

Cliente	Ricerca di Sistema (secondo periodo)
Oggetto	Metodologia per la previsione del fabbisogno di gas naturale per la determinazione degli obblighi di modulazione di punta stagionale e punta giornaliera
Ordine	L16457W
Note	NORME/REGOLE/workpackage 2 (MERCATO)/milestone 2.1/ rapporto 1/2 della milestone

La parziale riproduzione di questo documento è permessa solo con l'autorizzazione scritta del CESI.

N. pagine	74	N. pagine fuori testo	
Data	5/12/2005		
Elaborato	B.U. RETE T&D	Massimo Gallanti Andrea Venturini	
	Università Bicocca – Milano	Fabio Bellini	
Verificato	FUNZIONE FRS	A. Porrino	
Approvato	FUNZIONE FRS	G. Pedroni	

Indice

RIASSUNTO.....	6
PREMESSA	7
1 INTRODUZIONE	8
2 I CONSUMI DI GAS NEL MERCATO ITALIANO	10
3 IL SERVIZIO DI MODULAZIONE.....	11
3.1 GENERALITÀ.....	11
3.2 MODULAZIONE DI PUNTA STAGIONALE RIFERITA AD UN INVERNO RIGIDO CON FREQUENZA VENTENNALE	12
3.3 MODULAZIONE DI PUNTA GIORNALIERA ADEGUATA ALLA DOMANDA DI UN GIORNO CON CONDIZIONI RIGIDE.....	12
3.4 RESPONSABILITÀ DEL SERVIZIO DI MODULAZIONE	14
4 IL CONSUMO DI GAS DEI CLIENTI CONTEMPLATI	15
4.1 L'AMBITO DI PRELIEVO DEI CLIENTI CONTEMPLATI.....	15
4.2 I DATI UTILIZZATI PER LA VALUTAZIONE DEL CONSUMO DI GAS DEI CLIENTI CONTEMPLATI..	16
4.2.1 <i>Serie storiche dei consumi delle reti di distribuzione.....</i>	<i>16</i>
4.2.2 <i>Corrispondenza tra presa dell'impianto di distribuzione e comune servito</i>	<i>16</i>
5 ARTICOLAZIONE DEI CONSUMI DI GAS SU RETE DI DISTRIBUZIONE IN RELAZIONE AI DIFFERENTI UTILIZZI.....	18
5.1 IL CONSUMO DI BASE	19
5.2 IL CONSUMO PER RISCALDAMENTO	19
6 DIPENDENZA DEL CONSUMO PER RISCALDAMENTO DALLE CONDIZIONI METEOCLIMATICHE.....	21
6.1 IL CONCETTO DI "GRADO GIORNO"	21
6.2 OSSERVATORI METEOROLOGICI	21
6.3 SUDDIVISIONE DELLA PENISOLA IN "ZONE CLIMATICHE"	22
7 PROCEDIMENTO PER LA PREVISIONE DEL CONSUMO DEI CLIENTI CONTEMPLATI DI UNA RETE DI DISTRIBUZIONE	24
7.1 DETERMINAZIONE DEI COEFFICIENTI DI RIPARTIZIONE DEI CONSUMI.....	24
7.1.1 <i>Consumo di base di tutte le tipologie di clienti di una rete di distribuzione</i>	<i>25</i>
7.1.2 <i>Consumo per riscaldamento di tutte le tipologie di clienti di una rete di distribuzione ..</i>	<i>25</i>
7.1.3 <i>Consumo di base e consumo per riscaldamento dei clienti non contemplati di una rete di distribuzione</i>	<i>26</i>
7.1.4 <i>Calcolo del consumo di base dei clienti contemplati di una rete di distribuzione</i>	<i>27</i>
7.1.5 <i>Calcolo del consumo per riscaldamento dei clienti contemplati di una rete di distribuzione</i>	<i>28</i>
7.1.6 <i>Estensione alla zona climatica</i>	<i>28</i>
7.1.7 <i>Estensione a livello nazionale</i>	<i>29</i>
7.2 RIPARTIZIONE DEI CONSUMI PREVISTI A LIVELLO AGGREGATO.....	30
7.2.1 <i>Ripartizione del consumo previsto nazionale sulle zone climatiche</i>	<i>31</i>
7.2.2 <i>Ripartizione del consumo previsto di una zona climatica sulle reti di distribuzione</i>	<i>31</i>
7.2.3 <i>Ripartizione del consumo previsto di una rete di distribuzione sui clienti contemplati... 31</i>	<i>31</i>

8	RELAZIONE TRA TEMPERATURA E IL CONSUMO NAZIONALE PER RISCALDAMENTO	32
8.1	TEMPERATURA NAZIONALE.....	32
8.2	RELAZIONE TRA TEMPERATURA NAZIONALE E CONSUMO NAZIONALE PER RISCALDAMENTO	33
9	METODOLOGIE PER LA PREVISIONE DEL CONSUMO NAZIONALE PER RISCALDAMENTO	34
9.1	INTRODUZIONE	34
9.2	CLASSIFICAZIONE DELLE METODOLOGIE ANALIZZATE	35
9.2.1	<i>Metodo basato su analisi statistica applicata ai dati di consumo (metodo “di risimulazione”)</i>	35
9.2.2	<i>Metodo basato su analisi statistica applicata ai dati meteorologici (metodo “diretto”)</i>	36
9.3	DEFINIZIONI DELLA PREVISIONE DI PUNTA STAGIONALE E PUNTA GIORNALIERA	38
9.4	CONFRONTO TRA I DUE METODI DI PREVISIONE	38
10	METODOLOGIA PROPOSTA.....	40
10.1	METODOLOGIA TRANSCO.....	40
10.1.1	<i>La modellizzazione della relazione tra variabili meteorologiche e consumo</i>	<i>40</i>
10.1.2	<i>Costruzione delle serie di consumi risimulati</i>	<i>41</i>
10.1.3	<i>Determinazione dello “1 in 20 peak day”</i>	<i>41</i>
10.2	LA METODOLOGIA PROPOSTA.....	42
10.2.1	<i>La modellizzazione della relazione per la conversione da gradi giorno a consumo giornaliero per riscaldamento.....</i>	<i>42</i>
10.2.2	<i>Il processo di risimulazione.....</i>	<i>45</i>
10.2.3	<i>Stima della punta giornaliera di consumo per riscaldamento</i>	<i>45</i>
10.2.4	<i>Stima della punta stagionale di consumo per riscaldamento.....</i>	<i>45</i>
11	RISULTATI OTTENUTI CON LA METODOLOGIA PROPOSTA	46
11.1	DATI UTILIZZATI PER L’ANALISI	46
11.1.1	<i>Temperature</i>	<i>46</i>
11.1.2	<i>Numero di punti di prelievo.....</i>	<i>46</i>
11.1.3	<i>Consumi a consuntivo</i>	<i>46</i>
11.2	ANALISI PRELIMINARE SUI DATI A DISPOSIZIONE.....	46
11.2.1	<i>Andamenti della Temperatura Italia</i>	<i>46</i>
11.2.2	<i>Alcune grandezze caratteristiche della serie della temperatura Italia</i>	<i>48</i>
11.2.3	<i>Andamento del consumo complessivo nazionale.....</i>	<i>51</i>
11.3	RISULTATI DELLA METODOLOGIA PROPOSTA.....	52
11.3.1	<i>Consumo di base</i>	<i>52</i>
11.3.2	<i>Funzione di conversione.....</i>	<i>54</i>
11.3.3	<i>Previsione della punta giornaliera di consumo</i>	<i>56</i>
11.3.4	<i>Previsione della punta stagionale di consumo</i>	<i>59</i>
12	SINTESI DEI VALORI DI CONSUMO PREVISTI.....	61
13	CORREZIONE DEI VALORI DI PUNTA PER TENERE CONTO DEL RISCALDAMENTO ATMOSFERICO GLOBALE	62
14	PUNTA STAGIONALE E PUNTA GIORNALIERA DI CONSUMO, CON CORREZIONE DEL TREND CLIMATICO.....	65
14.1	PUNTA GIORNALIERA E STAGIONALE DI CONSUMO	65
14.2	CONSUMO MEDIO GIORNALIERO E STAGIONALE	66
15	CONCLUSIONI	67

APPENDICE LA DISTRIBUZIONE GEV	69
---	-----------

VALUTAZIONE DELLA PRECISIONE DELLA METODOLOGIA CESI	71
--	-----------

STORIA DELLE REVISIONI

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
00	05.12.2005	A5054370	Prima emissione

RIASSUNTO

Il presente documento descrive i risultati di uno studio per la definizione di una metodologia che permette all'Autorità per l'energia elettrica e il gas (di seguito AEEG) di stimare il fabbisogno di gas utile alla determinazione degli obblighi di modulazione, per far fronte alle necessità dei clienti domestici, del settore dei servizi/terziario e, in prospettiva degli altri clienti. Tali obblighi, previsti dal decreto legislativo n. 164/00 articolo 18, commi 2 e 3, riguardano il servizio di modulazione adeguata alla domanda di un anno con inverno rigido con frequenza ventennale. In particolare essi fanno riferimento alle esigenze relative al periodo di punta stagionale e al periodo di punta giornaliera, e sono finalizzati a garantire la sicurezza dell'approvvigionamento di gas ai soggetti tutelati, vale a dire i clienti con consumo annuo inferiore o pari a 200.000 Smc (nel presente documento definiti "clienti contemplati"). L'obbligo a fornire il servizio di modulazione ai clienti contemplati ricade sui soggetti che svolgono l'attività di vendita.

Lo studio definisce una metodologia per la previsione del gas consumato dai clienti contemplati in un inverno rigido con frequenza ventennale, considerando un rischio statistico che tenga conto, tra l'altro, delle variazioni climatiche in atto negli ultimi anni e inferibili dalle serie storiche secolari disponibili. La suddetta previsione consente di determinare il fabbisogno di modulazione per tutelare i clienti contemplati, garantendo loro un'adeguata disponibilità di gas anche in un inverno con condizioni climatiche critiche.

PREMESSA

Il presente studio fa parte delle attività svolte dal CESI nell'ambito del programma Ricerca di Sistema (RdS) per il triennio 2003 - 2005, presentato in data 16.10.2003 e approvato dall'Autorità per l'energia elettrica e il gas (di seguito AEEG) con deliberazione n. 41/04. In particolare, il lavoro è stato svolto nel contesto del sottoprogetto "REGOLE – Contributo alla definizione delle regole per il Sistema Elettrico", finalizzato a fornire i presupposti tecnico-scientifici a supporto dell'attività regolatoria svolta dall'AEEG.

Del suddetto sottoprogetto fa parte il Workpackage "WP2 - Mercato dell'energia", Milestone 2.1 "Metodologie per la previsione del fabbisogno di gas" - incluso a variante nel febbraio 2005 - con l'obiettivo di definire una metodologia per la previsione del fabbisogno di gas naturale dei clienti civili per far fronte alla domanda di gas in un inverno rigido con frequenza ventennale e di applicare tale metodologia per l'inverno 2005-2006.

Il presente studio costituisce il risultato del suddetto Workpackage.

1 INTRODUZIONE

Il presente documento descrive i risultati di uno studio per la definizione di una metodologia che permette all'Autorità per l'energia elettrica e il gas (di seguito AEEG) di stimare il fabbisogno di gas utile alla determinazione degli obblighi di modulazione, per far fronte alle necessità dei clienti domestici, del settore dei servizi/terziario e, in prospettiva degli altri clienti. Tali obblighi, previsti dal decreto legislativo n. 164/00 articolo 18, commi 2 e 3, riguardano il servizio di modulazione adeguata alla domanda di un anno con inverno rigido con frequenza ventennale. In particolare essi fanno riferimento alle esigenze relative al periodo di punta stagionale¹ e al periodo di punta giornaliera², e sono finalizzati a garantire la sicurezza dell'approvvigionamento di gas ai soggetti tutelati, vale a dire i clienti con consumo annuo inferiore o pari a 200.000 Smc (nel presente documento definiti "clienti contemplati"). L'obbligo a fornire il servizio di modulazione ai clienti contemplati ricade sui soggetti che svolgono l'attività di vendita.

La delibera n. 37/05 ha avviato il procedimento per la formazione di provvedimenti in materia di determinazione degli obblighi di modulazione di cui al suddetto articolo 18, comma 2; in tale contesto è stato previsto lo svolgimento del presente studio, per approfondire le risorse di stoccaggio di modulazione³ che il sistema nazionale del gas potrà richiedere nei prossimi anni. I risultati forniti dal presente studio consentono una più precisa determinazione delle capacità di stoccaggio richiesta per il rispetto degli obblighi di modulazione sopra citati.

Lo studio definisce una metodologia per la previsione del gas consumato dai clienti contemplati in un inverno rigido con frequenza ventennale, considerando un rischio statistico che tenga conto, tra l'altro, delle variazioni climatiche in atto negli ultimi anni e inferibili dalle serie storiche secolari disponibili. La suddetta previsione consente di determinare il fabbisogno di modulazione per tutelare i clienti contemplati, garantendo loro un'adeguata disponibilità di gas anche in un inverno con condizioni climatiche critiche. Il fabbisogno di modulazione sarà garantito ai clienti vincolati tramite assegnazione prioritaria di un corrispondente spazio di stoccaggio.

Il decreto legislativo n. 164/00 impone che la stima del fabbisogno di modulazione per i clienti contemplati sia fornita su base locale, e precisamente a livello di singolo comune; pertanto la metodologia proposta definisce non solo la previsione di consumo a livello nazionale, ma anche la sua suddivisione su base locale, compatibilmente con le informazioni disponibili.

