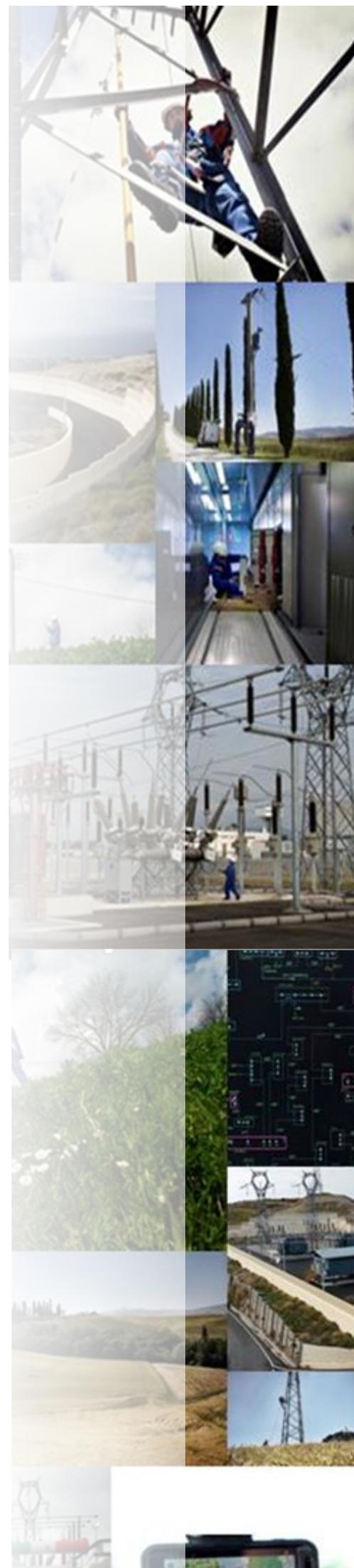


e-distribuzione

**Piano di Lavoro per
l'incremento della
Resilienza del sistema
elettrico di
E-Distribuzione
2022-2024**



INDICE

Piano Resilienza 2022 – 2024	1
1. INTRODUZIONE	4
2. QUADRO NORMATIVO E REGOLATORIO	6
3. ANALISI DELLE CRITICITA' RELATIVE AL TEMA DELLA RESILIENZA	8
3.1. Principali eventi critici verificatisi negli ultimi anni	8
3.2. Casi significativi	8
4. LA RESILIENZA DEL SISTEMA ELETTRICO.....	22
4.1. Calcolo della resilienza della rete aerea a fronte di eventi meteorologici eccezionali	22
4.2. I fattori di rischio.....	22
4.3. Il fenomeno della formazione del manicotto di ghiaccio.....	23
4.3.1. <i>Norme europee, norme italiane e il modello Pre.Ma.G.</i>	23
4.3.2. <i>La valutazione dei carichi di rottura dei conduttori per manicotto di ghiaccio</i>	24
4.3.3. <i>La valutazione dei tempi di ritorno delle Cabine Secondarie</i>	24
4.3.4. <i>La valutazione degli interventi sulle linee</i>	25
4.3.5. <i>Metodi per evitare danneggiamenti delle linee causati da formazioni di neve e ghiaccio</i>	25
4.3.5.1 <i>Metodi passivi</i>	26
4.3.5.2 <i>Metodi chimico-fisici</i>	27
4.3.5.3 <i>Metodi elettrotermici</i>	27
4.3.5.4 <i>Metodi elettrodinamici</i>	27
4.4. Interventi per incremento resilienza su linee già interessate da eventi eccezionali (ricostruzioni) ...	27
4.5. Caduta piante fuori fascia	28
4.5.1. <i>La valutazione del tempo di ritorno e del rischio delle Cabine Secondarie</i>	28
4.5.2. <i>La valutazione degli interventi sulle linee</i>	29
4.6. Resilienza rete elettrica di distribuzione – minaccia ondata di calore: calcolo dell'indice di rischio..	29
4.6.1. <i>Descrizione del fenomeno</i>	29
4.6.2. <i>Calcolo del rischio</i>	30
4.6.3. <i>Tempo di ritorno</i>	30
4.6.4. <i>Porzioni di rete vulnerabili</i>	30
4.6.5. <i>Probabilità di doppio guasto su un "festone"</i>	31
4.6.6. <i>Rischio</i>	31
5. LEVE DI INTERVENTO E CRITERI TECNICI PER LA SELEZIONE DEGLI INTERVENTI.....	32
5.1. Tipologie di intervento su linee aeree a fronte del rischio manicotto di ghiaccio/vento/caduta alberi ad alto fusto	32
5.2. Tipologie di intervento su linee in cavo sotterraneo a fronte del rischio ondate di calore	32

5.3.	Criteri per la selezione degli interventi inseriti nel Piano di E-Distribuzione.....	32
5.3.1.	<i>Fattore critico manicotto di ghiaccio</i>	33
5.3.2.	<i>Fattore critico vento/caduta alberi ad alto fusto</i>	33
5.3.3.	<i>Fattore critico ondate di calore</i>	33
6.	 INTERVENTI IN RESILIENZA PROPOSTI NEL PERIODO 2022-24	34
6.1.	Benefici per il sistema.....	34
6.2.	Valutazione dei costi.....	34
6.3.	Interventi completati nel 2021	35
6.4.	Dettaglio interventi proposti per area territoriale	36
7.	 SINTESI DEL PIANO PER GLI ANNI 2022-2024	44
	CONCLUSIONI.....	46

1. INTRODUZIONE

L'incremento della frequenza e dell'intensità degli eventi meteorologici estremi, quali nevicate intense, allagamenti, trombe d'aria o ondate di calore, è sempre al centro del dibattito internazionale, in primis a livello europeo. Nell'ottobre 2014, il Consiglio Europeo ha approvato il nuovo quadro strategico energia e clima (2030 Energy Strategy) che fissa gli obiettivi energetico-ambientali da conseguire nel decennio 2020-2030, con particolare riferimento al raggiungimento di un sistema energetico competitivo, sicuro e sostenibile, mediante la riduzione delle emissioni di gas serra che hanno impatto sulla frequenza e l'intensità degli eventi meteorologici estremi.

Il successivo Clean Energy Package dell'Unione Europea approvato nel 2019, nel confermare gli obiettivi del quadro strategico energia e clima per il 2030, aggiorna la politica energetica comunitaria per facilitare la transizione dai combustibili fossili verso le energie rinnovabili, in linea con le decisioni assunte nel 2016 con l'accordo di Parigi in materia di riduzione delle emissioni di gas a effetto serra.

Per quanto concerne nello specifico le reti elettriche di distribuzione, il Clean Energy Package auspica che il loro sviluppo avvenga seguendo dei piani trasparenti, mirati alla sicurezza del sistema e all'integrazione delle fonti rinnovabili non programmabili.

Più recentemente, la tematica della resilienza è stata trattata anche nel Green Deal presentato dalla Commissione Europea a dicembre 2019, nel quale si afferma che i cambiamenti climatici continueranno a creare problemi significativi in Europa nonostante gli sforzi di mitigazione prodigati. In questo senso, la Commissione Europea ritiene fondamentale intensificare gli sforzi in materia di resistenza ai cambiamenti climatici e per sviluppare la resilienza, la prevenzione e la preparazione del sistema elettrico.

In ambito nazionale, l'Italia ha predisposto e inviato alla Commissione Europea il proprio Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (PNIEC), nel quale si fa espresso riferimento all'aumento dell'intensità e della frequenza degli eventi meteorologici estremi tra i rischi a cui sono soggette le infrastrutture energetiche, incluse le reti di distribuzione.

Occorre quindi adottare approcci innovativi affinché gli operatori possano continuare a garantire l'affidabilità del sistema elettrico anche alla luce delle mutate condizioni climatiche e dell'evoluzione tecnologica delle reti, evolvendo conseguentemente i criteri tradizionalmente applicati per la pianificazione e la gestione delle reti elettriche.

Se in passato, infatti, il sistema elettrico doveva garantire la continuità del servizio a fronte di eventi meteo meno intensi e maggiormente prevedibili in base alla stagionalità, negli ultimi anni gli operatori di rete si sono trovati a fronteggiare disservizi prolungati ed estesi, con un forte impatto su tutti i tipi di utenti della rete di distribuzione, siano essi clienti che prelevano energia, impianti di produzione o prosumer¹.

Il concetto di "affidabilità del sistema elettrico" - ovvero la sua capacità di far fronte a guasti accidentali singoli (sicurezza n-1) senza violazioni dei limiti operativi di frequenza e tensione sulla rete elettrica - deve conseguentemente essere integrato includendo degli ulteriori fattori di rischio che verranno meglio dettagliati in seguito.

La rete elettrica dovrà pertanto essere resiliente, e quindi capace di resistere a forti sollecitazioni esterne - quali possono essere, appunto, gli eventi meteorologici estremi - contenendo gli effetti di dette sollecitazioni sia in termini di numero di utenti coinvolti che in termini di tempi di ripristino.

¹ Un *prosumer* è un utente in grado di produrre e prelevare energia elettrica dalla rete sullo stesso punto di connessione.

In accordo con le Linee Guida pubblicate da E.DSO, la principale associazione che rappresenta i distributori di energia elettrica europei presso le istituzioni comunitarie, la capacità della rete elettrica di distribuzione di garantire la necessaria resilienza dipende una sua gestione conforme alle così dette "4 R".

Più in dettaglio, le "4 R" prevedono una gestione della rete elettrica che consenta:

- Risk prevention (prevenzione dei rischi), mediante azioni in grado di minimizzare la probabilità di accadimento degli effetti negativi conseguenti ad eventi meteo estremi;
- Readiness (prontezza), mediante azioni per aumentare la capacità di previsione e monitoraggio della rete in condizioni metereologiche estreme, anche collaborando con altre imprese di pubblica utilità e con le istituzioni;
- Response (risposta), tramite la pianificazione, esecuzione e comunicazione delle attività sul campo. L'interazione con i cittadini risulta infatti cruciale ed è fondamentale per il buon esito delle azioni messe in atto dalle imprese distributrici;
- Recovery (ripristino), capacità della rete elettrica di distribuzione di tornare rapidamente in condizioni di funzionamento ordinarie, nei casi in cui l'evento meteo estremo abbia comunque determinato interruzioni del servizio nonostante tutte le misure di incremento della resilienza adottate.

2. QUADRO NORMATIVO E REGOLATORIO

Come detto, la sempre maggiore frequenza con cui si verificano gli eventi meteo estremi ha sollevato l'attenzione sul tema da parte del Legislatore, dei Regolatori e dell'opinione pubblica portando, quindi, all'introduzione di previsioni normative e regolatorie innovative in tema di incremento della resilienza delle reti elettriche.

Il Clean Energy Package approvato dall'Unione Europea nel 2019 - perseguendo uno sviluppo delle reti elettriche basato su piani condivisi con gli organismi di regolazione nazionali - prevede investimenti in grado di assicurare la connessione di nuova capacità di generazione e nuovi punti di prelievo inclusi i punti di ricarica per i veicoli elettrici. Il successivo Green Deal anticipa una nuova e ancor più ambiziosa strategia europea in materia di adattamento ai cambiamenti climatici, riconoscendo che gli stessi continueranno a impattare significativamente in Europa, nonostante gli sforzi di mitigazione adottati. In questo senso, la Commissione Europea ritiene fondamentale intensificare gli sforzi in materia di resistenza ai cambiamenti climatici e per sviluppare la resilienza, la prevenzione e la preparazione del sistema. Per tali ragioni, nel documento si richiede che gli interventi atti a consentire l'adattamento ai cambiamenti climatici continuino a essere considerati prioritari nella programmazione degli investimenti pubblici e privati.

In Italia, il PNIEC prevede di *“costruire un sistema energetico resiliente che rimanga affidabile attraverso scenari climatici di breve e medio termine, e in grado di evolvere coerentemente anche negli scenari di lungo termine”*. Viene inoltre richiesta la valutazione, il monitoraggio e la verifica della resilienza del sistema energetico a valle della sua attuazione e implementazione.

Già nel 2015, l'Autorità di Regolazione dell'Energia, Reti e Ambiente (ARERA, già AEEGSI) ha adottato delle prime iniziative volte a incrementare la resilienza delle reti di distribuzione. Più in dettaglio, con l'Allegato A alla Deliberazione 646/2015/R/eel (Testo integrato della regolazione output-based dei servizi di distribuzione e misura dell'energia elettrica, in vigore nel semiperiodo di regolazione 2016-2019, di seguito anche TIQE 2016-2019), l'ARERA ha introdotto, per la prima volta, l'obbligo per le imprese di distribuzione di predisporre e trasmettere alla stessa ARERA i propri piani di lavoro per l'incremento della resilienza della rete di distribuzione (di seguito anche piani resilienza).

A marzo 2017, l'ARERA ha pubblicato l'Allegato A alla Determinazione DIEU 7 marzo 2017 n.2/2017, contenente la prima versione delle *“Linee guida per la presentazione dei Piani di lavoro per l'incremento della resilienza del sistema elettrico”* (di seguito anche linee guida), finalizzate ad individuare una metodologia per l'individuazione degli interventi prioritari per affrontare il tema della tenuta della rete ad eventi meteo prolungati e estesi, e contenenti i criteri per l'analisi costi-benefici degli interventi stessi. Tali linee guida sono state adottate dal Regolatore tenendo conto delle osservazioni emerse dal Tavolo di Lavoro Resilienza - costituito su indicazione della stessa ARERA – coinvolgendo insieme a E- Distribuzione gli altri operatori delle reti di distribuzione, Terna, le Associazioni di settore e gli Istituti normatori e di ricerca.

In linea con le disposizioni regolatorie contenute nelle linee guida, E-Distribuzione ha inviato all'ARERA, il 31 marzo 2017, la prima edizione del proprio Piano Resilienza, riferita al biennio 2017-2018.

Nel 2018 - anche alla luce degli indirizzi forniti dal MiSE agli operatori per la prevenzione e gestione degli eventi meteo avversi - con la Deliberazione 31/2018/R/eel, ARERA ha aggiornato il TIQE 2016-2019, disponendo l'obbligo per le imprese di distribuzione di predisporre i propri piani resilienza con un orizzonte almeno triennale e di integrare tali piani in un'apposita sezione del proprio Piano di Sviluppo², includendo oltre all'elenco degli interventi anche informazioni su: costi, tempi di realizzazione e benefici correlati. La pubblicazione del Piano da parte delle imprese di distribuzione con un contenuto di informazioni definito dal Regolatore – come previsto dalla suddetta Deliberazione 31/2018/R/eel - garantisce la trasparenza dei contenuti dei piani degli operatori e al tempo stesso rappresenta un forte incentivo reputazionale per le imprese stesse. A dicembre 2018, infine,

² Articolo 18, comma 3 del decreto legislativo 28/11.

l'ARERA ha pubblicato la Deliberazione 668/2018/R/eel che (oltre ad aggiornare le linee guida e ad averle incluse nelle schede n.7 e n.8 del TIQE 2016-2019) definisce il meccanismo di incentivazione economica valido per gli interventi presenti nel Piano Resilienza, con anno di ultimazione previsto dal 2019. In particolare, il meccanismo incentivante definito dall'ARERA prevede premi per gli interventi a maggior rischio e con beneficio netto³ positivo, qualora tali interventi siano completati nel semestre pianificato (in questo caso il premio è pari al 20% del beneficio netto) o nel semestre successivo a quello pianificato (nel qual caso il premio viene dimezzato). Inoltre, tutti gli interventi a maggior rischio (indipendentemente dal fatto che il beneficio netto sia positivo o negativo) sono soggetti a penali qualora vengano completati con un ritardo superiore a due semestri rispetto a quanto pianificato. Con tale Deliberazione, dunque, il Regolatore mira ad incentivare la rapida realizzazione degli interventi inclusi nei piani resilienza, a partire da quelli a maggior rischio.

