220 kV (Cu 3x1x1200 mm ²)	k€/CAD	262
Coppia Term. collegamento in cavo 220 kV (Al 3x1x1600 mm ²)	k€/CAD	216
Coppia Term. collegamento in cavo 380 kV (Cu 3x1x2500 mm ²)	k€/CAD	681
Coppia Term. collegamento in cavo 380 kV (Cu 6x1x2500 mm ²)	k€/CAD	1220

TABELLA 10 – CATEGORIE BASE DI ELEMENTI DI STAZIONE

COMPONENTI BASE RELATIVI ALLE STAZIONI	UNITÀ DI MISURA	VALORE
Stallo 150 kV ATR (AIS)	k€/CAD	375
Stallo 150 kV ATR (GIS)	k€/CAD	640
Stallo 150 kV Reattore (aria) - doppia sbarra	k€/CAD	452
Stallo 150 kV Reattore (aria) - semplice sbarra	k€/CAD	411
Stallo 150 kV Reattore (SF6) - doppia sbarra	k€/CAD	717
Stallo 150 kV Reattore (SF6) - semplice sbarra	k€/CAD	687
Stallo 220 kV ATR (AIS) - PRIMARIO	k€/CAD	620
Stallo 220 kV ATR (AIS) - SECONDARIO	k€/CAD	392
Stallo 220 kV ATR (GIS) - PRIMARIO	k€/CAD	929
Stallo 220 kV ATR (GIS) - SECONDARIO	k€/CAD	655
Stallo 220 kV Reattore (aria)	k€/CAD	606
Stallo 220 kV Reattore (SF6)	k€/CAD	907
Stallo 380 kV ATR (AIS)	k€/CAD	793
Stallo 380 kV ATR (GIS)	k€/CAD	1419
Stallo 380 kV Reattore (aria)	k€/CAD	958
Stallo 380 kV Reattore (SF6)	k€/CAD	1584
Stallo BATTERIA CONDENSATORI - doppia sbarra	k€/CAD	441
Stallo BATTERIA CONDENSATORI - semplice sbarra	k€/CAD	407
Stallo COMPENSATORE SINCRONO 250MVA	k€/CAD	793
Stallo congiuntore longitudinale 150 kV (AIS)	k€/CAD	332
Stallo linea 150 kV (AIS) - doppia sbarra	k€/CAD	386
Stallo linea 150 kV (AIS) - semplice sbarra	k€/CAD	348
Stallo linea 150 kV (GIS) - doppia sbarra	k€/CAD	687
Stallo linea 150 kV (GIS) - semplice sbarra	k€/CAD	661
Stallo linea 220 kV (AIS)	k€/CAD	507
Stallo linea 220 kV (GIS)	k€/CAD	845
Stallo linea 380 kV (AIS)	k€/CAD	799
Stallo linea 380 kV (GIS)	k€/CAD	1400

TABELLA 11 – CATEGORIE BASE DI ELEMENTI DI STAZIONE

COMPONENTI BASE RELATIVI ALLE STAZIONI	UNITÀ DI MISURA	VALORE
ATR 220/150-132kV da 250MVA	k€/CAD	1000
ATR 220/150-132kV da 250MVA - Green Oli Esteri Naturali	k€/CAD	1548
ATR 380/150-132kV da 250MVA	k€/CAD	1360
ATR 380/150-132kV da 250MVA - Green Oli Esteri Naturali	k€/CAD	1475
ATR 380/220kV da 400MVA	k€/CAD	1180
ATR 380/220kV da 400MVA - Green Oli Esteri Naturali	k€/CAD	1698
ATR 400/155kV da 400MVA	k€/CAD	1540
ATR 400/155kV da 400MVA - Green Oli Esteri Naturali	k€/CAD	1948
COMPENSATORE SINCRONO (COPPIA) 250MVA	k€/CAD	45000
COMPENSATORE SINCRONO (SINGOLO) 250MVA	k€/CAD	27000
Passo sbarra 150kV (AIS) - doppia sbarra	k€/CAD	28
Passo sbarra 150kV (AIS) - semplice sbarra	k€/CAD	14
Passo sbarra 220kV (AIS)	k€/CAD	43
Passo sbarra 380kV (AIS)	k€/CAD	74
REATTORE 150 kV	k€/CAD	556
REATTORE 220 kV	k€/CAD	1173
REATTORE 380 kV	k€/CAD	1510
S.E. Transizione aereo-cavo 380 kV	k€/CAD	1865
Sbarre e Parallelo Sbarre 150 kV (AIS)	k€/CAD	625
Sbarre e parallelo sbarre 150 kV (GIS)	k€/CAD	525
Sbarre e Parallelo Sbarre 220 kV (AIS)	k€/CAD	707
Sbarre e parallelo sbarre 220 kV (GIS)	k€/CAD	669
Sbarre e Parallelo Sbarre 380 kV (AIS)	k€/CAD	930
Sbarre e parallelo sbarre 380 kV (GIS)	k€/CAD	1163
Sbarre singola 150 kV (AIS)	k€/CAD	281
Sbarre singola 150 kV (GIS)	k€/CAD	180
TR 150/MT da 42MVA	k€/CAD	443
TR 150/MT da 60MVA	k€/CAD	720