Sulla base dei valori di fabbisogno stimato ottenuti dall'applicazione della metodologia proposta, l'AEEG potrà determinare, con apposito provvedimento, lo spazio di stoccaggio di modulazione da conferire ai soggetti che svolgono l'attività di vendita per far fronte agli obblighi di modulazione per i clienti contemplati.

Il documento è strutturato come segue:

- * La sezione 2 presenta una sintesi dei consumi di gas naturale in Italia negli anni 2003 e 2004, suddivisi per settore di utilizzo.
- * Nella sezione 3 viene descritto il ruolo chiave reso dal servizio di modulazione, grazie alla disponibilità delle risorse di stoccaggio, per far fronte alle punte di consumo di gas per esigenze

¹ Secondo l'articolo 2 punto y del decreto legislativo n. 164/00 si definisce "periodo di punta stagionale" il periodo compreso tra il 15 novembre ed il 15 marzo di ciascun anno. Il periodo di punta stagionale comprende quindi 121 giorni (122 negli anni bisestili).

² Secondo l'articolo 2 punto x del decreto legislativo n. 164/00 si definisce "periodo di punta giornaliera" il periodo compreso tra le ore 7 e le ore 22 di ciascun giorno nel periodo di punta stagionale.

³ Il servizio di stoccaggio di modulazione, reso possibile dalle risorse di stoccaggio di modulazione, è il servizio finalizzato a soddisfare la modulazione dell'andamento giornaliero, stagionale e di punta dei consumi (art. 2 comma 1 lettera ff) del decreto legislativo n. 164/00), cioè il fabbisogno di gas naturale dei clienti finali.

di riscaldamento. In particolare vengono definiti i requisiti di modulazione per far fronte al consumo giornaliero e stagionale in presenza di condizioni meteorologiche rigide e sono richiamati gli obblighi che il decreto legislativo n. 164/00 assegna ai diversi soggetti (società di vendita, AEEG) per garantire il servizio di modulazione ai clienti contemplati

- * Nella sezione 4 viene definito l'ambito di prelievo del consumo di gas da parte dei clienti contemplati, cioè le reti di distribuzione; nella successiva sezione 5 il consumo di gas dei clienti allacciati alle reti di distribuzione viene distinto in base al tipo di utilizzo: consumo di base e consumo per riscaldamento.
- * La dipendenza del consumo per riscaldamento dalle condizioni climatiche è l'obiettivo della sezione 6. A questo riguardo si introduce il concetto di grado giorno, per rappresentare la temperatura, e si elencano le 18 zone climatiche in cui viene diviso il territorio italiano ai fini di correlare il consumo per riscaldamento con i gradi giorno di ciascuna zona. A ciascuna zona climatica è associata la serie storica (con profondità di 43 anni) di valori giornalieri di gradi giorno rilevati dall'osservatorio associato a quella zona.
- * La sezione 7 illustra la metodologia per ottenere la previsione del consumo per riscaldamento dei clienti contemplati, su base locale (cioè per pool di punti REMI). Tale metodologia parte dal presupposto che si possa determinare una previsione nazionale di consumo per riscaldamento da ripartire poi su base locale.
- * Nella sezione 8 viene introdotto il concetto di "temperatura Italia", cioè un unico valore di temperatura significativo per tutto il territorio nazionale, da correlare con il consumo nazionale per riscaldamento. La "temperatura Italia" è ottenuta come combinazione lineare delle temperature delle 18 zone climatiche.
- * Nella sezione 9 si affronta il tema della previsione del consumo nazionale per riscaldamento, in condizioni meteorologiche critiche. A tal fine si analizzano e si confrontano alcune metodologie descritte in letteratura, evidenziando i punti di forza e di debolezza di ciascuna di queste.
- * La metodologia di previsione di consumo prescelta viene descritta in dettaglio nella sezione 10. In particolare si illustra il procedimento definito dalla metodologia per il calcolo della punta giornaliera/stagionale di consumo in condizioni meteorologiche rigide, secondo le definizioni del decreto legislativo 164/00.
- * Nella sezione 11 la metodologia proposta viene applicata per calcolare la punta giornaliera/stagionale di consumo per l'inverno 2005-2006; la sintesi dei risultati ottenuti è riportata nella sezione 12.
- * Nella sezione 13 si discute di come tenere in conto, nella previsione della punta giornaliera/stagionale di consumo, del fenomeno di riscaldamento atmosferico globale, riscontrato negli ultimi decenni. A tal riguardo è stato stimato il trend di crescita di lungo periodo delle temperature, dovuto al suddetto fenomeno, e la serie storica della temperatura Italia è stata opportunamente rivista per eliminare il trend.
- * Nella sezione 14 vengono ricalcolati i valori di punta giornaliera/stagionale dei consumi utilizzando le serie di temperatura a cui è stata apportata la correzione per il trend climatico, determinando così i valori definitivi di consumo da ripartire su base locale secondo la metodologia descritta nella sezione 7.

2 I CONSUMI DI GAS NEL MERCATO ITALIANO

Nel periodo dal 1970 al 2003 il contributo del gas naturale al fabbisogno energetico in Italia è passato dal 9% al 33%.

Nell'anno 2004 si è assistito ad una crescita dei consumi pari a 2.7 miliardi di metri cubi/anno rispetto all'anno precedente (corrispondente a circa il 3.5 per cento in più) soprattutto per effetto dei maggiori consumi nel settore termoelettrico.

Il mercato del gas in Italia è articolato in tre segmenti principali di utilizzo: il civile, l'industriale e il termoelettrico; gli utilizzatori a loro volta possono suddividersi in clienti finali consumatori diretti di gas o grossisti che acquistano il gas per rivenderlo ai clienti finali.

In funzione delle modalità di distribuzione del gas naturale, le vendite si suddividono in due raggruppamenti: la grande distribuzione (distribuzione primaria) che comprende le vendite dirette ai grossisti (prevalentemente dell'industria e del settore termoelettrico); la distribuzione locale (distribuzione secondaria) che comprende quasi esclusivamente le vendite effettuate dalle aziende di distribuzione urbana ai clienti del segmento civile e della piccola industria.

Per quanto riguarda il settore civile si è avuto una diminuzione di consumi dovuta in gran parte all'effetto termico, in quanto il 2004 è stato un inverno meno rigido della media, mentre il 2003 è stato caratterizzato da condizioni meteorologiche più vicine alle medie climatiche e con punte di freddo superiori al normale. Per quanto riguarda invece il settore termoelettrico l'incremento, pari al 9 per cento, è stato anche causato dal profondo mutamento del parco di produzione (da cicli a vapore alimentati a olio a cicli combinati alimentati a gas) verificatosi negli ultimi anni in Italia.

Consumi di gas naturale in Italia (Milioni di Standard metri cubi a 38,1 MJ)			
	2003	2004	Var %
1 - SERVIZI E USI DOMESTICI	28,508	28,168	-1.2%
<i>di cui Domestico</i>	20,901	20,478	-2.0%
2 - INDUSTRIALE	18,186	18,610	2.3%
3 - TERMOELETTRICO	29,431	32,072	9.0%
4 - AUTOTRAZIONE	445	439	-1.4%
Totale	76,571	79,289	3.5%

Tabella 2.1: Consumi di gas naturale in Italia – Fonte: MAP

Visto l'alto potere calorifico specifico, l'impiego del gas naturale è stato da sempre quello di combustibile energetico nei settori industriale, termoelettrico e civile. Per usi civili si intendono quelli legati alla cottura dei cibi, al riscaldamento individuale e centralizzato ed a usi nel settore terziario.

Negli anni, il peso dei consumi industriali, inizialmente preponderante, è andato progressivamente diminuendo a favore di quelli civili ed, in un secondo momento, soprattutto di quelli termoelettrici.

3 IL SERVIZIO DI MODULAZIONE

3.1 Generalità

In un sistema gasiero, lo stoccaggio è il principale mezzo per gestire le fluttuazioni di domanda ed offerta del sistema stesso ed una componente essenziale per assicurarne l'affidabilità e l'efficienza: assolve infatti al duplice compito di soddisfare le variazioni di domanda stagionali, il cui andamento è sostanzialmente prevedibile, e i picchi di breve termine, che possono variare da poche ore a pochi giorni in conseguenza, ad esempio, di un'improvvisa diminuzione della temperatura.

Le risorse di stoccaggio per il gas naturale costituiscono quindi un importante elemento di flessibilità nella gestione del bilanciamento tra immissioni e consumi nella rete di trasporto del gas.

Allo stoccaggio è direttamente correlata la funzionalità di modulazione propria della rete di trasmissione, che permette di ovviare a differenze puntuali tra il profilo temporale di approvvigionamento e il profilo temporale di consumo del gas, fermo restando che su un intervallo temporale definito (es. l'anno) la quantità di gas approvvigionata deve essere uguale alla quantità consumata. Le differenze puntuali tra approvvigionamento e consumo (sia in difetto sia in eccesso) sono assorbite dallo stoccaggio, che rende così possibile l'erogazione del servizio di modulazione.

La possibilità di modulazione offerta dalla rete e dalle sue risorse di stoccaggio è particolarmente importante in quanto consente di far fronte ad un profilo di consumo di gas naturale fortemente irregolare nell'anno, in particolare per l'influenza sui consumi delle condizioni meteorologiche. A un tale profilo di consumo si contrappone un profilo di approvvigionamento che tendenzialmente risulta piuttosto piatto in quanto i profili di approvvigionamento di tipo "flat" risultano solitamente più convenienti dal punto di vista economico. Da qui la grande rilevanza, anche economica, del servizio di modulazione.

Il servizio di modulazione si caratterizza per tre differenti aspetti:

- Tipologie di consumi che utilizzano il servizio di modulazione.
- Periodo temporale a cui il servizio di modulazione si riferisce.
- Variabilità del consumo rispetto a condizioni "esogene".

Per quanto riguarda la **tipologia di consumo**, è di particolare importanza il servizio di modulazione che deve essere riservato ai consumi civili e al terziario.

Il **periodo temporale** a cui si riferisce il servizio di modulazione è caratterizzato in termini di stagionalità e durata. In particolare, il servizio di modulazione viene definito facendo riferimento a tre differenti periodi temporali:

- Modulazione stagionale (cioè relativa alle necessità dell'intero periodo invernale). Per definire compiutamente la capacità di modulazione su orizzonte stagionale è necessario che venga definita la data di inizio e fine della stagione invernale. Facendo riferimento all'art. 8 comma 2 della delibera 119/05, risulta che l'arco stagionale da prendere a riferimento per valutare la capacità di modulazione è quello che va dal 1 novembre al 31 marzo, periodo nel quale l'impresa di stoccaggio rende disponibile la capacità di erogazione di gas in stoccaggio.
- Modulazione per la punta stagionale, vale a dire un servizio adeguato a far fronte ai consumi che si concentrano nel periodo centrale dell'inverno, al quale corrispondono le temperature più fredde. A tal riguardo il decreto legislativo n. 164/00 definisce come "periodo di punta stagionale" il periodo dell'inverno compreso tra il 15 novembre ed il 15 marzo.
- Modulazione per la punta giornaliera, cioè un servizio adeguato a far fronte ai consumi di una giornata invernale. A tal riguardo il decreto legislativo n. 164/00 definisce come "periodo di punta giornaliera" il periodo compreso tra le ore 7 e le ore 22 di ciascun giorno nel periodo di punta

stagionale. Lo stesso decreto riferendosi al servizio di stoccaggio definisce la "disponibilità di punta giornaliera", come la quantità di gas naturale erogabile da un sistema di stoccaggio nell'ambito di un giorno.

Infine la variabile esogena principale a cui si fa riferimento nella definizione del servizio di modulazione sono le **condizioni climatiche** dell'inverno. Infatti la situazione climatica ha una grossa influenza sui consumi invernali di gas, soprattutto per le utenze civili e domestiche, e di conseguenza un notevole impatto sul servizio di modulazione. A tal riguardo si è soliti definire il servizio di modulazione rispetto a ciascuna delle seguenti condizioni:

- Condizione climatiche invernali medie (inverno mediamente rigido).
- Condizioni climatiche invernali/giornaliere "rigide" (cioè inverno rigido con frequenza ventennale, giornata rigida con frequenza ventennale, periodo di punta stagionale relativo ad un inverno rigido con frequenza ventennale, secondo le definizioni del decreto legislativo n. 164/00).

Per garantirsi che il servizio di modulazione riesca a far fronte al fabbisogno di gas per riscaldamento nei periodi in cui è maggiore la necessità di tale servizio, occorre riferirsi a situazioni caratterizzate da condizioni climatiche particolarmente rigide. Pertanto nel seguito si farà riferimento a:

- modulazione di punta stagionale adeguata alla domanda di un inverno con condizioni meteorologiche rigide con frequenza ventennale.
- modulazione di punta giornaliera adeguata alla domanda di un giorno con condizioni meteorologiche rigide con frequenza ventennale.

3.2 Modulazione di punta stagionale riferita ad un inverno rigido con frequenza ventennale

La modulazione per il periodo di punta stagionale riferita ad un inverno rigido con frequenza ventennale è definita come la differenza tra il consumo di gas nel periodo di punta stagionale di un inverno rigido con frequenza ventennale e l'approvvigionamento di gas nello stesso periodo. L'approvvigionamento è calcolato come la quota parte dell'approvvigionamento annuo (per far fronte ai consumi di un anno caratterizzato da un inverno rigido con frequenza ventennale), ipotizzando che tale approvvigionamento avvenga secondo un profilo temporale piatto.