La centralità del tema della resilienza è stata ulteriormente ribadita con la Deliberazione ARERA 126/2019/R/eel, con la quale il Regolatore ha riconosciuto il forte impatto degli eventi meteo estremi occorsi nel biennio 2017-2018 e la conseguente necessità di completare il quadro regolatorio in materia di resilienza, adottando meccanismi incentivanti per la fase di ripristino del servizio a seguito di condizioni di emergenza.

Inoltre, come stabilito dall'ARERA nella Relazione A.I.R. alle Deliberazioni 25 gennaio 2018, 31/2018/R/eel e 18 dicembre 2018, 668/2018/R/eel - al fine di garantire la massima efficacia ed efficienza del sistema elettrico - le imprese distributrici sono chiamate a sviluppare il loro Piano di lavoro per il miglioramento della resilienza tenendo conto dei propri piani di sviluppo, in modo coordinato con Terna e le imprese distributrici interconnesse e sottese.

Infine, la Deliberazione 534/2019/R/eel, oltre a definire i premi e le penali per gli interventi del Piano Resilienza ultimati nel 2019, ha introdotto nel TIQE 2016-2019 un tetto al premio conseguibile per singolo intervento pari al valore attuale netto dei costi effettivamente sostenuti per l'intervento stesso.

Le previsioni regolatorie fin qui esposte relative al semiperiodo 2016-2019 sono state interamente riconfermate per il successivo semiperiodo regolatorio 2020-2023, così come previsto dall'Allegato A alla Deliberazione 566/2019/R/eel (Testo integrato della regolazione output-based dei servizi di distribuzione e misura dell'energia elettrica, in vigore nel semiperiodo di regolazione 2020-2023, di seguito anche TIQE 2020-2023).

Infine, a novembre 2020 ARERA ha pubblicato le Delibere n. 431/2020/R/eel e 432/2020/R/com che introducono misure straordinarie di sterilizzazione degli effetti dell'emergenza epidemiologica COVID-19 per gli aspetti di continuità, resilienza e qualità commerciale. In particolare, per quanto riguarda la resilienza, l'Autorità ha previsto un ulteriore semestre per tutti gli interventi «eleggibili» del Piano 2019-2021 al fine di consentire agli operatori il completamento degli stessi.

Il presente Piano Resilienza 2022-2024 è stato realizzato in conformità a tutte le prescrizioni normative e regolatorie in vigore, e mira a contenere il rischio di disalimentazione a fronte dei principali fattori critici che possono avere impatto sulla rete di E-Distribuzione: la formazione dei manicotti di ghiaccio sulla rete di media tensione (MT) in conduttori aerei nudi, le ondate di calore che possono causare doppi guasti simultanei sui cavi interrati e le forti raffiche di vento, spesso abbinate ad altri fattori critici (es: caduta d'alberi d'alto fusto, frane e smottamenti).

³ Il beneficio netto è calcolato – per ogni intervento – come la differenza tra i benefici e i costi, calcolati secondo le modalità definite dalle schede n.7 e n.8 del TIQE.

3. ANALISI DELLE CRITICITA' RELATIVE AL TEMA DELLA RESILIENZA

L'intensificarsi degli eventi meteo estremi e distruttivi comporta un incremento nella frequenza e nella durata delle interruzioni dovute ad eventi incontrollabili ed indipendenti dalla diligenza dei gestori delle reti di distribuzione. Nondimeno, tali interruzioni sono particolarmente rilevanti per le diverse tipologie di utenze servite da E-Distribuzione. In particolare, negli ultimi anni le reti di E-Distribuzione sono state largamente impattate da forti precipitazioni nevose, accompagnate spesso da forte vento e mareggiate lungo le coste nei periodi invernali e da ondate di calore nei mesi estivi.

Per quanto riguarda gli eventi meteo dei mesi invernali, forti precipitazioni nevose, anche a quote medio-basse, possono comportare la formazione di manicotti di ghiaccio attorno ai conduttori delle linee aeree di distribuzione, provocando carichi meccanici di molto superiori alle caratteristiche progettuali previste dalla normativa tecnica, con conseguente rottura dei conduttori. Tale fenomeno si verifica soprattutto nel caso di formazione di neve umida (o neve collante o wet snow) abbinata a particolari condizioni di vento, temperatura e umidità. Sempre nei mesi invernali, si registra un notevole incremento dei guasti ai conduttori aerei causati da raffiche di vento di particolare intensità, paragonabili in taluni casi ad uragani di forza 4. Anche in questo caso è possibile la rottura dei conduttori, considerando che l'azione diretta del vento è spesso accompagnata da altri fattori critici, quali la caduta d'alberi ad alto fusto sulle linee aeree, ingenti precipitazioni, esondazioni e frane. Esempio in tal senso è l'evento occorso nelle regioni del Triveneto nel corso del 2018, di cui si dirà nel successivo paragrafo.

Durante i mesi estivi, diventano sempre più frequenti e intense le ondate di calore, caratterizzate dal protrarsi di giornate con temperature medie molto elevate, con limitata escursione termica tra giorno e notte, precedute da periodi di siccità. Tali particolari condizioni di umidità e temperatura impediscono la dissipazione del calore dei cavi interrati, andando ad aumentare il rischio di guasti su tali tipologie di conduttori, maggiormente diffusi soprattutto nelle aree urbane.

Come già descritto nei paragrafi precedenti, tali eventi confermano gli effetti del cambiamento climatico in atto e la conseguente necessità di predisporre e realizzare piani di intervento consistenti per incrementare la resilienza del sistema elettrico nel suo complesso e, nel caso specifico, della rete di distribuzione.

3.1. Principali eventi critici verificatisi negli ultimi anni

Nel corso degli ultimi anni, si sono verificati diversi eventi meteorologici particolarmente avversi che hanno dato luogo a disalimentazioni estese e prolungate nel tempo su porzioni rilevanti della rete di distribuzione. Nei tre anni esaminati, E-Distribuzione ha attivato una task force di tecnici specializzati e impiegato mezzi speciali, dedicati al ripristino del servizio nelle aree geografiche interessate spesso in condizioni di viabilità proibitive.

A titolo illustrativo, di seguito si riporta una sintesi dei principali eventi rilevanti dovuti agli eventi meteorologici di carattere eccezionale che si sono manifestati nel periodo in esame.

3.2. Casi significativi

Anno 2017

Mese di gennaio: intense nevicate, anche a bassa quota, hanno interessato il centro e il sud Italia, isole comprese; in particolare le regioni interessate sono state: Sardegna, Molise, Puglia, Basilicata, Marche, Sicilia e Abruzzo. La nevicata che ha coinvolto quest'ultima regione è stata tra le più intense registrate negli ultimi 100 anni, con 20 milioni di tonnellate di neve caduta al suolo, equivalenti a circa 1 metro di neve distribuita su tutto il territorio abruzzese. I fenomeni nevosi si sono ripetuti più volte nel corso del mese di gennaio e con durata di diversi giorni. Nel corso del mese si è inoltre verificata una scossa sismica che ha ulteriormente

aggravato l'operatività di ripristino degli impianti. Si sono registrati molteplici guasti originati in alta tensione e oltre 520 guasti su linee di media tensione, che hanno portato la disalimentazione di circa 220.000 clienti.



Gennaio 2017. Effetti della neve, del vento e del sisma sugli impianti e sulla viabilità

Mese di giugno: un vasto sistema temporalesco ha interessato le regioni del nord Italia, in particolare: Piemonte, Veneto e Friuli-Venezia Giulia. A fronte degli eventi suddetti si sono registrati complessivamente circa 103 guasti su linee di media tensione, con conseguente disalimentazione di circa 66.000 clienti.

Mesi tra luglio e settembre: è stata la seconda più calda della storia, comportando numerose ondate di calore con conseguente incremento del numero di guasti (singoli e doppi) sui cavi di media tensione. Nello stesso periodo dell'anno si sono verificati anche diverse intense perturbazioni atmosferiche accompagnate da trombe d'aria, prevalentemente nel centro nord. Tali eventi meteorologici estremi hanno interessato principalmente le regioni: Sicilia, Toscana, Emilia e Romagna, Veneto e Friuli-Venezia Giulia. In particolare, si sono verificati circa 100 guasti su linee in media tensione, con un impatto su circa 265.000 clienti disalimentati.



Luglio-settembre 2017. Effetti del maltempo: allagamenti e caduta piante



Novembre 2017. Effetti del maltempo: nevicate, manicotti di ghiaccio e caduta piante

Mese di novembre: forte perturbazione atmosferica che ha determinato copiose nevicate nel centro Italia e piogge intense con allagamenti nella pianura emiliana, interessando la Toscana e l'Emilia-Romagna. A fronte di tali eventi meteo si sono registrati circa 100.000 clienti disalimentati e circa 130 guasti su linee in media tensione.

Mese di dicembre: forte perturbazione meteo caratterizzata da nevicate con fenomeno di gelicidio al suolo e venti forti. La presenza del ghiaccio al suolo ha reso difficoltosi gli spostamenti ed ha inoltre appesantito gli alberi provocandone la caduta e/o la rottura di rami. L'evento ha interessato principalmente il Piemonte, la Liguria e l'Emilia-Romagna. A fronte degli eventi suddetti si sono registrati circa 80.000 clienti disalimentati a fronte di 155 guasti su linee in media tensione.



Dicembre 2017. Effetti del maltempo: gelicidio, manicotti di ghiaccio e caduta piante

Anno 2018

Mese di gennaio: intense perturbazioni meteo caratterizzate da forti venti di burrasca hanno interessato le regioni Sicilia e Calabria, provocando la caduta di numerosi alberi e/o la rottura di rami. A causa dei suddetti eventi si sono verificati 155 guasti su linee in media tensione che hanno fatto registrare un picco complessivo di 55.000 clienti disalimentati.



Gennaio 2018. Effetti del vento: caduta sostegni delle linee aeree e caduta piante (Sicilia)



Gennaio 2018. Effetti del vento: caduta tralicci delle linee aeree e caduta piante (Calabria)

Inoltre, nel corso del mese di gennaio si sono verificate abbondanti nevicate che hanno interessato le regioni del nord. In particolare, in Piemonte dove si sono verificati numerosi guasti sulle linee in media tensione, provocati dalle abbondanti nevicate.

Mese di febbraio: un'intensa perturbazione meteo, a partire dalle prime ore del giorno 2 febbraio, ha interessato, da sud-ovest, diffusamente, la Regione Emilia-Romagna e parzialmente la Toscana, portando precipitazioni principalmente concentrate sulle aree appenniniche centro orientali, dapprima piovose poi, a seguito di un ulteriore abbassamento delle temperature, nevose fino a quota di pianura nella giornata del 3 febbraio. A fronte di tali eventi meteo si è registrato un picco di circa 27.000 clienti disalimentati e circa 55 guasti su linee in media tensione.



Febbraio 2018. Effetti delle nevicate: caduta sostegni, rottura conduttori delle linee aeree e caduta piante (Emilia-Romagna inizio di febbraio)

Inoltre, nel corso del mese di febbraio, c'è stata l'irruzione dell'evento meteorologico denominato Burian, che ha comportato la dichiarazione di Allerta Nazionale, per il periodo 22 febbraio – 5 marzo. Tale evento meteorologico ha comportato precipitazioni nevose diffuse su tutto il territorio nazionale, particolarmente abbondanti in Emilia-Romagna, Toscana, Liguria, Piemonte e Lazio.

Mese di marzo: a partire dalla notte del 22 marzo, un'intensa e copiosa nevicata accompagnata da forti venti ha coperto in poche ore la fascia appenninica delle Regioni Basilicata e Campania, provocando problemi alla circolazione stradale a causa della consistenza della coltre nevosa - che ha raggiunto i 60 cm di altezza – e della chiusura di alcune strade per la caduta di alberi appesantiti dalla neve e colpiti dal forte vento. A fronte di tali eventi meteo, si è registrato un picco di circa 50.000 clienti disalimentati e circa 70 guasti su linee in media tensione.



Marzo 2018. Effetti delle nevicate: caduta sostegni, rottura conduttori delle linee aeree e caduta piante (Basilicata)



Marzo 2018. Effetti delle nevicate: caduta rottura conduttori delle linee aeree, difficoltà logistiche (Campania)

Mesi di luglio e agosto: per effetto dell'arrivo dell'anticiclone presente sul Sahara, il 14 luglio è entrato negli annali quale una giornata di caldo eccezionale. In particolare, in tutta la penisola le temperature sono salite vertiginosamente, con picchi di oltre 40 gradi al Sud. Nel corso del mese di luglio si sono registrati circa 2.000 guasti su linee in media tensione in cavo interrato (circa 4 volte rispetto ai guasti che si registrano in condizioni di performance "standard" di rete).

Mesi di ottobre e novembre: negli ultimi giorni di ottobre e a inizio novembre si è registrato l'ingresso di un grosso fronte temporalesco che ha attraversato quasi tutta la penisola, caratterizzato da forti raffiche di vento - che hanno fatto registrare punte fino a 192 km/h. Le precipitazioni diffuse, che hanno colpito dapprima le regioni tirreniche (soprattutto Liguria, Toscana e Lazio), si sono poi spostate verso Piemonte, Lombardia, Veneto e Friuli-Venezia Giulia, dove hanno raggiunto intensità eccezionalmente fuori dalla norma nelle provincie di Vicenza, Belluno e Treviso. In particolare, a fronte degli eventi suddetti, nelle regioni Veneto e Friuli-Venezia Giulia si è registrato un picco di 260.000 clienti disalimentati, con 208 linee in media tensione con guasti, e inoltre con guasti sulla rete alta tensione di Terna, che hanno determinato la disalimentazione di 16 Cabine Primarie di E-Distribuzione.



Ottobre/novembre 2018. Effetti del vento: caduta sostegni, rottura conduttori delle linee aeree, difficoltà logistiche (Toscana e Umbria)



Ottobre/novembre 2018. Effetti del vento: caduta sostegni, rottura conduttori delle linee aeree, difficoltà logistiche (Lombardia)



Ottobre/ novembre 2018. Effetti del vento: caduta tralicci, rottura conduttori delle linee aeree, difficoltà logistiche (Veneto – Friuli-Venezia Giulia)

Mese di dicembre: una perturbazione ha investito i settori interni della regione Marche con precipitazioni nevose diffuse. Le precipitazioni caratterizzate da neve bagnata hanno causato numerosi guasti alla rete elettrica, principalmente a causa del contatto dei conduttori con piante posizionate al di fuori delle fasce di rispetto, piegate dal peso della neve, o per la rottura dei conduttori provocata dal peso dei manicotti di ghiaccio. A fronte di tali eventi meteo, si è registrato un picco di circa 14.000 clienti disalimentati e circa 70 guasti su linee di media tensione.



Dicembre 2018. Effetti delle nevicate: caduta sostegni, rottura conduttori delle linee aeree e caduta piante (Marche)

Anno 2019

Mese di gennaio: dalla tarda serata del 24 gennaio un'intensa e copiosa nevicata, accompagnata da raffiche di vento forte, ha coperto in poche ore la fascia appenninica della Regione Basilicata, interessando, in modo particolare, la città di Potenza e l'area a nord limitrofa. La nevicata ha impattato sulla rete di alta e media tensione per la formazione di manicotti di ghiaccio sui conduttori, determinando circa 80 guasti su linee di media tensione, con picco di circa di 24.000 clienti BT disalimentati.