TABELLA 12 – ALTRE VOCI RELATIVE ALLE STAZIONI

ALTRE VOCI RELATIVE ALLE STAZIONI	UNITÀ DI MISURA	VALORE
Acquisto aree per stazione elettrica - ambito agricolo	k€/HA	51
Acquisto aree per stazione elettrica - ambito urbanizzato	k€/HA	1275
Allacciamenti esterni (MT, idrici, fognari e TLC)	k€/HA	122
COMPENSATORE SINCRONO (COPPIA) 250MVA	k€/CAD	45000
COMPENSATORE SINCRONO (SINGOLO) 250MVA	k€/CAD	27000
Costruzione di asset viari	k€/CAD	38
Fabbricato (prefabbricati) per sezione GIS incluso fondazioni edificio	k€/CAD	1
Fabbricato EDIFICIO COMANDI	k€/CAD	253
Fabbricato EDIFICIO MAGAZZINO	k€/CAD	151
Fabbricato EDIFICIO SA	k€/CAD	228
Fabbricato INTEGRATO	k€/CAD	381
Opere di sistemazione del sito (sbancamenti/rilevati e strutture) - Collina	k€/HA	513
Opere di sistemazione del sito (sbancamenti/rilevati e strutture) - Montagna	k€/HA	926
Opere di sistemazione del sito (sbancamenti/rilevati e strutture) - Pianura	k€/HA	320
Stazione di Smistamento - Parti Comuni SAS, SA e SG	k€/CAD	1865
Stazione di Trasformazione - Parti Comuni SAS, SA e SG (220/150kV)	k€/CAD	3020
Stazione di Trasformazione - Parti Comuni SAS, SA e SG (380/150kV op 380/220kV)	k€/CAD	3688
Tubazioni GIS 150kV interni alle stazioni (oltre 100m)	k€/m	2
Tubazioni GIS 220kV interni alle stazioni (oltre 100m)	k€/m	2
Tubazioni GIS 380kV interni alle stazioni (oltre 100m)	k€/m	3

TABELLA 13 – CATEGORIE BASE PER LE DEMOLIZIONI DELLE LINEE

CATEGORIE BASE RELATIVE ALLE DEMOLIZIONI	UNITÀ DI MISURA	VALORE
Demolizione Elettrodotto 150kV DT - TUBOLARI MONOSTELO	k€/km	154
Demolizione Elettrodotto 150kV ST - TUBOLARI MONOSTELO	k€/km	127
Demolizione elettrodotto 380 DT	k€/km	96
Demolizione elettrodotto 380 ST	k€/km	60
Demolizione elettrodotto 220kV DT	k€/km	38
Demolizione elettrodotto 50-60-70kV DT	k€/km	27
Demolizione elettrodotto 220kV ST	k€/km	27
Demolizione elettrodotto 150kV ST	k€/km	25
Demolizione elettrodotto 50-60-70kV ST	k€/km	22
Demolizione elettrodotto 150kV DT	k€/km	36
Demolizione elettrodotto interrato a 220kV	k€/km	402
Demolizione elettrodotto interrato a 150kV	k€/km	400
Demolizione terminali	k€/km	40

TABELLA 14 – CLUSTER DEI FATTORI INCREMENTALI

CLUSTER	DESCRIZIONE	RANGE [%]		
		LINEE AEREE	LINEE IN CAVO	STAZIONI
K1	Ubicazione territoriale e condizionamenti territoriali e ambientali/paesaggistici	0 ÷ 41,26	0 ÷ 72,94	0 ÷ 30,30
K2	Aspetti legati all'autorizzazione e alle prescrizioni autorizzative	0 ÷ 27,27	0 ÷ 48,96	0 ÷ 27,74
K3	Vincoli di natura tecnica e innovazione tecnologica	0 ÷ 48,23	0 ÷ 58,88	0 ÷ 3,54
K4	Aspetti legati all'acquisto, asservimento ed esproprio dei fondi e contenziosi amministrativi (indennità di servitù e danno ai fondi)	0 ÷ 11,94	0 ÷ 30,50	0 ÷ 3,09
K5	Aspetti legati al procurement	0 ÷ 1	0 ÷ 1	0 ÷ 1
K6	Autorizzazioni secondarie e aspetti legati alla cantierizzazione	0 ÷ 22,44	0 ÷ 56,64	0 ÷ 21,33
K7	Extra costi per anticipo benefici	0 ÷ 5	0 ÷ 5	0 ÷ 5

TABELLA 15 – COSTI DI OPEX

COSTI OPERATIVI UNITARI ANNUI	UNITÀ DI MISURA	VALORE
Costi operativi relativi alle linee aeree	k€/km	2
Costi operativi relativi alle linee in cavo	k€/km	3
Costi operativi relativi alle stazioni	k€/stallo	23

TABELLA 16 – TABELLA CONTINGENCY PER FASE

TIPOLOGIA	FASI					ENTRATA IN ESERCIZIO (M5)
	PIANIFICAZIONE	CONCERTAZIONE E PROGETTAZIONE DEFINITIVA	AUTORIZZAZIONE	PROGETTAZIONE ESECUTIVA	CANTIERIZZAZIONE	
Elettrodotti aerei 380 kV	15%	15%	13%	10%	9%	0%
ELL.aerei 220kV/150kV	13%	13%	11%	8%	6%	
Elettrodotti in cavo	14%	14%	12%	9%	7%	
Stazioni Elettriche	13%	13%	11%	8%	6%	

Tutte le foto utilizzate sono di proprietà di Tema.

www.terna.it

Mercurio GP
Milano

Consulenza strategica
Concept creative
Graphic design
Impaginazione
Editing

www.mercuriogp.eu



M4
Milano
Stampa