3.3 Modulazione di punta giornaliera adeguata alla domanda di un giorno con condizioni rigide

La modulazione per la punta giornaliera è definita come differenza tra il consumo giornaliero di un giorno caratterizzato da condizioni meteorologiche rigide con frequenza ventennale e l'approvvigionamento medio giornaliero, con riferimento ad un anno con inverno rigido con frequenza ventennale.⁴

Si noti che, contrariamente ai casi precedenti, il valore del consumo giornaliero nelle giornate invernali non è univoco in quanto un inverno comprende un alto numero di giornate (121 nel caso di periodo di punta stagionale) e, in teoria, ciascuna giornata ha un proprio fabbisogno che dipende dalle condizioni climatiche tipiche di quel giorno e dei giorni precedenti.

⁴ Anche in questo caso si ipotizza che l'approvvigionamento avvenga con profilo giornaliero piatto

Il servizio di modulazione per la punta giornaliera deve quindi garantire un fabbisogno di modulazione differente a seconda dei diversi giorni dell'inverno. In particolare il consumo è più basso nei giorni di inizio e fine inverno (mediamente meno freddi) e più alto nei giorni di pieno inverno (mediamente più freddi). Similmente, il fabbisogno di modulazione giornaliera sarà più basso nelle giornate appartenenti al primo periodo e più alto nelle giornate del secondo periodo.

La definizione di modulazione per la punta giornaliera data nel decreto legislativo n. 164/00 non consente di determinare in modo univoco la quantità di gas necessaria a garantire il servizio nelle differenti condizioni climatiche. Infatti rimane da fissare un "grado di libertà" del problema, e cioè il periodo all'interno della stagione invernale rispetto al quale valutare il consumo di punta giornaliera. Come detto questo periodo potrebbe essere molto corto – al limite il singolo giorno dell'inverno – nel qual caso si avrebbe un valore di modulazione per la punta giornaliera differente per ciascun giorno; per converso il periodo potrebbe essere molto ampio – al limite coincidere con l'intera stagione invernale – e in questo caso il valore di modulazione per la punta giornaliera sarebbe unico per tutto l'inverno.

Per risolvere tale ambiguità si è stabilito di definire il fabbisogno di modulazione di punta giornaliera tramite un "profilo" di valori: ciascun punto del profilo corrisponde al valore di modulazione di punta giornaliera relativo alla frazione del periodo invernale a cui esso si riferisce.

Ad esempio il profilo relativo alla modulazione di punta giornaliera potrebbe essere costituito da cinque valori, ciascuno corrispondente al fabbisogno di punta giornaliera di un mese invernale (vedi Figura 3.1)⁵. In questo caso ciascun valore di fabbisogno di punta giornaliera incluso nel profilo definisce il fabbisogno di modulazione giornaliera relativo alle giornate di quel particolare mese in condizioni climatiche rigide.

In tal modo è possibile dar conto delle reali esigenze di modulazione di punta giornaliera nei diversi periodi invernali. Infatti l'utilizzo di un profilo di valori per i diversi periodi dell'inverno anziché di un unico valore (che sarebbe significativo della situazione invernale più critica) consente di specificare le effettive esigenze di modulazione di fabbisogno di punta giornaliera per ciascuna frazione del periodo invernale, senza imporre vincoli eccessivi ai soggetti obbligati.

Ovviamente rimane il problema di definire il numero e l'estensione dei periodi in cui suddividere l'intero inverno. Questa decisione, ancorché importante e critica, non influenza la metodologia proposta, che è indipendente dal numero e dalla durata degli intervalli temporali.

⁵ Nel caso estremo in cui si ha un solo sottoperiodo di durata uguale all'intero periodo invernale, il profilo si riduce ad un solo valore.

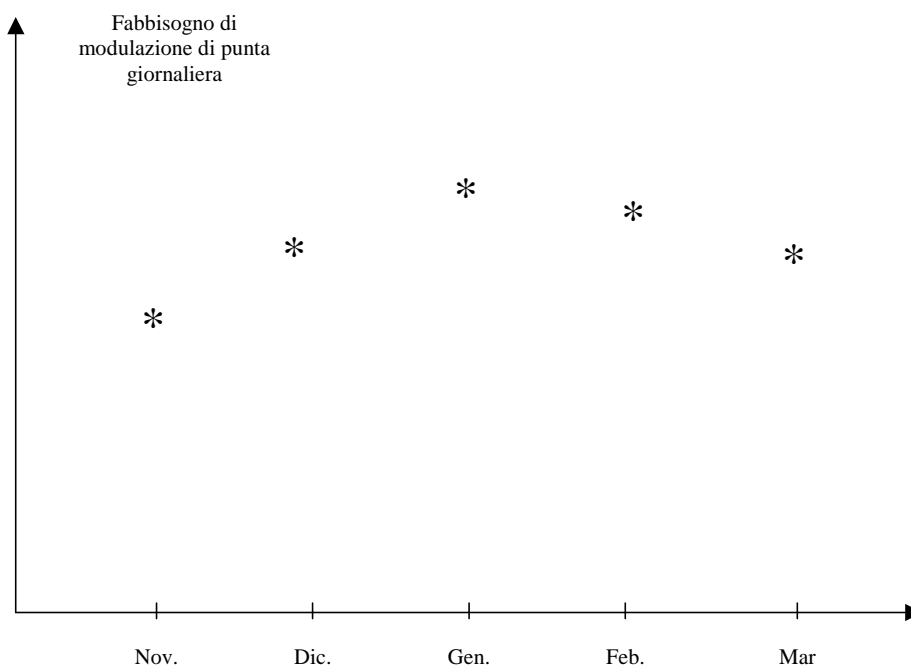


Figura 3.1 – Profilo di modulazione di punta giornaliera

3.4 Responsabilità del servizio di modulazione

Il decreto legislativo n. 164/00, articolo 18 comma 3 stabilisce che, a partire dal 1/1/2003, i soggetti che svolgono l'attività di vendita devono fornire ai clienti contemplati⁶, direttamente o indirettamente connessi alla porzione di rete su cui svolgono la loro attività, la disponibilità del servizio di modulazione stagionale, di punta stagionale e di punta giornaliera adeguata alla domanda di un anno con inverno rigido con frequenza ventennale. In altri termini essi sono chiamati a garantire la capacità di modulazione per far fronte ai consumi che si presentano in condizioni meteorologiche rigide.

Il legislatore ha quindi posto in capo ai soggetti che svolgono l'attività di vendita l'obbligo di dotarsi delle risorse di stoccaggio necessarie per garantire il servizio di modulazione ai propri clienti contemplati.

L'articolo 18 comma 2 del suddetto decreto individua nell'AEEG il soggetto deputato a definire gli obblighi di modulazione per i clienti contemplati, per il periodo di punta giornaliero e stagionale dell'anno successivo, a livello di ciascun comune, in funzione dei valori climatici tipici di condizioni meteorologiche rigide con frequenza ventennale.

Per fissare l'ammontare dei suddetti obblighi di modulazione è necessario che l'AEEG si doti di una metodologia per la previsione dei consumi di gas della clientela interessata dal provvedimento (vale a dire i clienti contemplati), per i periodi temporali e nelle condizioni meteorologiche stabilite.

Tale metodologia è l'oggetto del presente studio: nei paragrafi che seguono sono descritti i passi di cui la metodologia si compone e la sua applicazione per la previsione dei consumi del prossimo inverno.

⁶ Si ricorda che nel presente documento si definiscono "clienti contemplati" i clienti con consumo di gas annuo uguale o inferiore a 200.000 Smc.

4 IL CONSUMO DI GAS DEI CLIENTI CONTEMPLATI

In questa sezione si presenta il procedimento attraverso il quale viene determinato il consumo di gas dei clienti contemplati, facendo riferimento ai dati di consumo e alle informazioni nella disponibilità delle società di distribuzione.

4.1 L'ambito di prelievo dei clienti contemplati

I clienti contemplati sono nella quasi totalità allacciati alle reti di distribuzione⁷ e il prelievo di gas nei punti di connessione alla rete di trasporto è quasi sempre oggetto di misura giornaliera, essendo le prese degli impianti di distribuzione normalmente dotate di apparecchiature di misura comprendenti misuratori giornalieri, e sistemi di registrazione, elaborazione e trasmissione dati⁸.

Ne consegue che l'ambito di analisi dei dati di consumo per determinare il fabbisogno di modulazione per i clienti contemplati è quello delle reti di distribuzione.

Un'ulteriore motivazione per concentrarsi sui consumi dei clienti allacciati alle reti di distribuzione deriva all'articolo 18, comma 3, del decreto legislativo n. 164/00, che prevede che gli obblighi riguardanti la modulazione per il periodo di punta stagionale vengano definiti per ciascun comune. L'area servita da una rete di distribuzione è la miglior approssimazione possibile, in termini di disponibilità di dati misurati, per la valutazione del consumo di gas di un comune.

Tuttavia alle reti di distribuzione non sono allacciati esclusivamente gli utenti contemplati, ma anche una quantità rilevante di utenti con consumi annui superiori a 200.000 Smc (es. piccole industrie, centri commerciali). Nel seguito del documento si definiscono "clienti non contemplati" i clienti allacciati ad una rete di distribuzione e con consumo annuo superiore a 200.000 Smc. Sorge quindi il problema di distinguere il consumo dei clienti contemplati da quello dei clienti non contemplati allacciati alla stessa rete di distribuzione. La difficoltà di pervenire a tale distinzione risiede nel fatto che i singoli clienti contemplati non sono misurati a livello giornaliero, mentre solo una parte dei clienti contemplati lo sono. Una rappresentazione grafica della ripartizione dei consumi di un rete di distribuzione tra clienti contemplati e clienti non contemplati è riportata in Figura 4.1.

⁷ In realtà esiste un esiguo numero di clienti (poco più di 500) con consumi annui al di sotto dei 200.000 Smc che sono direttamente connessi alla rete di trasporto. Il loro consumo annuo è di circa 48 MSmc. Data la scarsa rilevanza di tale consumo rispetto al consumo complessivo dei clienti contemplati, nel seguito dello studio essi saranno trascurati.

⁸ Esistono tuttavia alcuni punti di connessione non misurati giornalmente. Si tratta dei cosiddetti punti di connessione NDM (non daily metered).

**Consumi stagionali
di una rete di
distribuzione**

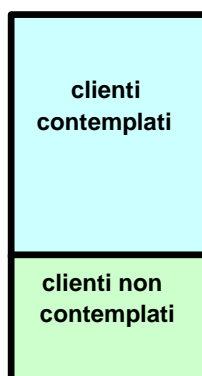


Figura 4.1 – Suddivisione per cliente dei consumi di una rete di distribuzione

Nei paragrafi seguenti verrà proposta una soluzione per stimare una suddivisione dei consumi tra clienti contemplati e non contemplati allacciati alla stessa rete di distribuzione.

4.2 I dati utilizzati per la valutazione del consumo di gas dei clienti contemplati

4.2.1 Serie storiche dei consumi delle reti di distribuzione

I dati di riferimento per la valutazione dei consumi di gas dei clienti contemplati sono le misure giornaliere di gas rilevate sulle prese di connessione delle reti di distribuzione alla rete di trasporto.

Si assume che le imprese di distribuzione possano rendere disponibili le suddette misure per la valutazione degli obblighi di cui all'articolo 18, comma 2, del decreto legislativo n. 164/00. I dati saranno etichettati per codice impianto di distribuzione (codice REMI), che riporta anche l'informazione del comune in cui è ubicata la presa dell'impianto di distribuzione.

4.2.2 Corrispondenza tra presa dell'impianto di distribuzione e comune servito

L'articolo 18 comma 3 del decreto legislativo n. 164/00 prevede che gli obblighi riguardanti la modulazione per il periodo di punta stagionale vengano definiti su base locale, e in particolare per ciascun comune.

Si deve però osservare che, in generale, non esiste una corrispondenza biunivoca tra la presa di un impianto di distribuzione ed il comune in cui essa è allocata in quanto:

- L'impianto di distribuzione connesso ad una presa può servire più comuni (non solo quello in cui la presa è ubicata) oppure solo parte di un comune (ciò può accadere nel caso di grosse città).
- Due o più prese di distribuzione possono fare riferimento ad un "impianto interconnesso", cioè a reti di distribuzione che sono tra loro interconnesse e che servono più comuni. In questo caso si dice che le prese di distribuzione sono in "pool" (pool di REMI).
- Vi sono casi in cui una rete di distribuzione non è direttamente alimentata dalla rete di trasporto tramite una presa di distribuzione, ma da un'altra rete di distribuzione.

L'obiettivo di determinare gli obblighi di modulazione per clienti contemplati a livello di singolo comune deve essere quindi riconsiderato alla luce della casistica impiantistica sopra esaminata. Infatti, l'ambito locale minimo su cui è possibile in pratica effettuare valutazioni sul fabbisogno di modulazione risulta essere:

- a) la singola rete di distribuzione non connessa con altre reti,
- b) l'ambito costituito dall'insieme di reti di distribuzione tra loro interconnesse, ("pool" di reti)
- c) l'insieme di reti di distribuzione (anche non in pool) o di pool relativi allo stesso comune.

Si noti che nei casi a) e b) alla singola rete (o alle reti interconnesse) possono far riferimento anche più comuni.

Pertanto nella valutazione dei consumi (e quindi del servizio di modulazione) non si arriverà necessariamente a livello di singolo comune (come richiesto dall'articolo 18, comma 3, del decreto legislativo n. 164/00) ma l'ambito locale minimo su cui si determineranno i requisiti di modulazione sarà l'impianto interconnesso (pool di REMI).

5 ARTICOLAZIONE DEI CONSUMI DI GAS SU RETE DI DISTRIBUZIONE IN RELAZIONE AI DIFFERENTI UTILIZZI

Per una larga parte dell'utenza allacciata alle reti di distribuzione è prevalente l'utilizzo del gas per fini di riscaldamento. Questa situazione determina una curva di consumo fortemente differenziata nei diversi mesi dell'anno, con un marcato picco nel periodo invernale. E' proprio la variabilità dell'impiego del gas per esigenze di riscaldamento e la forte dipendenza di tale consumo dalle condizioni meteo-climatiche che richiede la disponibilità di un servizio di modulazione per la punta stagionale e giornaliera.