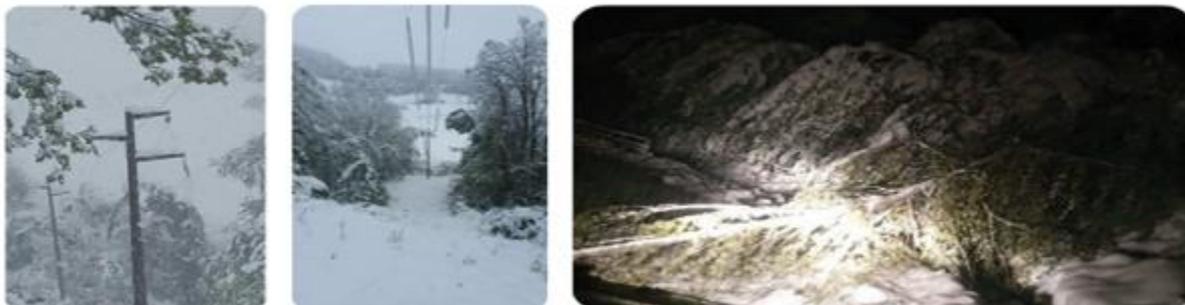
Gennaio 2019. Effetti delle nevicate: caduta sostegni, rottura conduttori delle linee aeree e caduta piante (Basilicata)

Mese di febbraio: a partire dalla tarda mattinata del 23 febbraio, le regioni Lazio e Sicilia, sono state interessate da venti forti di burrasca, intense piogge e mareggiate lungo le coste. Le forti raffiche di vento hanno determinato sollecitazioni sugli alberi posti fuori dalle fasce di rispetto e sui conduttori e sostegni delle linee aeree di media e bassa tensione provocandone, in alcuni casi, la rottura e la caduta al suolo, determinando circa 110 guasti su linee di media tensione, con picco di circa di 80.000 clienti BT disalimentati.



Febbraio 2019. Effetti del vento: caduta sostegni, rottura conduttori delle linee aeree e caduta piante (Lazio e Sicilia)

Mese di maggio: nelle giornate dal 4 al 6 maggio il territorio emiliano-romagnolo è stato investito dal transito di una veloce perturbazione che ha determinato un insieme di fenomeni meteorologici molto intensi, con venti di burrasca sulla costa e sulle pianure, precipitazioni elevate e delle nevicate abbondanti in Appennino con accumuli, seppure inferiori, anche a quote collinari, determinando circa 30 guasti su linee di media tensione, con picco di circa di 10.000 clienti BT disalimentati.



Maggio 2019. Effetti delle nevicate: caduta sostegni, rottura conduttori delle linee aeree e caduta piante (Emilia Romagna)

Mese di agosto: nel corso del mese di agosto le regioni Lombardia e Veneto, sono state interessate da fenomeni meteorologici caratterizzati da vento forte, temporali e trombe d'aria. Le forti raffiche di vento hanno determinato sollecitazioni sugli alberi, posti fuori dalle fasce di rispetto, e sui conduttori e sostegni delle linee aeree di media e bassa tensione provocandone, in alcuni casi, la rottura e la caduta al suolo, determinando complessivamente 220 guasti su linee di media tensione, con picco complessivo di circa di 220.000 clienti BT disalimentati.



Agosto 2019. Effetti del vento: caduta sostegni, rottura conduttori delle linee aeree e caduta piante (Veneto)

Mese di novembre: nella mattinata del 12 novembre un'estesa perturbazione atmosferica ha colpito il sud della Puglia, provocando intense e copiose piogge accompagnate da forti venti. La perturbazione ha portato numerose cadute di alberi e allagamenti, che hanno causato più di 100 guasti su linee di media tensione e un picco di circa 44.000 clienti BT disalimentati, principalmente in provincia di Taranto.



Novembre 2019. Effetti del vento e allagamenti: caduta sostegni, rottura conduttori delle linee aeree e caduta piante (Puglia)

Mese di novembre: a partire dalla sera del 14 novembre una corrente di aria fredda, accompagnata da fenomeni diffusi di carattere nevoso e forte vento, ha attraversato in senso longitudinale l'area del Piemonte Occidentale, interessando in particolar modo la provincia di Cuneo ed estendendosi poi nel ponente ligure, nell'alessandrino e nel biellese. La provincia maggiormente colpita dal fenomeno atmosferico è stata infatti Cuneo. La punta di clienti disalimentati è stata circa pari a 56.000 clienti, con 196 linee di media tensione in guasto.



Novembre 2019. Effetti delle nevicate: caduta sostegni, rottura conduttori delle linee aeree e caduta piante (Piemonte)

Mese di dicembre: nella notte tra il 21 e il 22 dicembre, un intenso fronte perturbato, accompagnato da forti precipitazioni e venti da tesi a burrascosi con raffiche superiori ai 90 km/h, ha interessato la parte centrale della penisola, in particolar modo l'area delle regioni Toscana, Lazio e Campania, causando la caduta di alberi sulla infrastruttura elettrica di distribuzione e pregiudicando la viabilità in svariate zone. Le forti raffiche di vento hanno causato, sui centri operativi più impattati, un totale di circa 130.000 clienti BT disalimentati e circa 230 guasti su linee di media tensione.



Dicembre 2019. Effetti del vento: caduta sostegni, rottura conduttori delle linee aeree e caduta piante (Toscana)



Dicembre 2019. Effetti del vento: caduta sostegni, rottura conduttori delle linee aeree e caduta piante (Lazio)

Anno 2020

Il 2020 è stato caratterizzato da fenomeni metereologici rilevanti, concentrati nel periodo estivo e nell'ultimo trimestre dell'anno.

Mese di luglio: nel mese di luglio frequenti e violente precipitazioni a carattere temporalesco hanno interessato le regioni del nord Italia, soprattutto Lombardia e Veneto. In Lombardia, i venti hanno toccato picchi di 130 km/h soprattutto nel bresciano e nel milanese, con importanti danni anche sugli impianti di E-Distribuzione. In tre momenti distinti, nel mese di luglio, nel solo Centro Operativo di Brescia si sono superati i 10.000 clienti contemporaneamente disalimentati.



Luglio 2020. Effetti di vento e precipitazioni (Lombardia)



Luglio 2020. Effetti di vento e precipitazioni (Veneto)

Mese di agosto: il mese di agosto ha visto manifestazioni frequenti di trombe d'aria soprattutto nelle regioni Veneto e Friuli-Venezia Giulia. Nel solo mese di agosto e nelle sole regioni citate, in sette momenti distinti sono stati dichiarati eventi emergenziali con numerose linee MT e BT in guasto.

Mese di ottobre: il mese di ottobre è stato caratterizzato dalla cosiddetta tempesta Alex. A partire dal pomeriggio del 2 ottobre 2020, un fronte temporalesco caratterizzato da forti raffiche di vento e precipitazioni diffuse ha interessato il nord Italia, colpendo dapprima il versante ligure, con successive estensioni al Piemonte e al nord della Lombardia. Il fenomeno è stato caratterizzato da una lunga fase di maltempo con piogge torrenziali ininterrotte. Il fronte temporalesco ha raggiunto la massima intensità tra la notte del 2 e 3 ottobre, colpendo soprattutto le provincie della Liguria (Imperia, Savona, Genova), Piemonte (Cuneo, Verbano-Cusio-Ossola, Vercelli, Biella) e Lombardia (Varese) con raffiche di vento oltre 90 km/h. I guasti sono stati dovuti

principalmente a frane, smottamenti e forti raffiche di vento. Il picco di clienti disalimentati nelle regioni interessate è stato pari a circa 120.000.



Ottobre 2020. Effetti della tempesta Alex (Piemonte)

Mese di novembre: il mese di novembre è stato caratterizzato da due eventi alluvionali, il primo in Sardegna, nel Comune di Bitti e il secondo in Calabria, nel Comune di Crotona. In entrambi i casi, le disalimentazioni elettriche sono state dovute ad allagamenti di Cabine Primarie e Secondarie.



Novembre 2020. Effetti delle alluvioni (Calabria e Sardegna)

Mese di dicembre: l'ultimo mese del 2020 è stato caratterizzato da numerosi eventi meteorologici particolarmente impattanti per la rete elettrica. Ad inizio mese, una perturbazione ha colpito l'intera penisola con forti precipitazioni di carattere nevoso al Nord (inizialmente in Piemonte poi Lombardia, Veneto, Friuli-Venezia Giulia ed Emilia-Romagna). Nello stesso periodo, forti accumuli di pioggia hanno causato l'esondazione di diversi fiumi in centro Italia, mentre al sud i forti venti hanno causato disservizi elettrici in Puglia e Sicilia. Nell'ultima parte di dicembre una nuova perturbazione nevosa ha investito il nord, con disagi in Lombardia, Veneto e Friuli-Venezia Giulia. Solo in queste ultime tre regioni i clienti disalimentati hanno sfiorato complessivamente quota 100.000.



Dicembre 2020. Effetti del maltempo in Lombardia, Friuli-Venezia Giulia ed Emilia-Romagna

Anno 2021

L'anno 2021 è stato caratterizzato da eventi meteorologici fortemente impattanti per la rete elettrica, in particolar modo le nevicate di gennaio in Garfagnana (Toscana) e di novembre in Sardegna hanno portato ad eventi emergenziali di particolare rilievo. Il periodo estivo è stato segnato da forti temporali nel Nord del Paese, mentre nelle regioni del Sud ha assunto una rilevanza significativa il fenomeno delle ondate di calore.

Mese di gennaio: Il mese di gennaio 2021 è stato caratterizzato da intense e ripetute precipitazioni nevose nell'area dell'Appennino Toscano, in particolar modo nel territorio delle province di Lucca e Pistoia, causando la caduta di alberi sull'infrastruttura elettrica di distribuzione e pregiudicando la viabilità in numerose zone. La situazione più critica ha portato alla disalimentazione di oltre 10.000 clienti e ad un picco di circa 30 linee MT fuori servizio





Gennaio 2021. Effetti delle nevicate nella zona della Garfagnana

Mese di giugno: Il mese di giugno 2021 è stato caratterizzato da forti ondate di calore, che hanno coinvolto il territorio delle province di Napoli, e Caserta, provocando in alcune aree temperature superiori ai 40°C. Tali condizioni meteo hanno provocato il susseguirsi di guasti in cavo sulla rete MT con picchi di 30.000 clienti disalimentati nell'area di Napoli.

Mese di luglio: Il mese di luglio 2021 è stato segnato da violenti fenomeni temporaleschi particolarmente impattanti per la rete elettrica. Ad inizio mese il territorio più colpito è stato quello delle province di Novara, Verbania e Biella, dove il maltempo ha provocato frane, smottamenti e cadute di alberi, rendendo difficoltose le attività di riparazione dei guasti. Fenomeni analoghi si sono verificati nel Nord Est del Paese, in modo particolarmente violento nelle province di Treviso e Padova.



Luglio 2021. Effetti nel maltempo in Piemonte

Mese di agosto: Nel mese di agosto 2021 si è verificata una recrudescenza del maltempo sulle regioni dell'Italia nord-orientale, con fenomeni temporaleschi violenti e intensa attività ceraunica che hanno causato danni ingenti soprattutto alle linee aeree di distribuzione in media e bassa tensione, per fulminazioni e caduta di alberi di alto fusto posti fuori fascia di rispetto, che hanno provocato la rottura dei conduttori. L'area più colpita dal fenomeno in questione è stato il Veneto orientale, in cui si sono registrati picchi di oltre 90.000 clienti disalimentati oltre all'interruzione della viabilità secondaria a causa di allagamenti e smottamenti. La violenza del fenomeno è stata tale da provocare anche il cedimento delle linee interrate.



Agosto 2021. Effetti del maltempo in Veneto

Mese di novembre: Il mese di novembre 2021 è stato caratterizzato da una fortissima nevicata sulle zone interne della Sardegna. Questo evento ha causato l'abbattimento di molti alberi posti al di fuori della fascia di rispetto, che hanno provocato la rottura di conduttori delle linee aeree e impedito la viabilità per la corretta attività di riparazione dei guasti. La portata del fenomeno è stata talmente significativa da causare il fuori servizio di tre linee di alta tensione. Questo fatto ha provocato la disalimentazione di due CP, con conseguente aumento del numero di clienti disalimentati, che nella situazione di maggiore criticità sono stati circa 15.000.



Novembre 2021. Effetti del maltempo in Sardegna

4. LA RESILIENZA DEL SISTEMA ELETTRICO

La resilienza di un sistema è la sua capacità di resistere a sollecitazioni estreme e di ripristinare, nel più breve tempo possibile, la propria operatività. A tal fine, quindi, non soltanto la componentistica deve essere idonea a resistere a sollecitazioni anche superiori a quelle di normale progetto, ma anche il sistema elettrico nel suo complesso deve essere in grado di reagire rapidamente ai danni subiti e tornare operativo.

Pertanto, la resilienza dipende dalla robustezza intrinseca dei componenti e dalla struttura della rete, nonché dalla possibilità di effettuare manovre in telecontrollo per una pronta riconfigurazione della rete stessa.

4.1. Calcolo della resilienza della rete aerea a fronte di eventi meteorologici eccezionali

In linea con le indicazioni del TIQE, E-Distribuzione ha adottato il seguente approccio, applicabile a diversi tipi di fenomeni, che si basa su:

- calcolo della probabilità “P” di cedimento delle linee elettriche MT in una certa area (Regione, Ambito di concentrazione, o Comune);
- calcolo del danno “D” provocato dall’evento con probabilità P sulla fornitura di energia elettrica, valutando il numero dei clienti BT che restano disalimentati, e tenuto conto di tutte le possibili alimentazioni di soccorso disponibili, perché immuni alla sollecitazione, e di tutte le possibili manovre in telecomando per ripristinare il servizio, consentite dalla struttura della rete;
- calcolo dell’indice di rischio di disalimentazione “I_{RD}” in una certa area in funzione della tipologia di evento severo considerato.

$$I_{RD} = P \cdot D$$

L’indice di resilienza della rete “I_{RE}”, relativo agli eventi severi e persistenti, considerati per una certa area (Regione, Ambito, Comune), è l’inverso dell’indice di rischio I_{RD} sopra definito:

$$I_{RE} = \frac{1}{I_{RD}} = \frac{1}{P \cdot D}$$

4.2. I fattori di rischio

Gli eventi da considerare quando si analizza la resilienza di un sistema sono quelli che, pur essendo molto o relativamente poco frequenti, provocano disservizi molto estesi, sia per la vastità dei territori colpiti che per la durata dei disagi provocati. Con dizione anglosassone, tali eventi sono detti High Impact Low Probability (HILP).

Analizzando le principali cause di guasto per la rete elettrica si nota che quelle con maggiore impatto sono legate ad eventi meteorologici, nelle loro manifestazioni estreme:

- intense nevicate con formazione di neve o ghiaccio sui conduttori nudi delle linee aeree;
- tempeste di vento che possono impattare le linee aeree direttamente o indirettamente, a causa della caduta di piante di alto fusto sulle linee aeree o del distacco di rami di alberi, anche relativamente distanti dalle linee stesse;
- ondate di calore estreme, caratterizzate da temperature elevate per più giorni consecutivi associate a fenomeni di prolungata siccità che impediscono lo smaltimento del calore nelle linee interrato provocando guasti diffusi su cavi e relativi giunti;
- piogge molto intense in brevi tempi (le cosiddette “bombe d’acqua”) in grado di determinare allagamenti localizzati anche diffusi, o piogge prolungate in grado di provocare esondazioni fluviali, che possono determinare guasti nelle Cabine Secondarie della rete.

Mentre neve, vento e caduta piante impattano le linee aeree, le ondate di calore impattano le linee in cavo interrato.

E-Distribuzione ha determinato indici di rischio distinti per i fenomeni legati alle diverse possibili minacce, in quanto fenomeni meteorologici diversi richiedono analisi e modelli con approcci metodologici simili ma comunque differenziati e non confrontabili.