Oltre all'impiego per riscaldamento, in una rete di distribuzione sono presenti altri utilizzi di gas che hanno andamenti più regolari e non risentono delle condizioni meteo-climatiche.

Nel definire la metodologia per la determinazione del fabbisogno di modulazione di punta stagionale e giornaliera ci si focalizza prevalentemente sui consumi di gas per riscaldamento, in quanto tale utilizzo determina le esigenze di modulazione. A questo scopo vengono definite due tipologie di consumi di gas naturale da parte dei clienti allacciati ad una rete di distribuzione:

- **Consumo di base** (o continuativo): include gli utilizzi che si possono assumere all'incirca costanti in tutti i giorni dell'anno (ad esempio per uso cottura, acqua calda sanitaria, ecc.) o che comunque non riguardano il riscaldamento. Nel consumo di base è incluso anche il gas impiegato per processi industriali da parte di industrie allacciate alla rete di distribuzione. Sono altresì inclusi utilizzi per produzione di vapore da parte di utenti del terziario (es. ospedali).
- **Consumo per riscaldamento**: si tratta del consumo esplicitamente destinato alle necessità di riscaldamento per tutte le tipologie di edifici (destinati ad uso abitativo, servizi, uso industriale, ecc.).

La ripartizione dei consumi di una rete di distribuzione tra consumo di base e consumo per riscaldamento è riportata in Figura 5.1.

Consumi stagionali
di una rete di
distribuzione

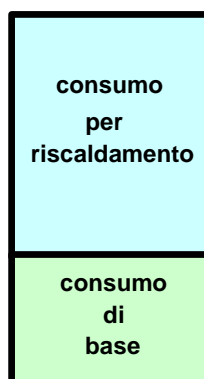


Figura 5.1 – Suddivisione per tipologia dei consumi complessivi di una rete di distribuzione

Di seguito si illustra come incorporare il consumo di base dalla serie annuale dei dati di consumo complessivo giornaliero di una rete di distribuzione, al fine di ottenere, per differenza, il consumo per riscaldamento.

5.1 Il consumo di base

La stima del consumo di base viene fatta considerando i consumi di gas dei mesi di giugno e settembre. Si assume infatti che i consumi in tali mesi non includono la componente per il riscaldamento (infatti nel mese di giugno e settembre il riscaldamento non è ancora in funzione), né risentono di flessioni della eventuale quota di consumo industriale dovuta all'interruzione della produzione per ferie.

Pertanto il consumo di base viene posto uguale al consumo dei mesi di giugno e di settembre.

In prima approssimazione il consumo di base giornaliero è pari alla somma del consumo nei due mesi divisa per 60⁹. E' possibile ottenere una stima più dettagliata di tale consumo, differenziando i giorni feriali dai giorni festivi al fine di ottenere un valore di consumo di base per i giorni feriali e uno per i giorni festivi. Tuttavia nel presente studio non ci si è spinti a tale livello di dettaglio.

5.2 Il consumo per riscaldamento

I valori a consuntivo relativi ai consumi per riscaldamento sono determinati in maniera indiretta, scorpendo dal consumo complessivo della rete di distribuzione (valore misurato) il valore del consumo di base, determinato nel modo descritto al paragrafo precedente.

In Figura 5.2 sono riportati i consumi dei clienti di una rete di distribuzione in relazione al tipo di consumo e di utenza.

⁹ In alternativa alla metodologia qui descritta, il consumo di base può essere ottenuto per via analitica attraverso la determinazione della relazione tra il valore giornaliero dei gradi giorno e il consumo giornaliero di gas. Tale relazione viene utilizzata, in modalità generalizzata, nella metodologia di Transco (cfr. par.10.1). Tuttavia nel presente documento si assume che il consumo di base sia determinato a partire dalle misure di consumo, applicando l'algoritmo qui descritto.

Consumi stagionali
di una rete di
distribuzione

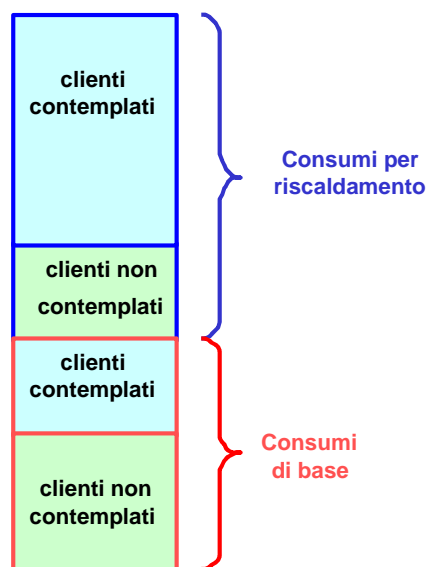


Figura 5.2 – Suddivisione di una rete di distribuzione in relazione al tipo di consumo e all'utenza

6 DIPENDENZA DEL CONSUMO PER RISCALDAMENTO DALLE CONDIZIONI METEOCLIMATICHE

Il legame tra l'andamento della temperatura e il consumo per riscaldamento risulta empiricamente ovvio; più complesso è definirne la rappresentazione in termini analitici.

Parimenti è condivisa la convinzione che altri fattori meteorologici, in particolare vento, nebbia e/o fattori di tipo tecnico, ad esempio l'esposizione solare, influenzino in modo più o meno rilevante i consumi. A livello europeo è però diffusa la scelta di limitarsi a considerare il solo effetto della temperatura. Tale scelta è giustificata sia da ragioni di semplicità, sia dalla mancanza di serie storiche sufficientemente profonde di altri parametri meteo, sia per la difficoltà di disporre di ulteriori grandezze meteorologiche in tempi rapidi e in modo diffuso sul territorio¹⁰.

6.1 Il concetto di “Grado Giorno”

Per evitare di gestire valori negativi delle temperature e per esprimere in modo semplice il concetto di “volume di freddo” in un determinato intervallo di tempo (es. sull'intero inverno), nella pratica operativa le temperature vengono espresse come gradi giorno: i gradi giorno rappresentano il complemento a 18°C della media tra la temperatura massima e minima registrate in un giorno. Se la differenza fra 18°C e la media delle suddette temperature è minore o uguale a zero, i gradi giorno vengono posti uguali a zero. La relazione che calcola i gradi giorno dai valori giornalieri di temperatura è la seguente:

$$\text{Gradi giorno} = \max(0; 18 - (T_{\min} + T_{\max})/2)$$

Si noti che 18°C è la minima temperatura esterna a cui dovrebbe corrispondere una situazione di comfort senza ricorrere all'impiego del riscaldamento.

6.2 Osservatori meteorologici

I valori della temperatura sono rilevati da osservatori meteorologici dislocati sul territorio italiano. Al riguardo, nel definire la metodologia per la previsione del consumo per riscaldamento, occorre risolvere i seguenti problemi:

- la definizione del numero degli osservatori meteorologici in cui vengono rilevate le temperature, anche in relazione alla necessità di garantire una copertura dell'intero territorio nazionale raggiunto dalla distribuzione del gas naturale;
- l'associazione di ciascuna rete di distribuzione del gas all'osservatorio meteorologico che meglio rappresenta le condizioni meteo-climatiche dell'area territoriale servita dalla rete di distribuzione stessa.

Fino al 1985 la distribuzione del gas naturale per usi civili era concentrata intorno alle grandi città che, in molti casi, erano anche sede di osservatori meteorologici di riferimento. Pertanto il primo approccio è stato quello di aggregare i consumi per ambito geografico (regioni). Tale approccio era basato sull'assunzione che il capoluogo di regione potesse essere baricentrico e quindi rappresentativo dei consumi di gas della regione.

¹⁰ Una significativa eccezione a tali considerazioni è costituita dalla metodologia di TRANSCO (UK), che, determinazione della relazione tra situazione climatica e consumo, fa uso anche dell'intensità del vento.

All'inizio degli anni '90, la cospicua penetrazione del metano nel comparto degli usi civili ed il previsto progressivo aumento dei comuni allacciati alla rete dei metanodotti indusse SNAM a studiare un diverso criterio di aggregazione, finalizzato ad individuare "zone climatiche" che, dal punto di vista climatico, fossero sufficientemente omogenee.

Furono individuate 18 stazioni meteorologiche. La scelta fu dettata prevalentemente da motivi pratici, ovvero la facilità di reperimento del dato giornaliero di temperatura, (da giornali quotidiani e cartello meteorologico dell'aeronautica militare), la disponibilità di dati storici degli ultimi 40 anni, la necessità di mantenere inalterate le procedure di archiviazione delle temperature.

Gli osservatori meteo utilizzati sono i seguenti:

1. Torino Caselle
2. Milano Linate
3. Bolzano
4. Venezia Tessera
5. Trieste
6. Genova
7. Bologna Borgo Panigale
8. Firenze Peretola
9. Perugia Sant'Egidio
10. Ancona Falconara
11. Roma Fiumicino
12. Pescara
13. Campobasso
14. Napoli Capodichino
15. Bari Palese
16. Potenza
17. Reggio Calabria
18. Catania Fontanarossa

6.3 Suddivisione della penisola in "zone climatiche"

Con la progressiva estensione della rete di distribuzione del gas ci si rese conto che l'assunzione di considerare il capoluogo di una regione baricentrico rispetto ai consumi di gas di quella regione non era più valida. Ad esempio la temperatura di Genova non è rappresentativa di quella dei comuni dell'entroterra ligure, la temperatura di Trieste non lo è per quella di Tarvisio, la temperatura di Milano non lo è per quella delle valli bergamasche, la temperatura di Roma non lo è per quella della provincia di Rieti e così via.

Sulla base di uno studio dell'Aeronautica, ripreso successivamente da Snamprogetti, che divideva il territorio nazionale in sette macroaree climatiche, SNAM ha svolto al proprio interno un'analisi che ha portato, nel corso del 1995, a definire 18 zone omogenee per influenza climatica, corrispondenti agli osservatori di temperatura scelti.

Ogni zona climatica include le utenze che hanno affinità climatica con il comune in cui è collocato l'osservatorio, sulla base dei seguenti criteri di aggregazione:

- vicinanza tra i valori dei gradi giorno cumulati annuali (per ogni comune sono fissati per legge i gradi giorno annui di riferimento);
- appartenenza ad uno stesso versante (ad esempio ad est o a ovest della dorsale appenninica);

- omogeneità di altitudine sul livello del mare.

La zona climatica costituisce un livello intermedio di aggregazione (più ampio della singola rete di distribuzione, più ristretto del consumo nazionale) sul quale calcolare il fabbisogno di modulazione.

7 PROCEDIMENTO PER LA PREVISIONE DEL CONSUMO DEI CLIENTI CONTEMPLATI DI UNA RETE DI DISTRIBUZIONE

Nel presente capitolo si illustra il procedimento per la previsione del consumo dei clienti contemplati in condizioni meteorologiche rigide, su un perimetro territoriale costituito da una singola rete di distribuzione o da un pool di REMI.

Il procedimento si articola in tre fasi:

1. Calcolo dei coefficienti di ripartizione dei consumi a livello di rete di distribuzione e zona climatica nonché, a livello di singola rete di distribuzione, i coefficienti di ripartizione tra consumo dei clienti contemplati e non contemplati. I coefficienti sono determinati a partire da dati storici mensili di consumo relativi a un anno recente (preferibilmente l'ultimo), disponibili al massimo livello di dettaglio geografico (rete di distribuzione) e ripartiti per tipologia di cliente. Su tali dati si applica il procedimento di tipo "bottom-up" descritto al par. 7.1.
2. Valutazione della previsione del consumo nazionale relativo ad un inverno con condizioni meteorologiche rigide con frequenza ventennale. Le metodologie per la previsione del consumo in un inverno con condizioni meteorologiche rigide sono discusse ai capitoli 9 e 10.
3. Ripartizione della previsione di cui al punto precedente sulle reti di distribuzione (o pool di REMI), con lo scopo di determinare la previsione del consumo dei clienti contemplati a livello di singola rete di distribuzione (o pool di reti). La ripartizione viene effettuata sulla base dei coefficienti di ripartizione determinati al passo 1, applicando il procedimento di tipo "top down" descritto al par. 7.2.

7.1 Determinazione dei coefficienti di ripartizione dei consumi

I coefficienti di ripartizione dei consumi calcolati in questa fase riguardano:

- * Per ciascuna rete di rete di distribuzione i :
 - rapporto tra consumo di base dei clienti contemplati allacciati alla rete di distribuzione i e consumo di base di tutte le tipologie di clienti allacciati alla stessa rete;
 - rapporto tra consumo per riscaldamento dei clienti contemplati allacciati alla rete di distribuzione i e consumo per riscaldamento di tutte le tipologie di clienti allacciati alla stessa rete;
 - rapporto tra il consumo di base di tutte le tipologie di clienti allacciati alla rete di distribuzione i e il consumo di base di tutte le tipologie di clienti della zona climatica z a cui appartiene la rete i ;
 - rapporto tra il consumo per riscaldamento di tutte le tipologie di clienti allacciati alla rete di distribuzione i e il consumo per riscaldamento di tutte le tipologie di clienti della zona climatica z a cui appartiene la rete i ;
- * per ciascuna zona climatica:
 - rapporto tra il consumo di base di tutte le tipologie di clienti appartenenti alla zona climatica z e il consumo di base di tutte le tipologie di clienti a livello nazionale;
 - rapporto tra il consumo di base di tutte le tipologie di clienti appartenenti alla zona climatica z e il consumo di base di tutte le tipologie di clienti a livello nazionale.

I suddetti coefficienti vengono determinati tramite un procedimento “bottom-up”, che assume la disponibilità di dati storici mensili di consumo relativi a un anno recente, disponibili al massimo livello di dettaglio geografico (rete di distribuzione), ripartiti tra clienti contemplati e clienti non contemplati. La situazione ideale è disporre dei dati dell’ultimo inverno.

Nel procedimento descritto nei paragrafi seguenti si assume che il consumo di gas dei clienti contemplati allacciati alla rete di distribuzione i sia determinato per via indiretta, sottraendo dal consumo complessivo della rete il consumo dei clienti non contemplati (che invece è misurato). L’assunzione è motivata dalla mancanza di misure sufficientemente dettagliate (con frequenza almeno mensile) dei consumi dei clienti contemplati. Tali misure sono invece normalmente disponibili per i clienti non contemplati, anche se non sempre di facile reperimento. Nel seguito si ipotizza che i distributori possano mettere a disposizione i dati di consumo mensili, per l’anno prefissato, dei clienti non contemplati allacciati a ciascuna rete. Qualora tali dati non fossero disponibili, un valore approssimato dei coefficienti di ripartizione tra consumo dei clienti contemplati e consumo di tutti i clienti è calcolato tramite la procedura semplificata descritta al par. 7.1.3.1.

7.1.1 Consumo di base di tutte le tipologie di clienti di una rete di distribuzione

Sulla base dati di consumo (a disposizione del distributore) dei mesi di giugno e settembre relativi a tutte le tipologie di clienti allacciati alla rete di distribuzione i , si determina b_i , il consumo di base mensile di tutte le tipologie di clienti allacciati alla rete di distribuzione i .

7.1.2 Consumo per riscaldamento di tutte le tipologie di clienti di una rete di distribuzione

A partire dai dati di consumo complessivo e di base di tutte le tipologie di clienti allacciati alla rete di distribuzione i , si calcola, per differenza, il consumo per riscaldamento di tutte le tipologie di clienti di quella rete:

$$r_i = C_i - 4 * b_i$$

dove:

r_i : consumo per riscaldamento nel periodo di punta stagionale di tutte le tipologie di clienti allacciati alla rete di distribuzione i

C_i : consumo totale nel periodo di punta stagionale di tutte le tipologie di clienti allacciati alla rete di distribuzione i . Dato supposto noto dalle misure a disposizione del distributore.

b_i : consumo di base mensile di tutte le tipologie di clienti allacciati alla rete di distribuzione i . Dato supposto noto dalle misure a disposizione del distributore.

Se $4 * b_i$ è superiore a C_i il profilo del prelievo di tutte le tipologie di clienti allacciati della rete di distribuzione è considerato anomalo e la rete viene esclusa dalle successive elaborazioni

7.1.3 Consumo di base e consumo per riscaldamento dei clienti non contemplati di una rete di distribuzione

Supponendo di disporre dei valori mensili di consumo totale dei clienti non contemplati allacciati alla rete di distribuzione i , è possibile determinare il consumo di base di tale tipologia di clienti, e quindi, per differenza dal consumo totale, il loro consumo per riscaldamento, ovvero:

$$r_{i\ nc} = C_{i\ nc} - 4 * b_{i\ nc}$$

dove:

$r_{i\ nc}$: consumo per riscaldamento nel periodo di punta stagionale dei clienti non contemplati allacciati alla rete di distribuzione i .

$C_{i\ nc}$: consumo totale nel periodo di punta stagionale dei clienti non contemplati allacciati alla rete di distribuzione i . Dato supposto noto dalle misure a disposizione del distributore.

$b_{i\ nc}$: consumo di base dei clienti non contemplati allacciati alla rete di distribuzione i . Dato supposto noto dalle misure a disposizione del distributore (in particolare dai valori di consumo dei mesi di giugno e settembre)

Se $4 * b_{i\ nc}$ è superiore a $C_{i\ nc}$ il profilo del prelievo dei consumi dei clienti non contemplati della rete di distribuzione è anomalo e per tale rete non verranno calcolate le punte di consumo per i clienti contemplati.

7.1.3.1 Calcolo della ripartizione tra consumo di base e consumo per riscaldamento dei clienti non contemplati in assenza di dati mensili

Qualora non fossero disponibili i dati di consumo mensile dei clienti non contemplati allacciati alla rete di distribuzione i , i consumi $C_{i\ nc}$ e $b_{i\ nc}$ di cui sopra possono essere ugualmente stimati tramite il seguente procedimento:

- Si suppone di disporre del valore di consumo annuo delle seguenti tipologie clienti:
 - Consumo di tutte le tipologie di clienti allacciati alla rete di distribuzione i
 - Consumo dei clienti non contemplati allacciati alla rete di distribuzione i

Si noti che è indispensabile che i suddetti consumi siano tra loro coerenti, cioè si riferiscano al medesimo anno (preferibilmente l'ultimo).

- Sulla base dei valori di consumo di cui al punto precedente si calcola, per ciascuna rete di distribuzione i , la frazione del consumo annuo dei clienti contemplati rispetto al consumo annuo di tutte le tipologie di clienti allacciati alla rete.

$c_iu_{i\ c}$: frazione del consumo annuo totale dei clienti contemplati rispetto al consumo annuo totale di tutte le tipologie di clienti connessi alla rete i .

- Sfruttando la frazione del consumo annuo dei clienti contemplati calcolata al passo precedente, si determina il valore di $C_{i\ nc}$ (consumo totale dei clienti non contemplati allacciati alla rete di distribuzione i) tramite la seguente relazione:

$$C_{i\ nc} = c_{iu_{i\ c}} * C_i$$

- Per ripartire tra consumo di base e consumo per riscaldamento il consumo dei clienti non contemplati calcolato al passo precedente, si fa riferimento a dati disponibili, quali ad esempio:
 - il profilo mensile a livello di pool del consumo dei clienti contemplati e del consumo di tutte le tipologie di clienti, relativi ad uno stesso anno (preferibilmente l'ultimo);
 - i consumi mensili d'area geografica dei clienti non contemplati appartenenti a quell'area.

Da tali dati si profila mensilmente il consumo annuo $C_{i\ nc}$ e si calcola il consumo di base $b_{i\ nc}$ dei clienti non contemplati allacciati alla rete i . Se il valore di $b_{i\ nc}$ è maggiore b_i allora il profilo aggregato non è adeguato a modellare i consumi dei clienti non contemplati allacciati alla rete i e per tale rete non vengono calcolate le punte di consumo per i clienti contemplati.

- Noti $b_{i\ nc}$ e $C_{i\ nc}$ si calcola, mediante la relazione di cui al par. 7.1.3, il valore di $r_{i\ nc}$.

7.1.4 Calcolo del consumo di base dei clienti contemplati di una rete di distribuzione

A partire dal consumo di base di tutte le tipologie dei clienti e dal consumo di base dei soli clienti non contemplati allacciati alla rete di distribuzione i , viene determinato, per differenza, il consumo di base dei clienti contemplati, tramite la seguente relazione:

$$b_{i\ c} = b_i - b_{i\ nc}$$

dove:

$b_{i\ c}$: consumo di base dei clienti contemplati allacciati alla rete di distribuzione i

b_i : consumo di base di tutti i clienti allacciati alla rete di distribuzione i . Dato supposto noto dalle misure a disposizione del distributore.

$b_{i\ nc}$: consumo di base dei clienti non contemplati allacciati alla rete di distribuzione i . Dato supposto noto dalle misure a disposizione del distributore o mediante la procedura descritta al par.7.1.3.1.

Se il valore di $b_{i\ nc}$ è maggiore di b_i allora per tale rete non vengono calcolate le punte di consumo per i clienti contemplati.

Successivamente si calcola la frazione del consumo di base dei clienti contemplati rispetto al consumo di base di tutte le tipologie di clienti connessi alla stessa rete di distribuzione i , tramite la seguente relazione:

$$b_{iu_{i\ c}} = \frac{b_{i\ c}}{b_i}$$

7.1.5 Calcolo del consumo per riscaldamento dei clienti contemplati di una rete di distribuzione

Nota il consumo per riscaldamento di tutte le tipologie di clienti allacciati alla rete i (cfr. par. 7.1.2) e il consumo per riscaldamento dei soli clienti non contemplati allacciati alla stessa rete (cfr. par. 7.1.3), si calcola per differenza il consumo per riscaldamento dei clienti contemplati della rete:

$$r_{i\ c} = r_i - r_{i\ nc}$$

dove:

$r_{i\ c}$: consumo per riscaldamento nel periodo di punta stagionale dei clienti contemplati allacciati alla rete di distribuzione i

r_i : consumo per riscaldamento nel periodo di punta stagionale di tutte le tipologie di clienti allacciati alla rete di distribuzione i . Calcolato mediante la formula di cui al par. 7.1.2

$r_{i\ nc}$: consumo per riscaldamento nel periodo di punta stagionale dei clienti non contemplati allacciati alla rete di distribuzione i . Tale dato è calcolato mediante la formula di cui al par. 7.1.3)

Se il valore di $r_{i\ nc}$ è maggiore di r_i allora per tale rete non vengono calcolate le punte di consumo per i clienti contemplati.

Successivamente si calcola la frazione del consumo per riscaldamento dei clienti contemplati della rete di distribuzione i rispetto al consumo per riscaldamento di tutte le tipologie di clienti connessi alla stessa rete:

$$r_{-iu_{i\ c}} = \frac{r_{i\ c}}{r_i}$$

dove:

$r_{-iu_{i\ c}}$: frazione del consumo per riscaldamento dei clienti contemplati rispetto al consumo per riscaldamento di tutte le tipologie di clienti connessi alla rete i

7.1.6 Estensione alla zona climatica

Estendendo il procedimento illustrato nei paragrafi precedenti a tutte le reti di distribuzione appartenenti una data zona climatica Z , si ottiene, rispettivamente, la stima del consumo di base e per riscaldamento di tutte le tipologie di clienti di quella la zona climatica, secondo la formula seguente:

$$r_Z = \sum_{i=1}^N r_i \quad \text{e} \quad b_Z = \sum_{i=1}^N b_i$$

dove:

r_z : consumo per riscaldamento nel periodo di punta stagionale di tutte le tipologie di clienti allacciati alle reti di distribuzione (N : numero di reti della zona climatica) appartenenti alla zona climatica z

r_i : consumo per riscaldamento nel periodo di punta stagionale di tutte le tipologie di clienti allacciati alla rete di distribuzione i appartenente alla zona climatica z

b_z : consumo di base di tutte le tipologie di clienti allacciati alle reti di distribuzione appartenenti alla zona climatica z

b_i : consumo di base di tutte le tipologie di clienti allacciati alla rete di distribuzione i appartenente alla zona climatica z

Infine si determina il contributo fornito da ciascuna rete di distribuzione al consumo per riscaldamento e di base di tutte le tipologie di clienti appartenenti ad una data zona climatica z .

$$r_{-zu_i} = \frac{r_i}{r_z} \quad \text{e} \quad b_{-zu_i} = \frac{b_i}{b_z}$$

dove:

r_{-zu_i} : frazione del consumo per riscaldamento di tutte le tipologie di clienti allacciati alla rete di distribuzione i , rispetto al consumo per riscaldamento dei clienti della zona climatica Z a cui la rete di distribuzione i appartiene.

b_{-zu_i} : frazione del consumo di base di tutte le tipologie di clienti allacciati alla rete di distribuzione i , rispetto al consumo di base dei clienti della zona climatica Z a cui la rete di distribuzione i appartiene.

7.1.7 Estensione a livello nazionale

La frazione del consumo per riscaldamento di ciascuna zona climatica rispetto al consumo per riscaldamento a livello nazionale viene determinata tramite la seguente relazione:

$$r_{-nu_z} = \frac{tmed_z * g_z^{inv}}{\sum_{z=1}^{18} tmed_z * g_z^{inv}}$$

dove:

r_{-nu_z} : frazione del consumo per riscaldamento di tutte le tipologie di clienti della zona climatica z , rispetto al consumo per riscaldamento a livello nazionale

$tmed_z$: valore medio storico dei gradi giorno della zona climatica z relativi al periodo invernale

g_n^{inv} : gradiente del consumo per riscaldamento rilevato nell'ultimo inverno inv nella zona climatica z . Il gradiente è pari al rapporto tra il consumo per riscaldamento nel periodo invernale di tutte le tipologie di clienti allacciati alle reti della zona z (grandezza r_z) e i gradi giorno della zona z relativi al periodo invernale.

Si noti che per il calcolo del coefficiente r_{nu_z} si è fatto ricorso alle temperature medie e ai gradienti dell'ultimo inverno piuttosto che direttamente ai consumi per riscaldamento dell'ultimo inverno per evitare che il risultato sia influenzato dalla specifica distribuzione della temperatura tra le zone relative all'ultimo anno.

Per quanto riguarda la frazione del consumo di base di ciascuna zona climatica rispetto al consumo di base a livello nazionale, essa si determina tramite la seguente relazione:

$$b_{nu_z} = \frac{b_z}{\sum_{z=1}^{18} b_z}$$

dove:

b_{nu_z} : frazione del consumo di base di tutte le tipologie di clienti della zona climatica, rispetto al consumo per riscaldamento a livello nazionale

7.2 Ripartizione dei consumi previsti a livello aggregato

Nel presente capitolo si descrive il procedimento per ripartire una previsione di consumo a livello aggregato (es. intera nazione) nelle articolazioni geografiche (es. zone climatiche) che compongono l'aggregato stesso.