Dato il loro forte impatto sulle reti di E-Distribuzione, i fenomeni del manicotto di ghiaccio e delle ondate di calore erano alla base del Piano Resilienza 2018-2020; mentre a partire dal piano 2019-2021 sono stati introdotti anche interventi per la caduta piante.

4.3. Il fenomeno della formazione del manicotto di ghiaccio

Le neviccate intense costituiscono l'evento meteorologico più impattante sulla rete elettrica in quanto possono provocare formazione di manicotti di ghiaccio o neve sui conduttori delle linee aeree.

Questo fenomeno è legato a particolari condizioni meteorologiche di precipitazione nevosa, di temperatura e di intensità del vento.

4.3.1. Norme europee, norme italiane e il modello Pre.Ma.G.

Da molti anni le norme per la progettazione delle linee aeree indicano criteri e modelli da utilizzare per prevedere le possibili sollecitazioni. La norma attualmente in vigore è la CEI EN 50341-1, che recepisce l'omonima norma europea e che propone un approccio affidabilistico-probabilistico molto rigoroso e complesso, registrando un sostanziale salto di qualità rispetto alle precedenti norme vigenti in Italia (CEI 11-4 valide fino a tutto il 2016).

In questa norma i principi generali del progetto funzionale si basano sul concetto di "stato limite" utilizzato congiuntamente al metodo del "fattore parziale", in linea con gli "eurocodici" delle costruzioni civili. La norma introduce tre livelli di affidabilità (1, 2 e 3) corrispondenti a "periodi di ritorno", individuati su basi statistiche, della sollecitazione meteorologica pari a 50, 150 e 500 anni. La ripetitività nel tempo degli eventi meteorologici, si basa sulla distribuzione statistica di «Gumbel» per cui, facendo riferimento ad un "tempo di ritorno" di 50 anni, il rischio di superare il valore di riferimento è pari al 2% in ogni anno della distribuzione.

A questa norma è associato per ogni paese un allegato NNA (Aspetti Normativi Nazionali, codificati per l'Italia nella norma CEI EN 50341-2-13:2017) per specificare i valori dei carichi di ghiaccio, neve e vento da prevedere localmente per la progettazione delle linee. Questi nuovi valori, pur essendo generalmente superiori a quelli previsti dalle precedenti edizioni della normativa italiana, non tengono conto, tuttavia, dei più recenti eventi climatici estremi che si sono verificati in Italia negli ultimi 10-15 anni che hanno registrato formazioni di ghiaccio e neve, con sollecitazioni superiori a quelle indicate negli NNA.

Per tener conto di queste sollecitazioni eccezionali, in attesa di un riferimento ufficiale da parte della società Ricerca Sistema Energetico (RSE), si è fatto ricorso ad un modello di formazione del manicotto di ghiaccio basato su dati meteorologici più recenti e validato sulla base di esperienze di esercizio reali, documentate nelle schede di guasto della rete di media tensione (IGM).

Il nuovo modello è stato realizzato seguendo l'approccio metodologico statistico-sperimentale indicato dalle norme CEI 50451-1 ed in particolare nelle appendici B e D, che prescrivono che:

- i carichi di ghiaccio estremo possano essere ricavati da dati di carico massimo annuale di manicotto di ghiaccio registrati nel tempo, o che si possa calcolare il carico di ghiaccio massimo annuale con un modello di gelicidio basato sull'analisi di dati meteorologici per un periodo di venti anni o più;
- una corretta taratura di un modello di gelicidio deve prevedere almeno 5-10 eventi ben documentati.

Pertanto, il nuovo modello, detto Pre.Ma.G. (Previsione Manicotto di Ghiaccio), sviluppato in collaborazione con il CESI, si basa su ventuno anni di dati meteorologici (dal 1997 al 2017) ed è stato tarato con una decina di eventi reali in un arco temporale dal 2012 al 2017.

I dati meteorologici, disponibili per ogni Comune italiano con cadenza giornaliera, sono stati forniti da una società specializzata in elaborazione di dati e sono estrapolati a partire dalle registrazioni meteorologiche certificate di circa cento stazioni dell'Aeronautica militare e delle stazioni ENAV.

Si è assunto che i parametri meteorologici siano costanti all'interno del territorio comunale e possano essere associati a tutte le linee che attraversano tale territorio.

Sulla base di questi 21 anni di dati meteorologici, tramite il modello di gelicidio Pre.Ma.G. si sono calcolati per ogni Comune italiano i valori di ghiaccio massimo I_m di ogni anno di osservazione. Seguendo le indicazioni dell'appendice B alla norma CEI EN 50341-1, applicando la distribuzione statistica di Gumbel ai carichi di ghiaccio massimi di ogni anno I_m , si sono calcolati i carichi di ghiaccio di riferimento I_{50} , corrispondenti ad un tempo di ritorno di 50 anni.

I valori di carico di ghiaccio di riferimento ottenuti, essendo stati calcolati con gli stessi criteri che hanno condotto alla redazione degli NNA, possono essere considerati a questi equivalenti. In tal modo, i valori di riferimento ottenuti tramite il modello Pre.Ma.G. si affiancano ai valori resi disponibili dagli NNA, senza la presunzione di sostituirli, ma fornendo valori di riferimento alternativi e maggiormente in linea con gli eventi di guasto ultimamente registrati. Pertanto, entrambi i modelli (CEI e Pre.Ma.G.) sono stati elaborati in parallelo, a partire dai rispettivi carichi di ghiaccio di riferimento.

4.3.2. La valutazione dei carichi di rottura dei conduttori per manicotto di ghiaccio

Per analizzare la rete aerea, si sono considerate le principali tipologie di conduttori standard E-Distribuzione, caratterizzando i parametri tecnici di robustezza delle diverse tipologie di linee in esercizio.

Tramite un algoritmo si è calcolata la sollecitazione dovuta all'azione di ghiaccio e vento sui conduttori delle diverse tipologie di linee elettriche, verificandone il valore corrispondente al carico di rottura. Avendo come riferimento il carico di neve I_{50} (CEI EN 50341-2-13:2017 o Pre.Ma.G.) per ogni tipologia di conduttore, si è quindi determinato, per ogni Comune, ancora tramite la distribuzione di "Gumbel", quale sia il tempo di ritorno T_r dell'evento che porta al cedimento di una determinata tipologia di conduttore aereo. Questo valore è rappresentativo della probabilità dell'evento meteorologico in grado di provocare la rottura di un determinato tipo di conduttore.

Per analizzare la resilienza della rete, si è ipotizzato che, al raggiungimento del tempo di ritorno corrispondente al carico di rottura di una determinata tipologia di conduttore nel determinato Comune, si abbia la rottura di quel conduttore e quindi la completa indisponibilità dei rami di linea realizzati con quel tipo di conduttore in quel Comune e, comunque, l'indisponibilità di tutti i rami contraddistinti da periodi di ritorno inferiori.

In tal modo, si riesce ad associare ad ogni tratta di ogni ramo delle linee della rete un tempo di ritorno differenziato in base alla tipologia di conduttore ed al Comune in cui si trova il ramo di linea.

4.3.3. La valutazione dei tempi di ritorno delle Cabine Secondarie

Noti i tempi di ritorno dei diversi rami della rete, è stato sviluppato un algoritmo di calcolo in grado di analizzare la topologia della rete al fine di determinare quale sia il tempo di ritorno da associare alle Cabine Secondarie, ossia il tempo di ritorno corrispondente ad un evento critico tale da rendere inutilizzabili tutti i possibili percorsi di alimentazione della Cabina Secondaria verso nodi di alimentazione primari (punti di interconnessione con la rete di alta tensione).

Nell'effettuare questa analisi, sono state considerate tutte le possibili vie di alimentazione verso le diverse Cabine Primarie. In tal modo si considera anche la disponibilità di eventuali alimentazioni di soccorso. L'algoritmo effettua una visita del grafo della rete a partire dalle Cabine Primarie, per raggiungere tutte le Cabine Secondarie (di seguito anche CS) sottese. Ogni percorso è caratterizzato dal tempo di ritorno della

tratta meno resiliente. Dei diversi percorsi possibili per raggiungere ogni CS, quello con il maggior tempo di ritorno è quello più resiliente ed è quello che caratterizza il tempo di ritorno della CS⁴.

In generale, la probabilità di disalimentazione dei nodi di rete viene espressa come l'inverso del tempo di ritorno $T_{RCPnodo}$ per il quale il cedimento delle tratte di linea afferenti ne comporterà la disalimentazione. In tal modo, ad ogni CS può essere associato un tempo di ritorno T_{RCS} calcolato da E-Distribuzione, sulla base dei periodi di ritorno associati ai rami di tutti i possibili percorsi di alimentazione, considerando la rete AT infinitamente resiliente.

L'impatto/danno provocato dalla disalimentazione della CS è quantificato in termini di utenti BT sottesi alla cabina stessa (N_{UDCS}).

L'indice di rischio di disalimentazione di una CS (I_{RDCS}) è dato dal prodotto della probabilità dell'evento per il danno provocato:

$$I_{RDCS} = \frac{1}{T_{RCS}} \times N_{UDCS}$$

Resta pertanto definito, come da indicazioni di ARERA, l'indice di resilienza di ogni Cabina Secondaria, pari all'inverso dell'indice di rischio:

$$I_{RECS} = \frac{1}{I_{RDCS}} = \frac{T_{RCS}}{N_{UDCS}}$$

4.3.4. La valutazione degli interventi sulle linee

In base agli indici di rischio rilevati sulle Cabine Secondarie sottese ad ogni linea di media tensione, è possibile individuare degli indici di rischio da associare alle linee, al fine di stilare una classifica delle linee sulle quali intervenire prioritariamente⁵.

Stabilite le linee di intervento, un algoritmo consente di individuare quali tratte della rete sia necessario rendere più robuste, in base al modello di formazione del manicotto di ghiaccio prescelto, affinché si riduca il rischio di disalimentazione delle Cabine Secondarie della linea al di sotto di un valore prestabilito (ossia una soglia di rischio ritenuto accettabile).

Effettuato così il calcolo delle lunghezze complessive delle tratte di rete su cui intervenire, è possibile stimare i costi degli interventi necessari sui singoli rami della rete.

Inoltre, in base alle modifiche apportate alle tratte della rete con gli interventi previsti, l'algoritmo consente di calcolare l'indice di rischio post-intervento delle Cabine Secondarie interessate.

4.3.5. Metodi per evitare danneggiamenti delle linee causati da formazioni di neve e ghiaccio

Per evitare i danneggiamenti delle linee causati da formazioni di neve e ghiaccio, vi sono diverse metodologie (di cui alcune già in corso di sperimentazione da parte di E-Distribuzione, ma comunque non su linee incluse nel presente Piano Resilienza), che possono essere raggruppate nelle seguenti tipologie principali:

- Metodi passivi;
- Metodi chimico-fisici;
- Metodi elettrotermici;
- Metodi elettrodinamici.

⁴ La Cabina Secondaria, dunque, assume il minimo tempo di ritorno dei rami del percorso di alimentazione di massima resilienza.

⁵ Per una linea o comunque una qualunque porzione di rete delimitata, un evento con tempo di ritorno T_{evento} è per ipotesi di intensità tale da provocare la rottura di tutte le tratte di rete con tempo di ritorno inferiore al tempo di ritorno T_{evento} , provocando in definitiva la disalimentazione di tutti i clienti delle CS con tempo di ritorno inferiore a T_{evento} . Quindi, il numero di clienti impattati cresce progressivamente al crescere del tempo di ritorno T_{evento} dell'evento critico considerato.

Inoltre, le diverse metodologie possono avere un approccio:

- “preventivo”, il cui fine è quello di impedire la formazione di manicotto di neve o ghiaccio sui conduttori;
- “curativo”, il cui fine è quello di limitare l’effetto o rimuovere le formazioni di ghiaccio o neve prima che queste possano pregiudicare l’integrità della linea.

Di seguito uno schema delle principali metodologie:

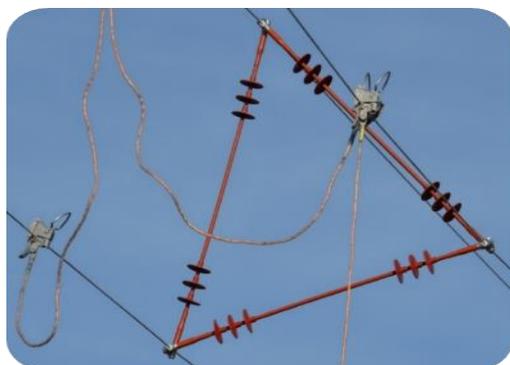
Tipologia	Metodologia	Approccio
Metodi passivi	Distanziatori di fase con funzione antirotazionale	Preventivo
	Dispositivi ad allungamento controllato	Curativo
	Dispositivi antirotazionali	Preventivo
Metodi chimico fisici	Vernici antighiaccio	Preventivo
	Trattamenti superficiali antighiaccio	Preventivo
	LC Spiral Rod/rivestimento ferro magnetico	Preventivo
Metodi elettrotermici	Riscaldamento conduttori per effetto Joule mediante incremento di correnti di linea	Preventivo/Curativo
Metodi elettrodinamici	Eliminazione ghiaccio già formato sui conduttori per effetto elettromeccanico di correnti transitorie impulsive	Curativo

Ulteriori metodi di rimozione meccanica dei manicotti di ghiaccio tramite martelli o aste percussori non sembrano ragionevolmente percorribili.

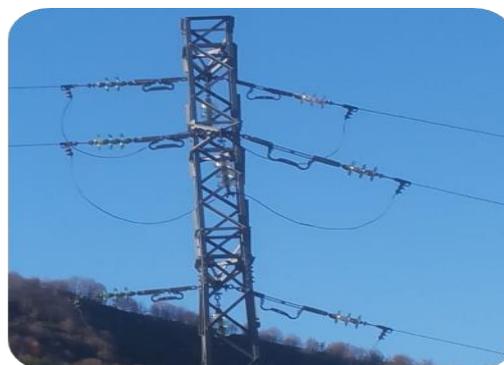
4.3.5.1 Metodi passivi

Di seguito vengono descritti alcuni dispositivi per la realizzazione dei metodi passivi.

I dispositivi distanziatori di fase sono aste isolanti applicate lungo le campate in conduttore nudo cordato con il fine di evitare il contatto tra le fasi in caso di raffiche di vento, ma anche di evitare la rotazione del conduttore che favorirebbe⁶ la formazione del manicotto di ghiaccio, in caso di precipitazione nevosa umida.



Distanziatori di fase (installazione)



Dispositivi ad allungamento controllato

E-Distribuzione ha già sperimentato i distanziatori di fase con successo nella prevenzione di guasti dovuti al sollevamento contemporaneo di stormi di uccelli, a colpi di vento, o a getti di acqua irrigui. È in corso la sperimentazione per verificarne l’efficacia anche contro la formazione dei manicotti di neve umida. Si precisa che tale sperimentazione non interessa le linee incluse nel presente Piano.

E-Distribuzione sta sperimentando anche dei dispositivi ad allungamento controllato, che sono applicati in corrispondenza degli amari delle linee aeree in conduttori nudi. Essi, tramite una deformazione elastica, innescata dalla presenza di sovraccarichi sul conduttore, si allungano di qualche decimetro con l’effetto di ridurre il tiro cui è soggetto il conduttore prevenendone la rottura. In generale, questi dispositivi dimostrano

⁶ La rotazione del conduttore sembra favorisca la formazione del manicotto di ghiaccio, ma non vi è ancora piena evidenza sperimentale di ciò. Il fenomeno sarà studiato in particolare nelle stazioni climatologico-sperimentali che E-Distribuzione sta installando in tre Cabine Primarie nell’ambito di un accordo di collaborazione con RSE.

maggiore efficacia su campate in forte pendenza. La loro applicabilità sulle linee aeree è limitata dal fatto che non sono autoripristinanti.

4.3.5.2 Metodi chimico-fisici

Questi metodi prevedono di verniciare o trattare le superfici dei conduttori al fine di elevare la temperatura del conduttore sopra il punto di congelamento, oppure di evitare che la neve possa attecchire sul metallo e formare i manicotti. I metodi con spiral rod richiedono alimentazioni aggiuntive in alta frequenza mentre i rivestimenti ferromagnetici incrementano le perdite di trasporto. I trattamenti superficiali o le verniciature devono essere effettuati necessariamente in fabbrica, risultano quindi di difficile applicabilità nel caso delle reti MT in servizio. Per quanto riguarda questi ultimi, la loro efficacia ed i materiali da utilizzare sono ancora allo studio da parte di RSE e Terna.

4.3.5.3 Metodi elettrotermici

Questi metodi sfruttano il riscaldamento del conduttore per effetto Joule (perdite), causato dal passaggio stesso della corrente. Lo scopo è quello di mantenere la temperatura del conduttore ad un livello superiore a 0°C, in maniera tale che il fiocco di neve, toccando il conduttore, si scioglia.

Questo metodo ha una maggiore applicabilità sulle reti magliate di trasporto, sulle quali è meno complesso variare lo schema di rete e incrementare le correnti sulle linee a rischio per la formazione di ghiaccio, scaricando altre linee, a scapito delle perdite complessive.

Sulle reti MT, le correnti per prevenire la formazione del manicotto di ghiaccio sono superiori alle normali correnti di carico delle linee, ma ancora al di sotto del limite termico dei conduttori. Invece, le correnti per sciogliere manicotti di ghiaccio già formati superano quasi sempre la portata termica del conduttore e quindi la durata del processo di scioglimento del manicotto può diventare troppo lunga rispetto alla loro velocità di accrescimento.

Nelle reti MT, topologicamente magliate ma esercite in assetto radiale, non potendo modificare le correnti di carico se non sulle dorsali e in minima parte con manovre di riconfigurazione della rete, l'incremento delle correnti in funzione antighiaccio dovrebbe essere ottenuto con l'inserzione di correnti reattive, tramite l'inserimento di condensatori o reattanze lungo la rete, o di correnti continue, tramite raddrizzatori.

I costi e le complicazioni impiantistiche rendono tali metodi non applicabili su reti molto ramificate ed estese, quali quelle di distribuzione in media tensione.

4.3.5.4 Metodi elettrodinamici

Questi metodi sfruttano l'azione di attrazione-repulsione impulsiva tra i conduttori, a seguito del passaggio di intense correnti transitorie, quali quelle tipiche di un cortocircuito, al fine di provocare il distacco del manicotto di ghiaccio.

Questa soluzione potrebbe essere tecnicamente fattibile, ma richiederebbe comunque l'installazione di dispositivi fissi lungo la rete e difficilmente i costi potrebbero compensare i benefici conseguibili sulla rete di distribuzione.

4.4. Interventi per incremento resilienza su linee già interessate da eventi eccezionali (ricostruzioni)

Il modello di formazione del manicotto di ghiaccio, elaborato da E-Distribuzione, consente di evidenziare la maggior parte delle criticità che interessano la rete di distribuzione.

Tuttavia, negli ultimi anni si sono registrati eventi di danneggiamento esteso della rete che non sono colti dai modelli di formazione del manicotto di ghiaccio, perché legati alla concomitanza di fattori non correlati strettamente al fenomeno della neve umida, ma, piuttosto, alla concomitanza di più cause, come, ad esempio,

gli eventi di forte ventosità, soprattutto in corrispondenza di filari di alberi lungo le aree costiere, o la caduta di neve fuori stagione su alberi caducifoglie ancora, o già, in fase vegetativa.

Tale integrazione è stata effettuata associando un tempo di ritorno convenzionale a tali eventi distruttivi pari a 20 anni, ovvero un tempo di ritorno corrispondente a un evento occorso nell'arco temporale dei vent'anni coperti dal modello⁷. Questo anche in base al principio tecnico generale per cui è comunque necessario intervenire su tutte le tipologie di conduttori aerei meno robuste, per quei tratti di linee già interessate da eventi eccezionali.

Ne consegue, quindi, che sono stati presi in considerazione anche interventi di ricostruzione, con incremento della resilienza, non direttamente derivanti dal modello matematico di formazione del manicotto di ghiaccio.

4.5. Caduta piante fuori fascia

La caduta piante è un altro evento critico impattante le linee aeree di distribuzione, indotto generalmente da forti tempeste di neve e/o forti raffiche di vento. Quindi, tra le società di distribuzione elettrica è sorta l'esigenza di individuare anche i rischi legati al fattore critico "caduta di alberi di alto fusto, al di fuori della fascia di rispetto". A tal proposito, un modello per la determinazione del rischio derivante da tale fattore critico è stato sviluppato con SET Distribuzione ed è stato condiviso con altre imprese di distribuzione, oltre che con ARERA nel corso del tavolo tecnico resilienza. Tale modello, in mancanza di un data set condiviso e consolidato di dati meteorologici, si basa su un'analisi delle reti a partire dagli effetti provocati in passato da eventi meteorologici in grado di provocare estesi fenomeni di caduta piante in aree boschive⁸.

Questa metodologia tiene pertanto conto solo della caduta alberi in vaste aree boschive (trascurando la caduta localizzata di singoli alberi e tenendo conto solo degli episodi di caduta di piante che hanno creato più guasti contemporanei in ambito provinciale).

4.5.1. La valutazione del tempo di ritorno e del rischio delle Cabine Secondarie

Il metodo prevede di associare ad ogni Provincia un tasso di guasto chilometrico per caduta piante, differenziato per fascia altimetrica, in base alla suddivisione delle quote vegetative identificate da ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale).

Ogni ramo di linea è caratterizzato da una probabilità di cedimento per caduta piante. Tale probabilità è legata alla lunghezza del ramo ed al tasso di guasto in area boschiva, calcolato in base al conteggio di eventi significativi caratterizzati dalla presenza di guasti multipli⁹, imputati alla caduta piante nella rete MT in ognuna delle Province italiane.

Nota la probabilità di cedimento per caduta piante di ogni ramo di linea aerea MT in area boschiva, con il medesimo algoritmo del grafo di rete utilizzato per il rischio manicotto di neve/ghiaccio, si può analizzare il percorso di alimentazione standard da ciascuna Cabina Primaria a ogni Cabina Secondaria e calcolare la probabilità complessiva di perdita dell'alimentazione per caduta piante, come somma delle probabilità di cedimento dei rami nelle aree boschive attraversate. A questo punto si può determinare il Tempo di Ritorno da associare a ciascuna Cabina Secondaria (T_{RCS}) come inverso della probabilità con cui la CS risulta disalimentata per caduta piante. Infine, il rischio può essere calcolato come da indicazione ARERA:

$$I_{RD\ CS} = \frac{N_{UD\ CS}}{T_{RCS}}$$

⁷ In questi casi il rischio post-intervento è comunque calcolato in base al modello di formazione del manicotto di neve.

⁸ Restano di fatto non coperti da questo modello i casi di caduta di alberi in zone non boschive, come ad esempio accade per i filari costieri di alberi di alto fusto o il trasporto di rami o oggetti a causa delle tempeste di vento.

⁹ Si considerano "multipli" i guasti che sono correlabili in una finestra temporale di 8 ore.

4.5.2. La valutazione degli interventi sulle linee

Gli indici di rischio di ciascuna Cabina Secondaria sono poi utilizzati per individuare un indice di rischio da associare alla linea, al fine di stilare una classifica delle linee a maggior rischio.

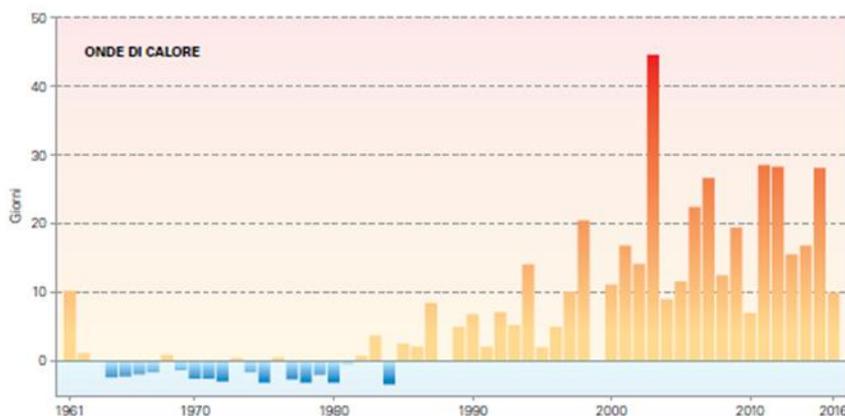
Stabilite le linee di intervento, un algoritmo consente di individuare i rami sui quali effettuare gli interventi per ridurre il rischio delle CS al di sotto di un valore prestabilito. Infine, si ottiene la stima del valore che assume l'indice di rischio post-intervento.

4.6. Resilienza rete elettrica di distribuzione – minaccia ondata di calore: calcolo dell'indice di rischio

4.6.1. Descrizione del fenomeno

Il cambiamento climatico dovuto al riscaldamento globale ha portato ad un aumento della frequenza e dell'intensità dei fenomeni meteorologici estremi, incluse le ondate di calore. Queste sono caratterizzate dal protrarsi di giornate con temperature massime elevate, precedute da periodi di siccità.

Come riportato nel grafico seguente, tratto dal rapporto “Gli indicatori del clima in Italia nel 2016” dello XII Stato dell'ambiente redatto da ISPRA/Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, tali eventi meteo, correlati all'incremento medio delle temperature, hanno registrato un trend di crescita notevole negli ultimi 10 anni, rispetto al trentennio 1961-1990.



Serie delle anomalie medie annuali del numero di giorni con ondate di calore (WSDI) in Italia rispetto al valore normale 1961-1990

L'incremento del tasso di guasto estivo sulle linee in cavo interrato, entro una certa misura, è da ritenersi fisiologico ed è fondamentalmente conseguenza del peggioramento dello scambio termico tra i componenti della linea ed il terreno circostante, con conseguente incremento della velocità di invecchiamento dei componenti.

Oltre all'incremento delle temperature per più giorni consecutivi, gioca un ruolo chiave anche la siccità poiché la disidratazione del suolo comporta una riduzione della trasmittanza termica del terreno. In queste condizioni le alte temperature ambientali possono arrivare a provocare l'inversione del flusso termico tra cavo interrato, terreno ed aria libera. Ciò è causa di un forte aumento della probabilità di formazione di hot spot nell'isolamento dei cavi e, soprattutto, dei giunti, che può portare al cedimento definitivo dell'isolamento.

In definitiva, in periodi di ondate di calore si registra un eccezionale incremento del tasso di guasto elettrico nelle reti in cavo interrato e quindi un rilevante aumento della probabilità che si manifestino sulle linee più guasti contemporaneamente. In particolare, quando si verificano guasti doppi sulle linee in cavo si compromette la continuità del servizio, garantita dal criterio standard di pianificazione della rete a fronte del guasto singolo

(criterio di sicurezza “n-1”), generalmente alla base degli schemi tipici delle reti MT in ambiti urbani, caratterizzati da opportuna ridondanza delle alimentazioni.

4.6.2. Calcolo del rischio

Il calcolo della resilienza delle reti MT rispetto all’evento critico “ondate di calore” è stato valutato coerentemente con quello relativo all’evento critico “neve/ghiaccio” proposto dal GdL Resilienza del CT CEI 8/28 e recepito da ARERA nella scheda n.8 del TIQE, nel tentativo di giungere a definire un indice di rischio unico ed univoco che renda confrontabili i diversi eventi critici.

In generale, l’indice di rischio (IRI) è calcolato a livello di Cabina Secondaria (CS) ed è pari al prodotto della probabilità di accadimento dell’evento meteo estremo, pari all’inverso del tempo di ritorno (TR), moltiplicato per l’impatto, anche in questo caso misurato con il numero di clienti che rimangono disalimentati (NUD).

$$IRI = \frac{NUD}{TR}$$

4.6.3. Tempo di ritorno

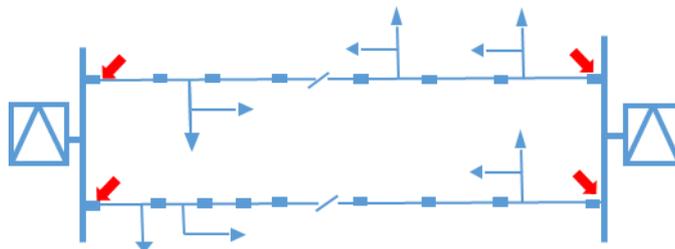
L’evento è individuato dalla combinazione di una successione di giorni con temperatura massima superiore ad una certa soglia T_{max} ed assenza di precipitazioni piovose, tale da provocare un notevole incremento del tasso di guasto nelle reti in cavo interrato.

Analizzando il database meteorologico è possibile determinare, per ogni Comune d’Italia, il periodo di ondata di calore che viene incrociato con il database dei guasti MT localizzati individuando quindi la guastabilità in regime di ondata di calore il cui inverso può essere assunto rappresentativo del tempo di ritorno delle ondate di calore.

4.6.4. Porzioni di rete vulnerabili

A differenza degli altri fattori critici (manicotti di ghiaccio, vento, caduta piante ad alto fusto fuori fascia, alluvioni ed allagamenti), in cui il cedimento dell’elemento di rete può essere valutato deterministicamente in base al superamento dei limiti progettuali o al verificarsi di determinati eventi critici, nel caso di ondate di calore il fenomeno dei guasti, pur essendo esaltato, può essere considerato sostanzialmente stocastico e quindi l’individuazione delle parti di rete con maggiore rischio di guasto non è predeterminabile.

Pertanto, al fine di determinare l’impatto dei guasti dovuti al fenomeno dell’ondata di calore, non potendo individuare una correlazione diretta tra causa ed effetto, è necessario individuare le parti della rete dove l’insorgere stocastico di doppi guasti può provocare il massimo impatto. A tal fine, sono significative le porzioni di rete alimentate da nodi ad almeno 3 vie, i quali sono, per definizione, immuni anche ai doppi guasti. Queste porzioni di rete sono denominate “festoni” (vedi figura seguente).



L’impatto del doppio guasto è massimo se i guasti avvengono alle due estremità del “festone”, nel qual caso i clienti disalimentati sono tutti quelli alimentati dal “festone” stesso.

4.6.5. Probabilità di doppio guasto su un “festone”

In corrispondenza di un'ondata di calore aumenta il numero di guasti e la loro frequenza. Analizzando una porzione di rete, è possibile calcolare il numero di guasti multipli e quindi la probabilità di doppi guasti nel “festone”.

La porzione di rete da considerare corrisponderà, in funzione della numerosità dei dati sui guasti multipli disponibili, o alle linee comprendenti il festone in esame, o alla rete in cavo interrato del Comune che comprende il festone, o alla rete in cavo interrato della Provincia che comprende il festone.

La differenziazione di reti a diversi livelli di tensione è implicitamente tenuta in conto nel considerare i dati di guasto specifici delle porzioni di rete analizzate.

4.6.6. Rischio

L'indice di rischio di ciascun “festone” è calcolato sommando il valore di indice di rischio delle cabine secondarie comprese all'interno del festone. L'indice di rischio della cabina secondaria viene calcolato in base al valore di indisponibilità dei percorsi di alimentazione.