Tramite un approccio di tipo "top down" il valore di consumo previsto a livello di intera nazione (sia consumo di base, sia consumo per riscaldamento) viene ripartito tramite il seguente procedimento:

1. dapprima il consumo nazionale viene ripartito per ciascuna zona climatica in cui si articola il territorio nazionale (18 zone nella nostra rappresentazione);
2. successivamente il consumo di ciascuna zona climatica viene ripartito per ciascuna rete di distribuzione appartenente alla zona climatica;
3. infine il consumo previsto per ciascuna rete di distribuzione viene ripartito tra consumo dei clienti contemplati e consumo dei clienti non contemplati.

Il suddetto processo si avvale dei coefficienti di ripartizione calcolati con la metodologia "bottom up" descritta al cap. 7.1.

Mediante il procedimento sopra descritto si ottiene una stima sufficientemente accurata del consumo per riscaldamento dei clienti contemplati allacciati a ciascuna rete di distribuzione, a partire da dati previsivi di consumo a livello nazionale. L'approccio proposto garantisce un duplice vantaggio:

- Operare a livello di consumo nazionale garantisce maggior robustezza al processo di previsione in quanto, facendo riferimento ad un perimetro di utenza più ampio, si ottengono previsioni più stabili e meno sensibili alle variazioni introdotte da eventi che riguardano una specifica rete di distribuzione o zona meteorologica.
- Il processo per la determinazione del consumo per singolo comune in condizioni meteorologiche rigide è più rapido in quanto si effettua solo la previsione del consumo nazionale (cioè il calcolo della variabile rp_z viene eseguito una sola volta) mentre i consumi previsti su base locale vengono derivati dalla precedente previsione attraverso l'applicazione dei coefficienti di ripartizione.

Si noti che nel suddetto processo si assume implicitamente che, relativamente alla previsione di consumo in condizioni meteorologiche rigide (es. consumo di un inverno rigido con frequenza ventennale), il picco di consumo sia contemporaneo su tutto il territorio nazionale.

7.2.1 Ripartizione del consumo previsto nazionale sulle zone climatiche

Siano r_{pn} e b_{pn} i valori di previsione di consumo per riscaldamento e di base a livello nazionale di tutte le tipologie di clienti (la metodologia per la previsione del valore di picco giornaliero/stagionale del consumo per riscaldamento viene presentata al par. 10).

Il valore previsto di consumo per riscaldamento e di base relativo a tutte le tipologie di clienti appartenenti alla zona climatica z viene calcolato dai suddetti valori applicando le seguenti relazioni:

$$r_{p_z} = r_{nu_z} * r_{pn}$$

$$b_{p_z} = b_{nu_z} * b_{pn}$$

7.2.2 Ripartizione del consumo previsto di una zona climatica sulle reti di distribuzione

Il valore previsto di consumo per riscaldamento e di base relativo a tutte le tipologie di clienti appartenenti alla rete di distribuzione i viene calcolato a partire dai coefficienti determinati al paragrafo precedente applicando le seguenti relazioni:

$$r_{p_i} = r_{zu_i} * r_{p_z}$$

$$b_{p_i} = b_{zu_i} * b_{p_z}$$

7.2.3 Ripartizione del consumo previsto di una rete di distribuzione sui clienti contemplati

Dal valore previsto del consumo per riscaldamento e di base relativo a tutte le tipologie di clienti appartenenti alla rete di distribuzione i viene infine calcolato il consumo di base e per riscaldamento dei soli clienti contemplati, tramite le seguenti relazioni:

$$r_{p_{i_c}} = r_{iu_{i_c}} * r_{p_i}$$

$$b_{p_{i_c}} = b_{iu_{i_c}} * b_{p_i}$$

8 RELAZIONE TRA TEMPERATURA E IL CONSUMO NAZIONALE PER RISCALDAMENTO

Nel capitolo precedente si è ipotizzato di eseguire le previsioni di consumo direttamente a livello nazionale (cioè effettuando una sola previsione) per poi ripartire la previsione così calcolata sulle singole zone climatiche per ottenere il consumo di queste ultime; e infine di ripartire la previsione di ciascuna zona climatica sulle singole reti di distribuzione incluse nella zona.

Per operare secondo il suddetto approccio è necessario determinare una relazione diretta tra un valore di temperatura significativo per l'intero territorio nazionale e il consumo nazionale per riscaldamento, inteso come la somma dei consumi rilevati nelle singole zone climatiche. Di seguito si illustra la soluzione adottata per definire un valore di temperatura nazionale sulla base delle temperature delle singole zone climatiche e dei consumi per riscaldamento di ciascuna zona nell'ultimo anno. Successivamente tale temperatura viene correlata con il consumo.

8.1 Temperatura nazionale

Come grandezza indicativa della temperatura giornaliera nazionale (definita "temperatura Italia") espressa in gradi giorno, ai fini della correlazione di tale grandezza con il consumo per riscaldamento relativo all'intero territorio nazionale, viene utilizzata una combinazione lineare dei gradi giorno giornalieri negli osservatori associati a ciascuna zona climatica, pesati per il gradiente del consumo mensile¹¹ della rispettiva zona:

$$t_{Italia}^m = \sum_{z=1}^{18} a_z^m * t_z^m$$

con

$$a_z^m = \frac{g_z^{m,inv}}{\sum_{z=1}^{18} g_z^{m,inv}}$$

dove:

t_{Italia}^m : valore nazionale giornaliero dei gradi giorno, relativo ad una giornata del mese invernale m

t_z^m : valore giornaliero dei gradi giorno relativo ad una giornata del mese invernale m rilevato nell'osservatorio associato alla zona climatica z . La giornata a cui si fa riferimento deve essere la stessa in tutte le zone.

a_z^m : peso associato ai gradi giorno relativi ad una giornata del mese invernale m , rilevati nell'osservatorio associato alla zona climatica z , nella determinazione di t_{Italia}^m . Tale peso viene calcolato sulla base dei gradienti mensili di ciascuna zona climatica

$g_z^{m,inv}$: gradiente del consumo per riscaldamento rilevato nel mese m dell'ultimo inverno inv nella zona climatica z

¹¹ Il gradiente del consumo è il rapporto tra la somma dei consumi in un dato periodo di tempo e la somma dei gradi giorno nello stesso periodo di tempo. Nel caso in questione il periodo di tempo corrisponde al mese.

La suddetta formula consente di calcolare la serie storica della temperatura Italia. Essa avrà la stessa profondità storica delle serie dei gradi giorno delle zone climatiche utilizzate nella formula.

8.2 Relazione tra temperatura nazionale e consumo nazionale per riscaldamento

Disponendo della serie storica dei gradi giorno della temperatura Italia, è possibile determinare una relazione tra tale serie e la serie storica del consumo nazionale per riscaldamento:

$$r_{Italia} = F(t_{Italia})$$

La suddetta relazione è in tutto simile a quella tra consumo per riscaldamento in una zona climatica e la temperatura rilevata dall'osservatorio di quella zona climatica. Sulla base di tale relazione sarà possibile definire la previsione del consumo nazionale per riscaldamento tramite la metodologia descritta al cap. 10.

9 METODOLOGIE PER LA PREVISIONE DEL CONSUMO NAZIONALE PER RISCALDAMENTO

9.1 Introduzione

Per rendere possibile l'applicazione del processo di previsione del consumo dei clienti contemplati per ciascuna rete di distribuzione (o pool di reti) descritto al capitolo precedente, occorre determinare la previsione di consumo nazionale per tutte le tipologie di clienti, in un inverno con condizioni meteo-climatiche rigide con frequenza ventennale.

A questo scopo lo studio propone una metodologia di previsione che è stata selezionata sulla base dall'analisi di alcune metodologie di previsione dei consumi di gas per uso civile descritte in letteratura, tra le quali:

- La metodologia adottata da National Grid Transco (UK)¹².
- La metodologia tradizionalmente adottata da SNAM per la previsione dei consumi per riscaldamento in condizioni climatiche critiche, e recentemente ereditata da Snam Rete Gas per la valutazioni delle criticità degli approvvigionamenti¹³;
- La metodologia proposta dall'Università Bicocca di Milano¹⁴, per ovviare ad alcune criticità riscontrate nella metodologia di SNAM

Va evidenziato che alcune delle suddette metodologie affrontano più in generale il problema di gestione del rischio termico nei consumi. Non sempre nel trattare questo problema si fa riferimento ai concetti di consumo di punta stagionale e consumo di punta giornaliera per condizioni meteo-climatiche rigide, come definiti nel decreto legislativo n. 164/00. Pertanto le metodologie analizzate non sempre offrono una copertura completa dei concetti introdotti nei capitoli precedenti.

Le metodologie analizzate si basano sulla disponibilità dei seguenti dati:

- Serie storica di valori giornalieri di temperatura (o di grandezze meteo-climatiche correlate, quali i gradi giorno) relative al periodo invernale dell'area geografica su cui si esegue la previsione. La profondità della serie storica dipende dalla frequenza del fenomeno che si vuole analizzare: nel caso in questione, dovendo valutare un evento che ha frequenza di accadimento "1 su 20 anni", la serie include almeno 40 anni di dati. Si noti peraltro che serie molto lunghe sono più significative da un punto di vista statistico in quanto presentano un numero sufficiente di valori "estremi"; d'altro canto possono più difficilmente essere supposte stazionarie, ad esempio per la presenza di un trend di innalzamento della temperatura¹⁵.

¹² La metodologia è stata analizzata sulla base delle informazioni contenute nel documento "Gas demand forecasting methodology" pubblicato in <http://www.transco.co.uk/>

¹³ La metodologia è stata analizzata sulla base delle informazioni contenute nei seguenti documenti messi a disposizione da Snam Rete Gas (SRG):

- "Nota sulla metodologia di calcolo del fabbisogno civile termico"
- "Criteri per la determinazione del volume normalizzato e della punta eccezionale per gli impianti di distribuzione"

¹⁴ Il metodo è stato analizzato sulla base del contenuto del documento "Analisi Statistica dei dati di temperatura" - Settembre 2004, prodotto dall'Università Bicocca di Milano e fornito da SRG

¹⁵ Al cap. 13 si propone una metodologia per quantificare l'impatto del trend di innalzamento della temperatura manifestatisi negli ultimi decenni, e per depurare le serie di temperatura da tale trend.

- Disponibilità di serie storiche relative ai consumi giornalieri per riscaldamento, relative dell'area geografica su cui si esegue la previsione. Le serie storiche in questione sono molto meno profonde di quelle delle temperature. Infatti, negli anni le utenze di gas metano per uso riscaldamento si modificano (in generale aumentano), quindi non ha senso riferirsi a dati di consumo troppo vecchi. Pertanto si fa riferimento ai dati dell'ultimo anno o al più degli ultimi 3 anni.

▪

9.2 Classificazione delle metodologie analizzate

Per analizzare in modo estensivo e comparato le diverse metodologie di previsione del consumo per riscaldamento, sono state individuate le due seguenti funzionalità di base, riscontrabili – ancorché con implementazioni e articolazioni differenti - in tutte le metodologie analizzate:

- **Definizione della relazione tra Gradi Giorno e consumo per riscaldamento.** Si tratta della funzionalità che permette di definire la relazione tra la situazione meteorologica dei giorni invernali e i consumi per riscaldamento in tali giorni. La relazione viene definita sulla base dei valori di temperatura e dei consumi per riscaldamento degli ultimi 1 – 4 anni
- **Analisi statistica per la determinazione dei valori in condizioni meteorologiche rigide.** Si tratta delle funzionalità che, analizzando le serie storiche a disposizione (a seconda delle metodologie considerate le serie storiche possono riguardare temperature o consumi), individuano, tramite opportune analisi statistiche, i valori “estremi” delle serie (es. valore 1 su 20 anni)

Mediante le funzionalità generiche introdotte è possibile definire due differenti metodi generalizzati di processo di previsione, ai quali possono essere ricondotte le specifiche metodologie analizzate. Di seguito vengono illustrati i due metodi generalizzati.

9.2.1 Metodo basato su analisi statistica applicata ai dati di consumo (metodo “di risimulazione”)

A questo metodo si riconduce l'approccio adottato da National Grid Transco. Il metodo di risimulazione è schematizzato nel diagramma di Figura 9.1, che include i seguenti blocchi funzionali:

1. **Definizione della relazione tra Gradi Giorno e consumo giornaliero.** La relazione tra gradi giorno e consumo consente di determinare, dato il valore dei gradi giorno relativo a un qualsiasi giorno dell'inverno, il corrispondente valore di consumo giornaliero per riscaldamento. Lo schema prevede che la relazione sia applicabile a livello giornaliero. Pertanto essa deve essere sufficientemente “dettagliata” da consentire una buona precisione sull'intervallo di valori assunto dalla variabile di ingresso “gradi giorno giornalieri”. Inoltre, per aumentare la precisione richiesta, nel definire la relazione tra gradi giorno giornalieri e consumo si terrà conto anche:
 - del periodo dell'inverno (es. mesi freddi – gennaio, febbraio – mesi di inizio/fine inverno) a cui si riferisce il valore di gradi giorno giornalieri;
 - del giorno della settimana (giorni lavorativi, giorni di fine settimana).

La relazione in questione viene determinata applicando regressioni che correlano le variabili indipendenti sopra elencate con i consumi di gas rilevati. Come detto in precedenza, la relazione viene creata limitandosi ai dati degli ultimi inverni (1 – 4), per evitare che essa risenta della diversa penetrazione negli anni dell'impiego del gas naturale a fini di riscaldamento.

2. **Calcolo serie storica dei consumi giornalieri.** Utilizzando la relazione tra gradi giorno giornalieri e consumo determinata al punto precedente è possibile ottenere la serie storica dei consumi giornalieri stimati per riscaldamento, relativi all'intero periodo per cui sono disponibili le serie giornalieri di temperatura (indicativamente 40 anni). Tale stima è calcolata applicando la suddetta correlazione

alla serie storica dei gradi giorno giornalieri. In tal modo si ottiene una corrispondente serie storica di consumi giornalieri stimati per riscaldamento (serie storica di consumi “risimulati”). Poiché la definizione della relazione tra gradi giorno giornalieri e consumo è determinata facendo uso dei dati degli ultimi inverni, la serie storica dei consumi giornalieri stimati ottenuta in questo passo è da considerarsi aggiornata alla situazione corrente di penetrazione del gas naturale per riscaldamento.

- Analisi statistica su serie storica dei consumi giornalieri risimulati, per determinazione dei consumi in condizioni rigide.** L’analisi statistica in questione viene eseguita sulla serie storica dei consumi risimulati, ottenuta come risultato del precedente passo 2. Lo scopo dell’analisi statistica è la determinazione dei valori “estremi” dei consumi su differenti orizzonti temporali (es. consumi relativi al periodo di punta stagionale riferiti a un inverno rigido con frequenza ventennale, consumi relativi al periodo di punta giornaliero, riferiti ad un giorno rigido con frequenza ventennale).

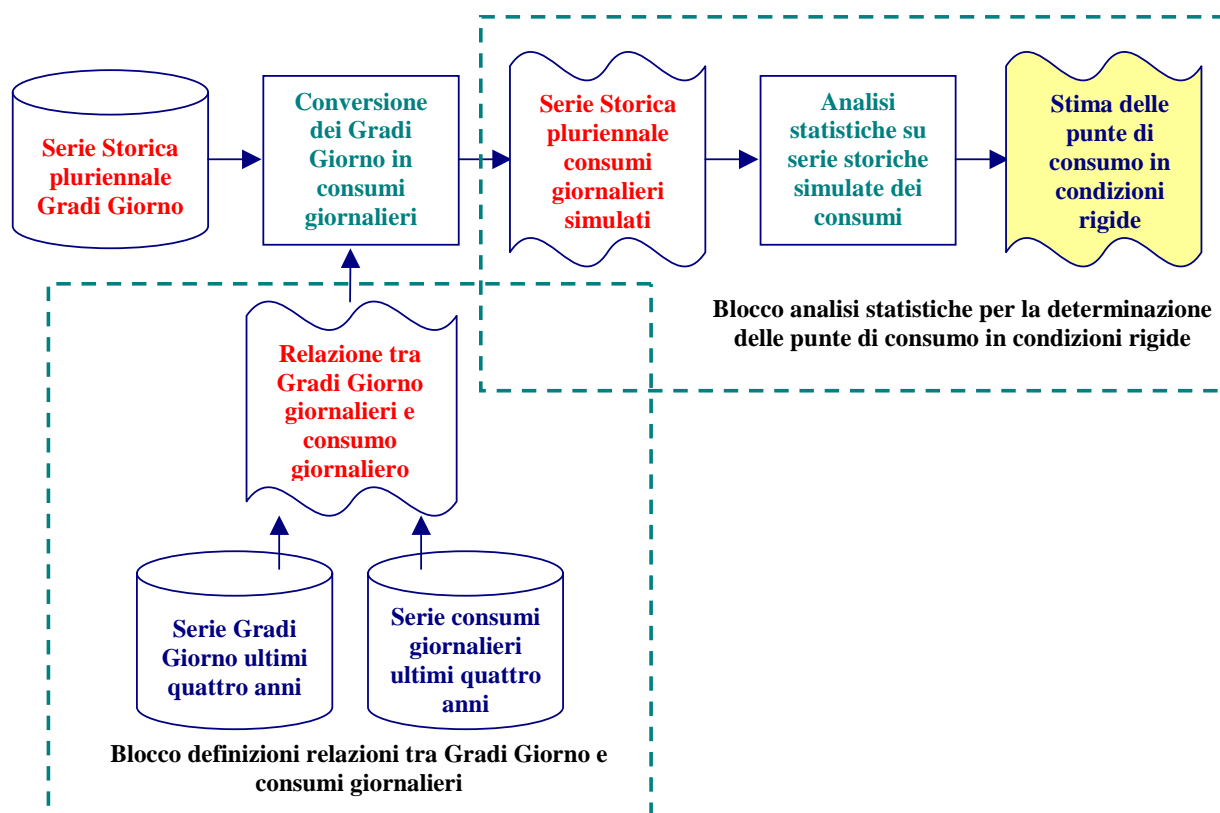


Figura 9.1 – Schema del metodo basato su risimulazione

9.2.2 Metodo basato su analisi statistica applicata ai dati meteorologici (metodo “diretto”)

A questo metodo si riconducono la metodologia SNAM e la sua variante proposta dall’Università Bicocca di Milano. Il metodo diretto è schematizzato nel diagramma a blocchi di Figura 9.2. Esso si differenzia dal metodo di risimulazione in quanto la funzione di analisi statistica per la determinazione dei valori estremi non viene eseguito sui dati di consumo di gas bensì sulle serie dei gradi giorno. Una volta determinati i valori “estremi” di gradi giorno, essi vengono trasformati nei corrispondenti valori di consumo, applicando opportune correlazioni tra gradi giorno e consumi per riscaldamento.

- Analisi statistica su serie storica dei gradi giorno, per determinazione i gradi giorno in condizioni rigide.** L’analisi statistica in questione è eseguita sulle serie storiche dei valori giornalieri di gradi giorno. Essa determina i valori di Gradi Giorno relativi a diversi intervalli temporali (es. gradi giorno relativi al periodo di punta stagionale riferiti a un inverno rigido con

frequenza ventennale cioè il “volume di freddo” relativo al periodo di punta stagionale, oppure i gradi giorno relativi al periodo di punta giornaliero, riferiti ad un giorno rigido con frequenza ventennale)

2. Definizione della relazione tra gradi giorno e consumi. In questo schema la relazione tra gradi giorno e consumo deve essere tale da determinare il valore di consumo di gas corrispondente ad un dato valore di gradi giorno relativo ad una situazione “estrema”. Si noti che tale relazione si deve applicare a valori “estremi” di gradi giorno relativi a differenti intervalli temporali, ad esempio:

- valore dei gradi giorno relativi al periodo di punta stagionale riferiti a un inverno rigido con frequenza ventennale (“volume di freddo” relativo al periodo di punta stagionale);
- valore dei gradi giorno relativi al periodo di punta giornaliera riferiti ad un giorno rigido con frequenza ventennale.

Si noti che i valori dei gradi giorno nei due casi suddetti sono molto diversi tra loro (circa due ordini di grandezza).

Anche in questo caso la correlazione sarà determinata limitandosi ai dati degli ultimi inverni (1 – 4), per evitare che essa risenta della diversa penetrazione negli anni dell’impiego del gas per riscaldamento.

3. Calcolo dei valori di consumo in condizioni rigide. La correlazione determinata al passo precedente viene impiegata per calcolare i consumi corrispondenti ai valori di gradi giorno in condizioni meteorologiche rigide, terminati al passo 1. Poiché la relazione tra gradi giorno e consumo giornaliero è stata ottenuta facendo uso dei dati degli ultimi inverni, i valori ottenuti per i consumi in condizioni meteorologiche rigide sono da considerarsi atualizzati alla situazione corrente di penetrazione del gas naturale per riscaldamento.

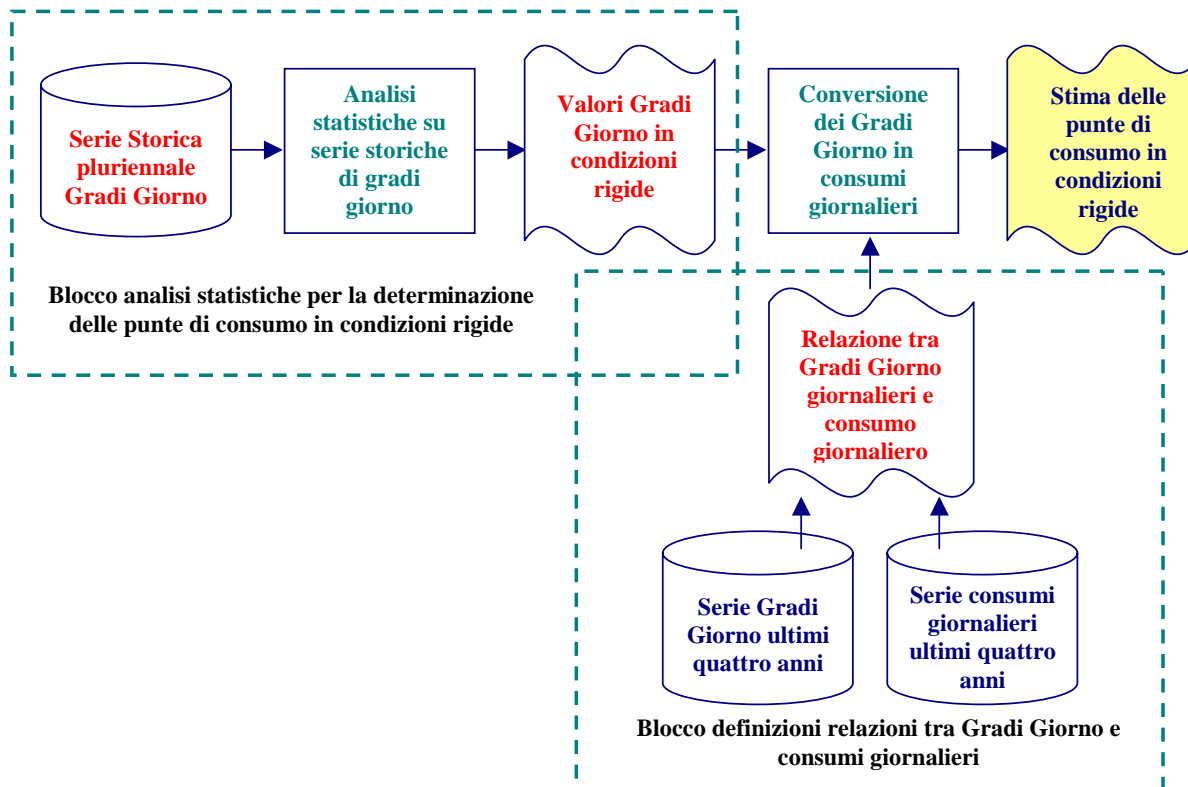


Figura 9.2 – Schema del metodo diretto

9.3 Definizioni della previsione di punta stagionale e punta giornaliera

Nella restante parte del documento vengono utilizzati i seguenti termini

- Punta giornaliera di temperatura: temperatura giornaliera¹⁶ (espressa in gradi giorno) relativa ad un giorno appartenente ad un intervallo temporale predefinito (es., intero inverno, mese di gennaio), caratterizzato da condizione meteorologiche rigide con frequenza ventennale.
- Punta giornaliera di consumo per riscaldamento: consumo di gas per riscaldamento in un giorno¹⁷ appartenente ad un intervallo temporale predefinito (es., intero inverno, mese di gennaio), caratterizzato da condizioni meteorologiche rigide con frequenza ventennale.
- Punta stagionale di volume di freddo (o di temperatura): somma delle temperature giornaliere (esprese in gradi giorno) relative ad un periodo di punta stagionale¹⁸ caratterizzato da condizione meteorologiche rigide con frequenza ventennale.
- Punta stagionale di consumo per riscaldamento: consumo per riscaldamento durante un periodo di punta stagionale caratterizzato da condizione meteorologiche rigide con frequenza ventennale.

Si noti la relazione tra il sopra definito termine di “punta giornaliera” (di temperatura o di consumo per riscaldamento), che rappresenta un valore “target” di temperatura o di consumo per riscaldamento, e il corrispondente termine di “periodo di punta giornaliera” (di temperatura o di consumo per riscaldamento), che indica il periodo temporale (in questo caso 24 ore) a cui si riferisce la temperatura o il consumo per riscaldamento per il quale viene definito il target.

Lo stesso tipo di relazione è presente tra “punta stagionale” (di volume di freddo o di consumo per riscaldamento) e “periodo di punta stagionale”

9.4 Confronto tra i due metodi di previsione

Al fine della scelta della metodologia da adottare per i fini del presente studio, è importante comprendere e valutare, in modo comparativo, vantaggi e svantaggi dei metodi considerati.

Indubbiamente i metodi diretti presentano una maggiore semplicità: per questi, infatti, non è necessario implementare una procedura di simulazione che per sua natura richiede uno sforzo computazionale molto maggiore. D’altro canto, nei metodi diretti la “punta” (sia essa giornaliera o stagionale) di consumo viene determinata semplicemente sulla base della corrispondente “punta” di temperatura, sulla base di una funzione scalare (tipicamente di una funzione lineare). In questo modo non è possibile tenere conto, ad esempio, della autocorrelazione dei consumi, o di effetti legati alla saturazione in condizioni di freddo eccezionale, o semplicemente della distinzione tra giorni lavorativi e giorni feriali.

Nei metodi di simulazione è invece possibile legare il consumo giornaliero a una molteplicità di variabili, quali la temperatura del giorno stesso, la temperatura dei giorni precedenti, la temperatura media storica del giorno in questione, il giorno della settimana a cui il consumo si riferisce. Dal punto di

¹⁶ Piuttosto che alla “temperatura giornaliera”, sarebbe più corretto riferirsi, in accordo con l’articolo 2 punto x del decreto legislativo n. 164/00, alla “temperatura di punta giornaliera”, considerando il “periodo di punta giornaliera” quello che va dalle ore 7 alle ore 22. In realtà, non essendo possibile distinguere il consumo di gas durante il periodo di punta giornaliera dal consumo dell’intera giornata, si assume che il periodo di punta giornaliera coincida con le 24 ore della giornata.

¹⁷ Si veda la nota 16.