5. LEVE DI INTERVENTO E CRITERI TECNICI PER LA SELEZIONE DEGLI INTERVENTI

La resilienza è definita come la capacità di un sistema di resistere a sollecitazioni estreme e di ripristinare, nel più breve tempo possibile, la propria operatività, capacità evidentemente determinata dalla elasticità o capacità di recupero del sistema rispetto alla perturbazione. Partendo da tali presupposti, gli studi realizzati negli anni da E-Distribuzione, anche in collaborazione con CESI per il fattore critico manicotto di ghiaccio, hanno consentito di individuare alcune leve di intervento, descritte di seguito.

Tali leve sono state definite a partire dalla definizione dell'indice di rischio di disalimentazione in funzione della tipologia dell'evento in una certa area, di cui al par. 4.1, ovvero

$$I_{RD} = P \cdot D$$

5.1. Tipologie di intervento su linee aeree a fronte del rischio manicotto di ghiaccio/vento/caduta alberi ad alto fusto

Facendo riferimento alla suddetta definizione dell'indice di rischio, le leve di intervento individuate per incrementare la resilienza delle linee MT aeree, a fronte del rischio legato a manicotto di ghiaccio, tempeste di vento e/o caduta alberi ad alto fusto, sono:

- potenziamento meccanico delle linee elettriche in conduttore nudo, con aumento della cavizzazione, prevedendo la sostituzione del conduttore nudo con cavo aereo elicord, al fine di ridurre la probabilità "P" dell'evento. Laddove non è possibile la sola sostituzione del conduttore, si prevederà l'interramento di tali porzioni di linea;
- incremento della controalimentabilità della rete mediante la richiusura di derivazioni non rialimentabili, al fine di ridurre l'impatto, o danno "D" sui clienti alimentati dalla linea.

Per consentire la massimizzazione dei benefici degli interventi di incremento della controalimentabilità, i nuovi tratti di linea da prevedere devono essere telecontrollati.

5.2. Tipologie di intervento su linee in cavo sotterraneo a fronte del rischio ondate di calore

Facendo riferimento alla definizione dell'indice di rischio sopra riportata, la leva di intervento individuata per incrementare la resilienza di linee MT in cavo sotterraneo, a fronte del rischio legato a ondate di calore, è l'incremento della magliatura della rete mediante:

- la realizzazione di trasversali tra linee esistenti;
- nuove linee MT uscenti da Cabine Primarie che si collegano a linee esistenti.

Tali tipologie di intervento vanno a ridurre sia la probabilità "P" dell'evento che l'impatto/danno "D" sui clienti alimentati dalla linea come di seguito:

- l'incidenza sulla probabilità è legata al fatto che la nuova magliatura consente di spezzare il "festone" critico, riducendone i parametri caratteristici che ne determinano la criticità potenziale, ovvero la lunghezza e il numero di clienti alimentati;
- l'incidenza sull'impatto/danno è legata al fatto che, in caso di doppio guasto, l'intervento garantisce una via di controalimentazione aggiuntiva, riducendo significativamente il numero di clienti che subiscono la disalimentazione e riducendo altresì i tempi di ripresa del servizio per quelli rialimentati.

Si precisa che, per consentire la massimizzazione dei benefici degli interventi di incremento della magliatura, i nuovi tratti di linea da prevedere, sia trasversali che nuove uscenti, devono essere telecontrollati.

5.3. Criteri per la selezione degli interventi inseriti nel Piano di E-Distribuzione

La selezione degli interventi inseriti nel piano è stata effettuata da E-Distribuzione, per ciascuno dei fattori di rischio presi in considerazione (manicotto di ghiaccio, ondate di calore e caduta piante) per il periodo 2022 – 2024 secondo priorità e con i criteri di seguito descritti:

- diverso stato di avanzamento e maturità dei modelli disponibili per i diversi fattori di rischio;
- diverso grado di criticità attribuito da E-Distribuzione a ciascun fattore di rischio, in funzione delle caratteristiche della propria rete e degli eventi meteo eccezionali degli ultimi anni con il relativo impatto sulla rete in termini di danneggiamento meccanico e delle disalimentazioni causate ai clienti.

Come descritto di seguito, nella definizione del Piano per ciascun anno si è inoltre tenuto conto dei vincoli operativi e temporali, dovendo garantire sempre la rialimentazione di tutti i clienti.

Si fa presente che relativamente al Piano 2022-2024, E-Distribuzione ha valutato di non inserire nuovi interventi oltre a quelli già presentati nei piani precedenti. Tale scelta è motivata dalla necessità di concentrare le attività in corso, sul recupero dei ritardi nei tempi di esecuzione dovuti principalmente al periodo di inattività durante i mesi del lockdown. Inoltre, in alcune aree si è riscontrata una difficoltà legata all'iter autorizzativo per la realizzazione di alcuni interventi e da qui la necessità di ripianificare le tempistiche di esecuzione degli stessi.

5.3.1. Fattore critico manicotto di ghiaccio

Il Piano è stato predisposto in continuità con gli interventi già pianificati per il periodo 2021-2023 nell'ambito del "Piano di lavoro per l'incremento della resilienza del sistema elettrico", pubblicato a giugno 2021.

Tale piano conteneva, tra gli altri, interventi per l'incremento della resilienza su linee interessate dagli eventi meteo estremi negli anni passati, particolarmente concentrati nelle regioni Abruzzo, Marche, Emilia-Romagna e Toscana.

Il presente Piano 2022-2024 contiene gli interventi già previsti nel Piano 2021-2023 avviati e non ancora conclusi

5.3.2. Fattore critico vento/caduta alberi ad alto fusto

Il piano di interventi per il fattore critico vento/caduta alberi ad alto fusto è definito a partire dal modello descritto al par. 4.5

Gli interventi sono stati selezionati sulla base dei risultati del modello secondo priorità di indice di rischio. Considerando che tali interventi sono maggiormente concentrati in alcune regioni del territorio nazionale (es. Veneto), la pianificazione temporale tiene conto dei vincoli di capacità realizzativa e di continuità del servizio, già descritti in precedenza.

5.3.3. Fattore critico ondate di calore

A fronte del fattore critico ondate di calore, la selezione degli interventi è avvenuta principalmente sulla base del modello disponibile, descritto al par. 4.6.

Il modello è stato perfezionato progressivamente nel corso dei mesi, consentendo di selezionare tutti gli interventi necessari per risolvere le criticità risultanti secondo ordine di priorità.

Anche in questo caso valgono le considerazioni già fatte relativamente ai vincoli operativi e temporali considerati nella selezione e nelle tempistiche di realizzazione degli interventi.

6. INTERVENTI IN RESILIENZA PROPOSTI NEL PERIODO 2022-24

6.1. Benefici per il sistema

Nel presente paragrafo sono descritti i principali benefici apportati al sistema dalla realizzazione degli interventi finalizzati all'incremento della resilienza della rete di distribuzione previsti nel piano.

In particolare, tali benefici riguardano principalmente la riduzione per gli utenti finali del numero e della durata di interruzioni prolungate ed estese conseguenti a eventi meteo eccezionali. Eventuali interruzioni della fornitura comportano una mancata erogazione dell'energia che, per quanto limitata nel tempo, si traduce comunque in un disservizio per gli utenti finali, che può essere quantificato da un relativo costo dell'energia non fornita. È evidente quindi che gli interventi in resilienza garantiscono al sistema un beneficio correlato a tale costo evitato.

Più nello specifico - coerentemente con le previsioni contenute nella scheda n.8 del TIQE - tale costo evitato è quantificato in 12 €/kWh per le utenze domestiche in bassa tensione e in 54 €/kWh per tutte le altre utenze non domestiche in bassa e media tensione. La scheda n.7 del TIQE fornisce informazioni circa la quantificazione degli altri parametri utili per la quantificazione dell'energia non fornita.

In linea generale, le indicazioni dell'Autorità sono state integrate con alcuni parametri correlati alle specificità tecniche della rete di E-Distribuzione e del singolo fattore di rischio analizzato. Attraverso uno studio approfondito dell'assetto delle reti di distribuzione, è stato possibile determinare il consumo medio orario dell'energia da parte di tutti i clienti impattati sulle linee oggetto di intervento e la durata media in ore delle interruzioni conseguenti ai guasti derivanti dai diversi fattori di rischio presi in considerazione da E-Distribuzione. Come previsto dalla scheda n.8 del TIQE, tali benefici sono stati valutati su un orizzonte temporale di 25 anni.

A tali benefici, direttamente quantificabili, se ne aggiungono altri – di più complessa quantificazione ma concretamente percepibili dall'utenza - derivanti dagli effetti indiretti degli interventi di resilienza, in termini di continuità dei servizi pubblici essenziali (ad esempio: illuminazione pubblica, trasporti elettrici, sicurezza stradale etc.). Tali effetti indiretti, prevalentemente ad impatto sociale, non sono stati quantificati nell'ambito del presente Piano.

Si precisa infine che, anche al netto di questa ultima categoria, i benefici previsti per gli utenti finali, derivanti dagli interventi contenuti nel presente Piano, superano ampiamente i costi attesi.

In base al numero di linee oggetto di intervento da parte di E-Distribuzione, previsti nel Piano Resilienza 2022-2024, è possibile quantificare un numero complessivo di utenti che beneficeranno di tali interventi, pari a poco meno di 4,4 milioni.

6.2. Valutazione dei costi

I costi previsti per la realizzazione del Piano sono riconducibili agli interventi le cui tipologie sono descritte nel paragrafo 4, ovvero, in estrema sintesi:

- ricostruzione in cavo aereo/interrato di linee in conduttori nudi;
- costruzione di nuovi tratti di linea, generalmente in cavo aereo o (soprattutto sulle reti interrate urbane, a rischio ondate di calore) sotterraneo, per richiuse/magliature di rete.

I costi sono calcolati sulla base dei costi standard di realizzazione degli interventi per ciascuna tipologia, laddove possibile tenendo conto anche di eventuali specificità territoriali e relativi vincoli o complessità realizzative, qualora queste siano già note.

Ovviamente, soprattutto per gli interventi ancora da avviare, eventuali vincoli e complessità realizzative potranno emergere soltanto dalle fasi di progettazione esecutiva e di autorizzazione. Di conseguenza, tali costi potranno subire variazioni in funzione di esigenze specifiche che dovessero emergere nella fase di progettazione esecutiva o in quella autorizzativa.

I costi previsti sono comprensivi, infine, di quelli relativi alla progettazione e alla gestione dei procedimenti autorizzativi. I risultati attesi dalla realizzazione degli interventi pianificati sono sintetizzati dal “Delta indice di rischio”, che rappresenta la riduzione percentuale dell’indice di rischio complessivo corrispondente agli elementi di rete critici, oggetto di intervento nella Provincia considerata.

In termini qualitativi, nelle aree alimentate da linee e impianti oggetto degli interventi pianificati, i benefici attesi consistono nella riduzione del livello di criticità, ovvero nell’incremento della resilienza della rete, a fronte dei corrispondenti fattori di rischio.

6.3. Interventi completati nel 2021

Nel corso del 2021 E-Distribuzione ha completato interventi in resilienza su 330 linee/festoni. Il dettaglio dei km complessivi corrispondenti agli interventi di bonifica per fattore di rischio manicotto di ghiaccio e delle trasversali realizzate per il fattore di rischio ondate di calore è riportato nelle tabelle sottostanti con dettaglio per area territoriale di competenza:

Area Territoriale/Regione	Numero di linee con interventi completati	Sost. Conduttori nudi in elicord (km)
Area Piemonte e Liguria	29	202,6
LIGURIA	1	4,9
PIEMONTE	28	197,7
Area Lombardia	6	33,2
LOMBARDIA	6	33,2
Area Veneto e Friuli Venezia Giulia	30	197,7
FRIULI VENEZIA GIULIA	10	86,3
VENETO	20	111,3
Area Emilia Romagna	34	347,8
EMILIA ROMAGNA	34	347,8
Area Toscana e Umbria	58	529,2
TOSCANA	44	378,9
UMBRIA	14	150,3
Area Lazio	9	80,9
LAZIO	9	80,9
Area Abruzzo Marche e Molise	34	312,3
ABRUZZO	13	177,8
MARCHE	18	109,4
MOLISE	3	25,1
Area Campania	1	0,3
CAMPANIA	1	0,3
Area Calabria	7	52,5
CALABRIA	7	52,5
	208	1.756

Tabella 1- Dettaglio Interventi completati per fattore di rischio manicotto di ghiaccio e caduta piante

Area Territoriale/Regione	Numero di linee con interventi completati	Trasversali(km)
Area Lombardia	3	4,2
LOMBARDIA	3	4,2
Area Veneto e Friuli Venezia Giulia	6	7,7
VENETO	6	7,7
Area Emilia Romagna	1	0,7
EMILIA ROMAGNA	1	0,7
Area Toscana e Umbria	3	2,2
UMBRIA	3	2,2
Area Lazio	9	7,0
LAZIO	9	7,0
Area Sicilia	36	42,0
SICILIA	36	42,0
Area Abruzzo Marche e Molise	4	2,5
ABRUZZO	2	1,9
MARCHE	2	0,6
Area Puglia e Basilicata	17	23,8
PUGLIA	17	23,8
Area Campania	38	89,1
CAMPANIA	38	89,1
Area Calabria	5	19,7
CALABRIA	5	19,7
	122	199

Tabella 2 - Dettaglio Interventi completati per fattore di rischio ondate di calore

6.4. Dettaglio interventi proposti per area territoriale

Il Piano predisposto da E-Distribuzione contiene interventi, suddivisi in base al relativo fattore critico come descritto nei paragrafi precedenti, che vengono di seguito riportati con aggregazione territoriale a livello di singola Provincia.

Le tipologie di intervento indicate sono quelle precedentemente descritte (par. 5), finalizzate a mitigare il rischio relativo a ciascun fattore critico.

Sono inoltre indicati, come previsto dal TIQE:

- i dati tecnici di sintesi relativi agli interventi pianificati;
- il periodo previsto per la realizzazione degli interventi, al netto di eventuali problematiche di carattere autorizzativo;
- i costi complessivi stimati (investimenti);
- la stima della riduzione del rischio del totale degli interventi pianificati per ciascuna Provincia.

PROVINCIA	PRINCIPALE FATTORE DI RISCHIO	TIPOLOGIA INTERVENTO	NUMERO CLIENTI INTERESSATI	RIDUZIONE % INDICE DI RISCHIO (IRI)	PIANIFICAZIONE TECNICA 22-24		PIANIFICAZIONE ECONOMICA 22-24					TEMPI DI REALIZZAZIONE	
					CONSISTENZA INTERVENTI MT		CONSUNTIVI AL 31/12/2021 (k€)	COSTI PREVISTI 2022 (k€)	COSTI PREVISTI 2023 (k€)	COSTI PREVISTI 2024 (k€)	COSTI TOTALI (k€)	ANNO INIZIO INTERVENTI	ANNO FINE INTERVENTI
					SOST. CONDUTTORI NUDI IN ELICORD (km)	MAGLIATURE DI RETE (km)							
AGRIGENTO	Ondata di calore	Trasversale	6.528	75%		1,7	173,0	100,0	-	-	291,5	2018	2022
ALESSANDRIA	Caduta Piante	Sost.conduttore nudo in elicord	7.661	50%	3,0		-	188,9	190,4	-	362,0	2022	2024
ALESSANDRIA	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	1.282	76%	27,5		3.036,0	-	-	-	3.374,4	2017	2022
ANCONA	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	2.895	100%	11,1		-	530,0	436,2	-	913,0	2022	2024
ANCONA	Ondata di calore	Trasversale	8.846	75%		1,2	91,9	270,0	-	-	371,4	2018	2023
AREZZO	Caduta Piante	Sost.conduttore nudo in elicord	13.731	43%	34,7		546,0	999,5	2.111,5	-	3.413,0	2022	2023
AREZZO	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	464	71%	7,8		893,9	-	-	-	991,4	2017	2023
ASCOLI PICENO	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	10.198	95%	35,4		1.111,2	620,0	515,4	747,3	2.944,3	2018	2024
ASCOLI PICENO	Ondata di calore	Trasversale	7.343	75%		1,6	250,3	30,0	-	-	298,5	2018	2022
ASTI	Caduta Piante	Sost.conduttore nudo in elicord	2.145	85%	4,9		-	75,0	165,0	552,3	735,0	2022	2024
AVELLINO	Caduta Piante	Sost.conduttore nudo in elicord	7.113	82%	19,0		-	1.628,6	330,0	-	1.917,1	2022	2024
AVELLINO	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	102	97%	6,8		51,1	-	-	-	56,5	2018	2024
AVELLINO	Ondata di calore	Trasversale	9.909	75%		18,8	1.719,8	2.553,0	-	-	4.381,4	2018	2023
BARI	Ondata di calore	Trasversale	47.311	81%		17,6	1.915,8	156,0	184,8	-	2.352,6	2018	2024
Barletta-Andria-Trani	Ondata di calore	Trasversale	16.430	74%		11,8	807,4	420,0	99,0	519,8	1.873,4	2018	2024
BELLUNO	Caduta Piante	Sost.conduttore nudo in elicord	14.047	98%	28,0		858,0	3.207,0	2.153,8	-	5.983,2	2021	2024
BELLUNO	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	11.891	98%	28,4		4.171,0	444,0	220,0	-	5.214,2	2017	2024
BENEVENTO	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	1.122	87%	6,7		164,6	114,0	143,0	-	416,6	2018	2024
BERGAMO	Caduta Piante	Sost.conduttore nudo in elicord	42.599	83%	42,2		540,0	2.591,0	4.411,6	903,2	7.854,7	2022	2024
BERGAMO	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	24.403	89%	46,1		4.388,0	958,0	567,1	761,9	6.870,8	2018	2024
BIELLA	Caduta Piante	Sost.conduttore nudo in elicord	3.272	30%	3,7		-	377,7	-	-	377,7	2022	2022
BIELLA	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	4.092	86%	23,5		1.376,0	235,7	833,6	389,9	2.875,9	2017	2024
BOLOGNA	Caduta Piante	Sost.conduttore nudo in elicord	6.383	67%	6,9		110,6	325,0	357,5	-	752,6	2022	2023

PROVINCIA	PRINCIPALE FATTORE DI RISCHIO	TIPOLOGIA INTERVENTO	NUMERO CLIENTI INTERESSATI	RIDUZIONE % INDICE DI RISCHIO (IRI)	PIANIFICAZIONE TECNICA 22-24		PIANIFICAZIONE ECONOMICA 22-24					TEMPI DI REALIZZAZIONE	
					CONSISTENZA INTERVENTI MT		CONSUNTIVI AL 31/12/2021 (k€)	COSTI PREVISTI 2022 (k€)	COSTI PREVISTI 2023 (k€)	COSTI PREVISTI 2024 (k€)	COSTI TOTALI (k€)	ANNO INIZIO INTERVENTI	ANNO FINE INTERVENTI
					SOST. CONDUTTORI NUDI IN ELICORD (km)	MAGLIATURE DI RETE (km)							
BOLOGNA	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	N.D.	0%	48,8		4.320,8	416,2	1.177,0	-	6.281,0	2018	2023
BOLOGNA	Ondata di calore	Trasversale	42.616	75%		8,2	394,2	284,0	715,0	162,5	1.472,3	2018	2024
BRESCIA	Caduta Piante	Sost.conduttore nudo in elicord	21.250	89%	41,6		1.108,0	3.168,0	4.684,9	909,7	9.272,2	2022	2024
BRESCIA	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	21.579	98%	55,5		11.382,0	290,0	258,5	-	12.509,9	2018	2023
BRINDISI	Ondata di calore	Trasversale	1.622	83%		0,2	-	-	33,0	-	30,0	2022	2024
CALTANISSETTA	Ondata di calore	Trasversale	1.817	62%		0,3	-	24,5	26,9	-	48,9	2022	2024
CAMPOBASSO	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	1.020	95%	6,2		20,0	600,0	-	-	620,8	2022	2022
CASERTA	Caduta Piante	Sost.conduttore nudo in elicord	10.910	93%	24,3		-	1.112,7	498,3	-	1.548,3	2022	2024
CASERTA	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	545	87%	1,7		-	100,0	73,7	-	164,4	2022	2023
CASERTA	Ondata di calore	Trasversale	15.199	69%		6,5	670,4	600,0	174,9	71,5	1.540,8	2018	2024
CATANIA	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	3.553	96%	67,9		1.930,8	1.550,0	-	-	3.741,3	2018	2022
CATANIA	Ondata di calore	Trasversale	19.100	73%		25,5	2.012,5	116,8	73,4	-	2.433,8	2018	2024
CATANZARO	Caduta Piante	Sost.conduttore nudo in elicord	3.926	84%	9,4		-	359,0	309,1	-	629,2	2022	2023
CHIETI	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	23.917	96%	74,2		1.700,1	2.745,0	1.923,3	1.848,4	8.007,2	2018	2024
CHIETI	Ondata di calore	Trasversale	5.847	75%		0,3	147,8	-	-	-	157,9	2019	2022
COMO	Caduta Piante	Sost.conduttore nudo in elicord	56.295	83%	53,0		558,0	1.954,5	3.681,7	3.424,4	8.967,6	2022	2024
COMO	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	3.341	91%	6,5		1.161,0	-	-	-	1.249,8	2018	2022
COSENZA	Caduta Piante	Sost.conduttore nudo in elicord	5.685	100%	6,9		-	796,5	918,5	-	1.599,4	2022	2023
COSENZA	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	11.200	96%	53,3		1.580,1	1.105,0	628,1	-	3.363,2	2017	2024
COSENZA	Ondata di calore	Trasversale	15.264	75%		38,4	4.766,4	2.973,0	-	-	8.030,3	2018	2024
CROTONE	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	2.553	100%	8,2		504,3	-	-	-	552,1	2018	2022
CROTONE	Ondata di calore	Trasversale	1.623	75%		4,0	364,9	-	-	-	409,2	2019	2022
CUNEO	Caduta Piante	Sost.conduttore nudo in elicord	14.375	73%	22,8		363,0	1.390,1	757,9	-	2.435,3	2021	2024

PROVINCIA	PRINCIPALE FATTORE DI RISCHIO	TIPOLOGIA INTERVENTO	NUMERO CLIENTI INTERESSATI	RIDUZIONE % INDICE DI RISCHIO (IRI)	PIANIFICAZIONE TECNICA 22-24		PIANIFICAZIONE ECONOMICA 22-24					TEMPI DI REALIZZAZIONE	
					CONSISTENZA INTERVENTI MT		CONSUNTIVI AL 31/12/2021 (k€)	COSTI PREVISTI 2022 (k€)	COSTI PREVISTI 2023 (k€)	COSTI PREVISTI 2024 (k€)	COSTI TOTALI (k€)	ANNO INIZIO INTERVENTI	ANNO FINE INTERVENTI
					SOST. CONDUTTORI NUDI IN ELICORD (km)	MAGLIATURE DI RETE (km)							
CUNEO	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	786	89%	3,8		-	386,9	-	-	386,9	2022	2022
ENNA	Ondata di calore	Trasversale	2.389	75%		1,0	9,4	140,0	-	-	149,9	2020	2022
Fermo	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	11.278	90%	66,0		3.639,9	820,0	749,7	1.281,7	6.772,6	2017	2024
Fermo	Ondata di calore	Trasversale	1.891	75%		0,4	37,0	-	-	-	38,5	2020	2022
FERRARA	Caduta Piante	Sost.conduttore nudo in elicord	3.338	57%	2,1		38,3	43,3	88,2	93,2	247,9	2022	2024
FERRARA	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	N.D.	0%	15,4		448,4	144,5	-	-	634,3	2018	2023
FERRARA	Ondata di calore	Trasversale	1.977	75%		0,5	0,4	-	-	-	0,4	2018	2023
FIRENZE	Caduta Piante	Sost.conduttore nudo in elicord	2.687	40%	7,0		60,0	320,0	352,0	-	690,1	2022	2023
FIRENZE	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	N.D.	0%	36,2		-	1.450,0	-	-	1.450,0	2018	2023
FIRENZE	Ondata di calore	Trasversale	12.471	75%		1,2	174,7	15,4	-	-	199,7	2019	2023
FOGGIA	Ondata di calore	Trasversale	5.894	62%		5,2	-	-	-	844,7	780,0	2023	2024
FORLI' CESENA	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	751	67%	0,6		-	-	-	104,6	96,6	2023	2024
FROSINONE	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	21.074	93%	95,1		3.431,8	2.870,9	64,4	-	6.682,8	2017	2024
FROSINONE	Ondata di calore	Trasversale	3.949	75%		1,6	244,0	-	-	-	277,8	2018	2022
GENOVA	Caduta Piante	Sost.conduttore nudo in elicord	6.951	71%	10,8		-	549,4	592,9	-	1.067,7	2022	2023
GENOVA	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	23.664	86%	104,7		9.058,8	699,0	165,0	33,3	10.795,9	2017	2024
GROSSETO	Caduta Piante	Sost.conduttore nudo in elicord	3.713	32%	8,9		90,0	400,5	440,6	-	879,2	2022	2023
GROSSETO	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	1.194	99%	31,3		2.331,0	818,0	220,0	-	3.617,4	2017	2023
IMPERIA	Caduta Piante	Sost.conduttore nudo in elicord	2.133	31%	3,2		-	187,3	147,4	-	316,2	2022	2022
ISERNIA	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	845	93%	6,2		-	20,0	455,4	-	418,1	2022	2023
L AQUILA	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	69.799	98%	301,0		9.631,3	4.900,0	14.943,5	2.554,9	30.378,3	2018	2024
LA SPEZIA	Caduta Piante	Sost.conduttore nudo in elicord	11.827	69%	20,7		302,0	1.202,3	739,2	-	2.162,9	2021	2023
LA SPEZIA	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	3.769	77%	40,8		3.424,0	210,0	-	-	3.877,8	2018	2023

PROVINCIA	PRINCIPALE FATTORE DI RISCHIO	TIPOLOGIA INTERVENTO	NUMERO CLIENTI INTERESSATI	RIDUZIONE % INDICE DI RISCHIO (IRI)	PIANIFICAZIONE TECNICA 22-24		PIANIFICAZIONE ECONOMICA 22-24					TEMPI DI REALIZZAZIONE	
					CONSISTENZA INTERVENTI MT		CONSUNTIVI AL 31/12/2021 (k€)	COSTI PREVISTI 2022 (k€)	COSTI PREVISTI 2023 (k€)	COSTI PREVISTI 2024 (k€)	COSTI TOTALI (k€)	ANNO INIZIO INTERVENTI	ANNO FINE INTERVENTI
					SOST. CONDUTTORI NUDI IN ELICORD (km)	MAGLIATURE DI RETE (km)							
LATINA	Caduta Piante	Sost.conduttore nudo in elicord	35.518	85%	66,1		9,5	4.283,4	3.238,4	406,1	7.511,7	2021	2024
LATINA	Ondata di calore	Trasversale	15.003	68%		10,3	2.987,0	50,0	49,5	-	3.444,7	2018	2024
LECCE	Ondata di calore	Trasversale	40.165	76%		14,1	299,9	115,0	582,5	1.015,3	1.897,3	2018	2024
LECCO	Caduta Piante	Sost.conduttore nudo in elicord	37.107	83%	34,4		398,0	1.623,5	1.624,2	2.574,8	5.868,9	2022	2024
LIVORNO	Caduta Piante	Sost.conduttore nudo in elicord	4.040	56%	9,3		50,0	212,5	728,8	-	901,5	2022	2023
LIVORNO	Ondata di calore	Trasversale	2.299	75%		2,0	20,0	300,0	-	-	322,7	2020	2023
LUCCA	Caduta Piante	Sost.conduttore nudo in elicord	30.866	64%	64,2		384,7	1.831,7	3.629,5	1.435,1	6.751,3	2021	2024
LUCCA	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	2.088	91%	39,1		3.950,0	220,0	22,0	-	4.731,5	2017	2023
MACERATA	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	12.946	98%	54,5		2.347,4	300,0	385,0	429,2	3.549,6	2018	2024
MACERATA	Ondata di calore	Trasversale	5.986	75%		0,9	121,8	-	-	-	129,4	2018	2022
MASSA CARRARA	Caduta Piante	Sost.conduttore nudo in elicord	11.624	67%	32,4		420,0	1.102,5	2.285,3	-	3.536,9	2021	2023
MASSA CARRARA	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	914	82%	9,6		30,0	165,0	841,5	-	931,8	2022	2023
MATERA	Ondata di calore	Trasversale	6.395	70%		2,8	-	-	272,3	178,7	412,5	2022	2024
MEDIO CAMPIDANO	Ondata di calore	Trasversale	3.324	75%		4,7	486,1	-	-	-	554,0	2018	2023
MESSINA	Ondata di calore	Trasversale	10.325	87%		10,4	579,0	780,0	41,3	41,6	1.488,8	2018	2024
MILANO	Caduta Piante	Sost.conduttore nudo in elicord	22.091	80%	8,9		-	829,5	151,8	402,9	1.339,5	2022	2024
MODENA	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	2.035	100%	21,8		1.133,9	10,0	33,0	-	1.341,1	2017	2023
MODENA	Ondata di calore	Trasversale	14.679	75%		2,4	-	33,2	214,5	-	220,7	2018	2023
Monza e della Brianza	Caduta Piante	Sost.conduttore nudo in elicord	2.238	44%	1,2		-	180,0	-	-	180,0	2022	2024
NAPOLI	Ondata di calore	Trasversale	54.007	69%		44,3	2.741,8	125,6	1.251,5	718,5	4.887,7	2018	2024
NOVARA	Caduta Piante	Sost.conduttore nudo in elicord	3.749	69%	8,3		-	312,7	636,2	194,9	1.066,4	2022	2024
NUORO	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	N.D.	0%	7,2		432,2	-	-	-	486,4	2018	2022
OGLIASTRA	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	N.D.	0%	4,2		239,4	-	-	-	269,6	2018	2022

PROVINCIA	PRINCIPALE FATTORE DI RISCHIO	TIPOLOGIA INTERVENTO	NUMERO CLIENTI INTERESSATI	RIDUZIONE % INDICE DI RISCHIO (IRI)	PIANIFICAZIONE TECNICA 22-24		PIANIFICAZIONE ECONOMICA 22-24					TEMPI DI REALIZZAZIONE	
					CONSISTENZA INTERVENTI MT		CONSUNTIVI AL 31/12/2021 (k€)	COSTI PREVISTI 2022 (k€)	COSTI PREVISTI 2023 (k€)	COSTI PREVISTI 2024 (k€)	COSTI TOTALI (k€)	ANNO INIZIO INTERVENTI	ANNO FINE INTERVENTI
					SOST. CONDUTTORI NUDI IN ELICORD (km)	MAGLIATURE DI RETE (km)							
OGLIASTRA	Ondata di calore	Trasversale	1.784	75%		0,3	173,4	-	-	-	190,6	2018	2023
PADOVA	Caduta Piante	Sost.conduttore nudo in elicord	12.858	98%	40,6		918,0	2.666,0	1.062,6	-	4.549,6	2021	2024
PADOVA	Ondata di calore	Trasversale	3.233	78%		0,5	9,0	-	-	-	10,5	2018	2022
PALERMO	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	1.087	99%	13,2		461,3	-	-	-	519,2	2018	2022
PALERMO	Ondata di calore	Trasversale	9.995	77%		2,4	20,3	-	178,9	176,1	346,3	2020	2024
PARMA	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	104	100%	16,7		1.142,0	80,0	-	-	1.407,6	2017	2023
PAVIA	Caduta Piante	Sost.conduttore nudo in elicord	2.975	86%	6,1		155,0	400,0	980,1	-	1.417,9	2022	2023
PERUGIA	Caduta Piante	Sost.conduttore nudo in elicord	3.598	27%	2,7		-	40,0	348,7	-	344,8	2022	2023
PERUGIA	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	16.923	96%	67,7		3.034,8	1.430,8	1.630,8	1.684,9	7.793,7	2017	2024
PERUGIA	Ondata di calore	Trasversale	12.860	46%		4,3	298,4	23,4	-	243,7	573,6	2018	2024
PESARO URBINO	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	5.286	97%	31,5		714,4	700,0	440,0	-	1.830,3	2018	2023
PESCARA	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	23.548	97%	141,2		9.005,1	2.135,0	471,4	203,1	12.561,1	2017	2024
PESCARA	Ondata di calore	Trasversale	3.903	75%		1,1	319,1	-	-	-	342,4	2018	2022
PIACENZA	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	3.559	72%	21,4		2.002,8	600,0	330,0	-	3.099,7	2017	2023
PISA	Caduta Piante	Sost.conduttore nudo in elicord	3.890	48%	8,5		50,0	285,5	567,1	-	833,2	2022	2023
PISA	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	17	75%	34,1		1.713,8	100,0	440,0	-	2.480,0	2017	2023
PISTOIA	Caduta Piante	Sost.conduttore nudo in elicord	14.001	81%	63,1		190,0	2.827,5	3.267,2	759,8	6.594,2	2021	2024
PISTOIA	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	1	0%	13,7		1.444,8	-	-	-	1.708,0	2017	2023
PORDENONE	Caduta Piante	Sost.conduttore nudo in elicord	1.757	99%	10,2		208,0	2.574,0	1.680,8	-	4.261,5	2021	2022
POTENZA	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	2.428	94%	15,9		215,8	375,0	89,1	-	704,4	2018	2023
PRATO	Caduta Piante	Sost.conduttore nudo in elicord	3.030	59%	2,4		-	20,0	319,0	-	298,8	2022	2023
PRATO	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	259	87%	12,1		942,4	20,0	330,0	-	1.349,0	2017	2023
RAGUSA	Ondata di calore	Trasversale	14.487	72%		24,2	735,0	614,5	260,7	-	1.652,5	2018	2024

PROVINCIA	PRINCIPALE FATTORE DI RISCHIO	TIPOLOGIA INTERVENTO	NUMERO CLIENTI INTERESSATI	RIDUZIONE % INDICE DI RISCHIO (IRI)	PIANIFICAZIONE TECNICA 22-24		PIANIFICAZIONE ECONOMICA 22-24					TEMPI DI REALIZZAZIONE	
					CONSISTENZA INTERVENTI MT		CONSUNTIVI AL 31/12/2021 (k€)	COSTI PREVISTI 2022 (k€)	COSTI PREVISTI 2023 (k€)	COSTI PREVISTI 2024 (k€)	COSTI TOTALI (k€)	ANNO INIZIO INTERVENTI	ANNO FINE INTERVENTI
					SOST. CONDUTTORI NUDI IN ELICORD (km)	MAGLIATURE DI RETE (km)							
RAVENNA	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	N.D.	0%	2,4		127,2	-	-	-	132,2	2018	2023
REGGIO CALABRIA	Ondata di calore	Trasversale	5.055	74%		9,7	462,6	266,0	-	-	787,6	2018	2023
REGGIO EMILIA	Caduta Piante	Sost.conduttore nudo in elicord	2.991	24%	1,0		20,0	40,0	44,0	-	99,3	2022	2023
REGGIO EMILIA	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	8.563	100%	33,0		2.467,7	793,0	990,0	-	4.385,3	2017	2023
REGGIO EMILIA	Ondata di calore	Trasversale	9.111	75%		0,7	9,1	60,0	-	-	70,2	2018	2023
RIETI	Caduta Piante	Sost.conduttore nudo in elicord	2.828	56%	8,5		-	300,0	440,0	-	684,6	2022	2023
RIETI	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	14.740	96%	76,8		1.181,9	1.190,0	-	-	2.450,8	2019	2024
RIETI	Ondata di calore	Trasversale	3.069	61%		2,4	-	-	396,0	-	360,0	2022	2024
RIMINI	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	1.641	75%	6,1		206,8	-	-	-	237,0	2018	2023
ROMA	Caduta Piante	Sost.conduttore nudo in elicord	57.343	85%	112,2		3,0	4.214,5	4.614,5	215,4	8.453,1	2022	2024
ROMA	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	11.077	96%	75,5		1.427,3	3.450,0	440,0	-	5.438,2	2017	2024
ROMA	Ondata di calore	Trasversale	38.329	68%		16,5	479,2	95,0	1.105,5	-	1.629,1	2018	2024
ROVIGO	Ondata di calore	Trasversale	2.789	75%		2,0	410,0	-	-	-	427,3	2018	2022
SALERNO	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	670	100%	6,0		-	300,0	338,8	-	596,2	2022	2023
SALERNO	Ondata di calore	Trasversale	5.858	75%		3,6	1.354,1	990,0	-	-	2.420,1	2018	2024
SAVONA	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	1.306	77%	24,8		1.283,0	56,0	-	-	1.421,1	2018	2023
SIENA	Caduta Piante	Sost.conduttore nudo in elicord	5.217	47%	14,1		121,0	627,0	761,2	-	1.418,2	2022	2023
SIENA	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	1.481	58%	94,6		6.155,5	499,1	-	-	7.346,7	2017	2023
SIRACUSA	Ondata di calore	Trasversale	6.925	75%		4,4	429,2	-	-	-	469,3	2018	2022
SONDRIO	Caduta Piante	Sost.conduttore nudo in elicord	13.993	71%	7,8		379,0	1.003,0	467,5	-	1.809,1	2022	2024
SONDRIO	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	1.008	97%	2,1		149,0	274,0	245,3	-	645,4	2022	2023
TARANTO	Ondata di calore	Trasversale	23.342	71%		14,0	567,6	-	299,2	857,7	1.667,2	2018	2024
TERAMO	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	39.561	97%	131,6		2.420,1	4.810,0	6.646,0	2.613,2	15.617,0	2018	2024

PROVINCIA	PRINCIPALE FATTORE DI RISCHIO	TIPOLOGIA INTERVENTO	NUMERO CLIENTI INTERESSATI	RIDUZIONE % INDICE DI RISCHIO (IRI)	PIANIFICAZIONE TECNICA 22-24		PIANIFICAZIONE ECONOMICA 22-24					TEMPI DI REALIZZAZIONE	
					CONSISTENZA INTERVENTI MT		CONSUNTIVI AL 31/12/2021 (k€)	COSTI PREVISTI 2022 (k€)	COSTI PREVISTI 2023 (k€)	COSTI PREVISTI 2024 (k€)	COSTI TOTALI (k€)	ANNO INIZIO INTERVENTI	ANNO FINE INTERVENTI
					SOST. CONDUTTORI NUDI IN ELICORD (km)	MAGLIATURE DI RETE (km)							
TERNI	Ondata di calore	Trasversale	6.708	75%		1,7	335,2	-	-	-	349,1	2018	2023
TORINO	Caduta Piante	Sost.conduttore nudo in elicord	26.144	67%	34,6		-	2.216,3	1.578,0	100,1	3.711,6	2022	2024
TORINO	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	6.213	97%	38,0		2.224,0	764,7	599,5	686,2	4.302,7	2018	2024
TRAPANI	Ondata di calore	Trasversale	13.135	73%		12,3	1.405,7	150,0	187,6	184,7	2.063,4	2018	2024
TREVISO	Caduta Piante	Sost.conduttore nudo in elicord	5.622	98%	16,6		470,0	885,0	110,0	-	1.470,0	2021	2024
UDINE	Caduta Piante	Sost.conduttore nudo in elicord	19.357	85%	81,9		2.181,0	6.844,0	10.604,0	622,2	18.966,2	2021	2024
UDINE	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	955	92%	7,7		460,0	-	-	-	488,7	2018	2022
UDINE	Ondata di calore	Trasversale	16.152	75%		5,2	418,0	120,0	-	-	571,0	2018	2023
VARESE	Caduta Piante	Sost.conduttore nudo in elicord	57.755	82%	40,6		868,0	3.669,1	2.944,7	1.556,3	8.608,5	2022	2024
VENEZIA	Caduta Piante	Sost.conduttore nudo in elicord	89.137	99%	258,4		6.480,0	12.005,0	898,7	-	19.529,9	2021	2024
VENEZIA	Ondata di calore	Trasversale	2.797	75%		1,5	10,6	-	-	-	12,1	2018	2024
VERBANO-CUSIO-OS	Caduta Piante	Sost.conduttore nudo in elicord	2.851	51%	3,9		-	392,4	-	-	392,4	2022	2022
VERBANO-CUSIO-OS	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	6.908	94%	39,5		2.894,8	566,7	297,0	-	3.897,1	2018	2023
VERCELLI	Caduta Piante	Sost.conduttore nudo in elicord	2.808	95%	5,5		449,0	200,0	-	-	667,0	2021	2022
VERONA	Ondata di calore	Trasversale	1.948	75%		0,2	90,0	-	-	-	93,6	2018	2022
VICENZA	Caduta Piante	Sost.conduttore nudo in elicord	9.906	74%	9,1		-	71,6	386,1	1.025,1	1.369,1	2022	2024
VICENZA	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	17.930	96%	38,9		2.428,0	1.503,0	1.979,5	523,1	6.397,3	2017	2024
VICENZA	Ondata di calore	Trasversale	2.749	75%		0,8	104,0	-	-	-	109,2	2018	2022
VITERBO	Manic. Ghiaccio o neve	Sost.conduttore nudo in elicord	1.591	100%	16,8		328,6	160,0	-	-	524,4	2017	2023
VITERBO	Ondata di calore	Trasversale	6.762	75%		1,5	93,3	-	-	-	97,5	2019	2022
			1.738.691	0%	3.620,2	346,6	169.387,8	126.467,8	112.367,4	34.052,1	440.485,7		

7. SINTESI DEL PIANO PER GLI ANNI 2022-2024

Di seguito si riporta la sintesi degli interventi del Piano Resilienza 2022-2024 di E-Distribuzione con le attuali stime di volumi tecnici ed economici complessivi.

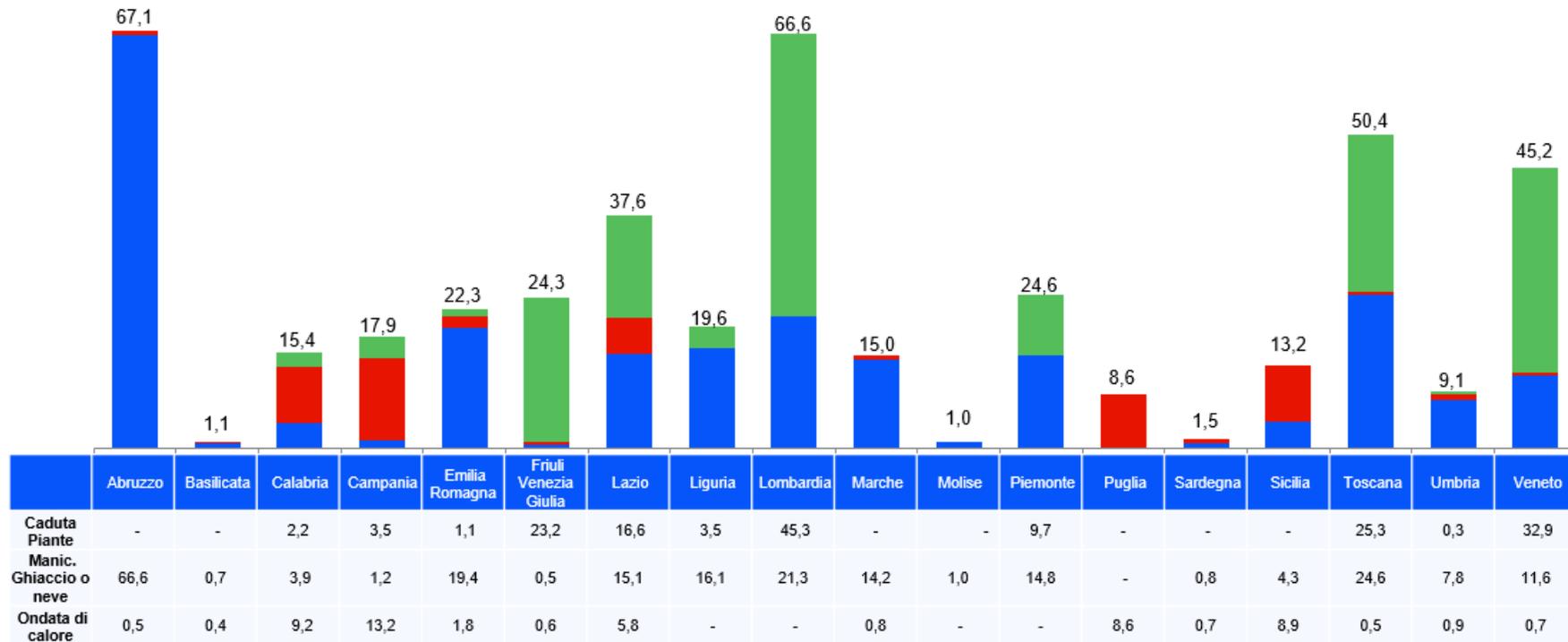
Manicotto di Ghiaccio		
Anno Piano	Sost.conduttore nudo in elicord (km)	CAPEX (M€)
2022	563	43
2023	355	40
2024	89	14
Caduta Piante		
Anno Piano	Sost.conduttore nudo in elicord (km)	CAPEX (M€)
2022	646	73
2023	465	66
2024	94	15
Ondate di calore		
Anno Piano	Trasversali(km)	CAPEX (M€)
2022	49	11
2023	37	6
2024	30	5

Il grafico “Investimenti per Regione” riporta la ripartizione dei volumi di spesa previsti sul territorio, come risultante dagli elenchi degli interventi pianificati.

Le progettazioni esecutive degli interventi a piano potrebbero modificare le quantità tecniche ed economiche.

Investimenti 2022-24 per Regione (M€)

■ Caduta Piante
 ■ Ondata di calore
 ■ Manic. Ghiaccio o neve



CONCLUSIONI

Il presente Piano Resilienza, predisposto con le modalità e i criteri descritti nel testo, costituisce la quinta edizione del piano di lavoro di E-Distribuzione, che aggiorna il precedente Piano 2021-2023 pubblicato il 30 giugno 2021

Esso comprende gli interventi pianificati da E-Distribuzione, con riferimento al periodo 2022-2024, a fronte dei fattori critici descritti nel documento.

Gli interventi sono stati selezionati secondo i criteri descritti, a partire dai modelli disponibili per i fattori critici manicotto di ghiaccio, vento/caduta piante e ondate di calore, dando comunque adeguata priorità agli interventi di incremento resilienza sulle linee interessate dagli eventi estremi degli ultimi anni.

Potranno seguire eventualmente aggiornamenti o revisioni della presente edizione, in funzione dell'evolversi del quadro regolatorio o della messa a disposizione di nuovi modelli e dataset da parte di RSE, che potranno essere in futuro adottati da tutti i gestori di rete, su indicazione della stessa ARERA.