¹⁸ Periodo di punta stagionale: periodo che va dal 15/11 al 15/3.

vista modellistico c'è una flessibilità molto maggiore, in quanto le funzioni di trasferimento stimate vengono usate per risimulare valori di consumo sui quali viene poi condotta un'analisi statistica per determinarne le "punte".

Il tradeoff è quindi tra semplicità di implementazione (e l'ottenimento, come risultato intermedio, delle punte giornaliere e stagionali di temperatura, che può avere un interesse in sé) e l'accuratezza modellistica, data da una funzione di trasferimento più accurata, che non trascuri fenomeni rilevanti quali l'autocorrelazione dei consumi e la dipendenza dal giorno della settimana.

I metodi statistici impiegati per la determinazione delle punte sono stati essenzialmente di tipo parametrico, per ovviare alla scarsa numerosità del dataset.

Per la determinazione della punta giornaliera 1 in 20 (definita matematicamente come il 95esimo percentile della distribuzione del massimo consumo giornaliero su un periodo prefissato, corrispondente a un mese o all'intero inverno), si è utilizzata una distribuzione di tipo Generalized Extreme Value (GEV), mentre per la determinazione delle punte stagionali (intese come 95esimo percentile della distribuzione del consumo totale su un periodo prefissato) si è utilizzata una distribuzione normale.

Tali scelte modellistiche sono piuttosto standard nella teoria dei valori estremi, e motivate da risultati asintotici relativi ai massimi e alle somme di variabili casuali.

10 METODOLOGIA PROPOSTA

L'analisi comparata dei due approcci ci ha spinto a preferire un metodo di risimulazione. Si è infatti ritenuto che la semplice conversione delle punte di temperatura in punte di consumo potesse essere troppo semplicistica, trascurando fenomeni di indubbio rilievo, come precedentemente rilevato.

D'altro canto la metodologia seguita da Transco, che viene considerata un riferimento a livello internazionale, segue esattamente questa linea. Ne descriviamo i punti principali prima di passare alle modifiche e agli aggiustamenti che costituiranno la metodologia da noi proposta.

10.1 Metodologia Transco

La metodologia qui presentata è stata sviluppata da National Grid Transco e descritta in maniera dettagliata nel documento "Gas demand forecasting methodology" pubblicato in <http://www.transco.co.uk/>

10.1.1 La modellizzazione della relazione tra variabili meteorologiche e consumo

La variabile meteorologica utilizzata da Transco, denominata "Composite Weather Variable" (CWV), è una combinazione lineare delle seguenti variabili:

- temperatura media e temperatura media del giorno precedente
- temperatura media storica del giorno
- velocità del vento

I coefficienti che determinano i pesi delle varie componenti della CWV vengono rivisti periodicamente al fine di ottimizzare la capacità previsiva dei consumi; vengono inoltre applicati dei cut-off sia quando i valori della variabile siano particolarmente bassi ("cold weather upturn") sia quando siano particolarmente alti ("summer cut-off").

Il modello statistico utilizzato per descrivere la relazione tra consumi e CWV è una regressione lineare con errori autocorrelati (di tipo AR(1)), che viene stimato separatamente sui giorni feriali e sui weekend o festività.

L'utilizzo di un modello con errori autocorrelati è motivato dal fatto che sia le temperature che i consumi presentano un elevato livello di autocorrelazione, rilevato sia graficamente sia attraverso l'esame delle funzioni di autocorrelazione. Questo porta a un elevato livello di autocorrelazione dei residui di una regressione lineare ordinaria, rilevato ad esempio tramite il valore della statistica di Durbin-Watson. In altre parole, è possibile ottenere una previsione più accurata del consumo se oltre alla temperatura del giorno stesso si considerano anche le temperature dei giorni precedenti.

Non si hanno indicazioni dettagliate sul metodo utilizzato nella stima; i metodi usuali sono o di tipo iterativo o basati sulla massima verosimiglianza e non presentano in generale particolari problemi.

I dati utilizzati per la stima sono le coppie (consumi di gas – CWV) relativi agli ultimi 3 anni; più precisamente le stime vengono effettuate separatamente su ciascuno degli ultimi 3 anni e i parametri ottenuti vengono mediati per assicurare maggiore robustezza alla relazione individuata.

Il periodo di tempo triennale viene considerato ottimale da Transco in quanto un periodo più breve potrebbe dare luogo a risultati fortemente dipendenti da circostanze contingenti e quindi difficilmente utilizzabili per la risimulazione di serie lunghe di consumi, mentre un periodo più lungo potrebbe

“mediare” troppo ed essere influenzato da cambiamenti strutturali nella distribuzione del gas (es. metanizzazione di nuove aree).

10.1.2 Costruzione delle serie di consumi risimulati

Sulla base dei parametri del modello di regressione stimato e della serie storica della CWV, lunga all'incirca 75 anni, viene risimulata una serie di 75 anni di ipotetici consumi corrispondenti alle condizioni meteorologiche effettivamente verificatesi.

Il procedimento di risimulazione si articola nelle fasi seguenti:

- viene generata casualmente una serie lunga 75 anni di errori giornalieri autocorrelati secondo un processo di tipo AR(1) che abbia le stesse proprietà statistiche degli errori del modello di regressione osservati sugli ultimi 3 anni
- utilizzando la serie di errori casuali simulati, la serie delle temperature storiche e i parametri del modello stimato sugli ultimi 3 anni, si determina una serie ipotetica di 75 anni di consumi giornalieri risimulati
- al fine di ridurre la variabilità delle grandezze calcolate sulla base delle serie di consumi risimulati, il procedimento viene ripetuto più volte; il risultato finale è poi una media dei risultati ottenuti sulle diverse serie.
- Le grandezze che vengono determinate sulle serie di consumi risimulate sono le seguenti:
 1. lo “1 in 20 peak day”, che corrisponde alla nostra punta giornaliera di consumo (95percentile del massimo consumo giornaliero sull'intero inverno)
 2. la “1 in 50 load duration curve”, che è definita come una curva di durata per cui ogni valore di consumo in ordinata venga superato in media una volta ogni 50 anni.

Contrariamente allo 1 in 20 peak day, che dà informazioni sul consumo del giorno più freddo di un inverno rigido con frequenza ventennale, la 1 in 50 load duration curve dà informazioni sul consumo cumulato dei giorni più freddi, indipendentemente da quando questi si verificano.

Il concetto di “1 in 50 load duration curve” non ha una corrispondenza nel quadro normativo italiano, né nella prassi dei metodi di misurazione del rischio termico tradizionalmente utilizzati in Italia; nel seguito ci limitiamo pertanto alla descrizione delle metodologie seguite per lo “1 in 20 peak day”.

10.1.3 Determinazione dello “1 in 20 peak day”

Per quanto riguarda la determinazione dello 1 in 20 peak day viene utilizzato un metodo parametrico che fa uso della distribuzione Generalized Extreme Values (GEV), di impiego comune per la modellizzazione dei massimi di variabili casuali indipendenti e identicamente distribuiti (per una definizione analitica della distribuzione GEV si veda la sezione 16). Nel nostro caso sia l'indipendenza che la uguaglianza in distribuzione non sono esattamente verificate, ma è possibile ritenere comunque la GEV un buon modello per i massimi annuali dei consumi, come verificato anche dalla bontà di adattamento sulle serie risimulate.

Il procedimento seguito in dettaglio nella metodologia Transco è il seguente:

- 1) da ciascuna serie risimulata si estrae la serie dei 75 massimi di consumo annuo
- 2) su ciascuna di queste serie di 75 massimi risimulati si stimano attraverso il metodo di massima verosimiglianza i parametri di una distribuzione GEV

- 3) per ciascuna serie sulla base dei parametri stimati si calcola il 95esimo percentile teorico della distribuzione GEV
- 4) lo 1 in 20 peak day è una media dei percentili ottenuti sulle varie serie risimulate.

Questo è lo schema sintetico della procedura indicata da Transco, che illustra bene la combinazione della procedura di risimulazione con i metodi parametrici basati sulla stima di una distribuzione GEV. Nel documento tecnico vengono poi illustrate dettagliatamente alcune ulteriori tecniche per la riduzione della varianza (ricongducibili al cosiddetto “metodo della variabile antitetica”) che non modificano i principi fondamentali della metodologia.

10.2 La metodologia proposta

La metodologia proposta dallo studio (denominata anche “metodologia CESI”) si basa sostanzialmente sull’approccio della metodologia di Transco, con alcune modifiche legate alle specificità della situazione italiana.

In primo luogo la metodologia proposta considera anche la punta stagionale di consumo, non prevista nella metodologia inglese. Tale estensione non è particolarmente onerosa in quanto avendo a disposizione un buon numero di serie risimulate, è abbastanza semplice determinare il 95esimo percentile del consumo totale del periodo di punta stagionale.

In secondo luogo si è cercato di affinare il modello lineare di conversione tra variabile meteorologica e consumo giornaliero utilizzato da Transco per tenere conto di non linearità in situazioni di consumi molto elevati (effetto di saturazione); utilizzando come variabile meteorologica la sola temperatura si è cercato di ottimizzare al massimo la funzione di trasferimento.

In terzo luogo, si è proceduto alla determinazione di punte giornaliere su sottoperiodi mensili, ottenendo il “profilo” dei massimi mensili relativi a un inverno rigido con frequenza ventennale.

10.2.1 La modellizzazione della relazione per la conversione da gradi giorno a consumo giornaliero per riscaldamento

La funzione di conversione tra gradi giorno e consumo giornaliero per riscaldamento della metodologia CESI, cerca di cogliere i comportamenti non-lineari evidenziati dall’osservazione delle serie storiche di consumo per riscaldamento e di gradi giorno analizzate, allo scopo di ottenere delle serie risimulate dei consumi quanto più realistiche possibile.

La funzione di conversione tra gradi giorno e consumo giornaliero per riscaldamento è espressa dalla seguente relazione, che è il risultato di molteplici sperimentazioni condotte durante lo studio sui valori giornalieri di temperatura e di consumo a livello italiano degli ultimi 3 anni.

La funzione di conversione tra gradi giorno e consumo giornaliero per riscaldamento è espressa dalla seguente relazione, che è il risultato di molteplici sperimentazioni condotte durante lo studio sui valori giornalieri di temperatura e di consumo a livello italiano degli ultimi 3 anni.

$$CONS(\overline{GG15}, \overline{GG3}) = (CQ2 * \overline{GG15}^2 + CQ1 * \overline{GG15}) + (CC3 * \overline{GG3}^3 + CC2 * \overline{GG3}^2 + CC1 * \overline{GG3}) + CB$$

Dove:

$\overline{GG15}$ = gradi giorno medi degli ultimi 15 giorni

$\overline{GG3}$ = $[GG(G) + 0.5 * GG(G-1) + 0.5 * GG(G-2)]/2$ media pesata dei gradi giorno degli ultimi tre giorni

L'espressione sopra riportata mette in relazione il consumo di un generico giorno G con tre diverse componenti (vedi **Figura 10.1**):

- CB : componente corrispondente al consumo di base, indipendente dalle condizioni climatiche del giorno G .
- CQ : questa componente corrisponde all'espressione $(CQ2 * \overline{GG15}^2 + CQ1 * \overline{GG15})$, cioè una funzione quadratica dipendente dalla temperatura media dei 15 giorni precedenti a G . Essa rappresenta la componente legata all'inerzia della risposta dei consumi per riscaldamento alle condizioni climatiche recenti, ragione per cui nei mesi più freddi, a parità di temperature degli ultimi tre giorni, si registrano consumi giornalieri maggiori rispetto ai mesi mediamente meno freddi.
- CC : questa componente corrisponde alla funzione cubica $(CC3 * \overline{GG3}^3 + CC2 * \overline{GG3}^2 + CC1 * \overline{GG3})$, cioè una funzione dipendente dalla media pesata delle temperature dei 3 giorni precedenti a G . Essa rappresenta la componente legata alla risposta di consumo alle condizioni meteorologiche recenti (percezione del freddo all'interno degli edifici).

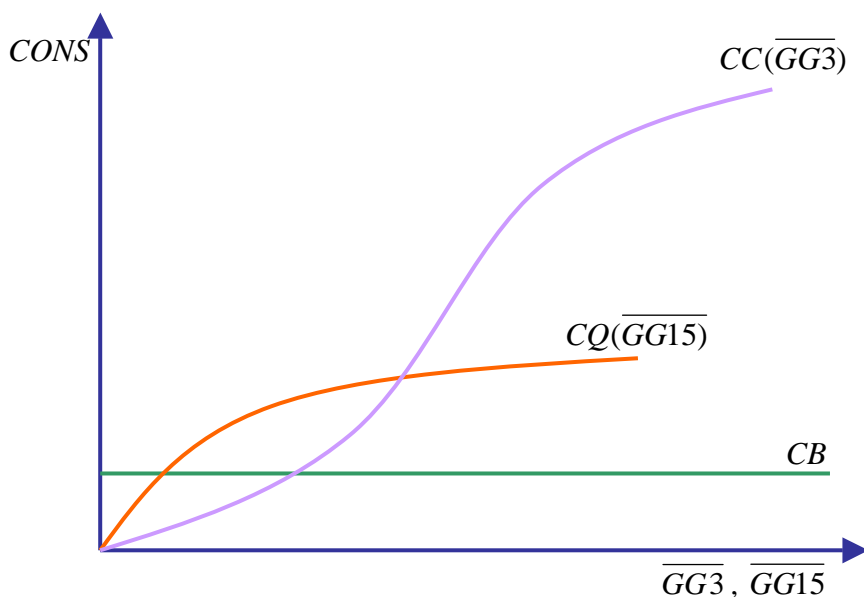


Figura 10.1 – Andamenti delle componenti della funzione di trasferimento.

Si noti che i pesi reali delle diverse componenti rappresentate dalla figura sopra non corrispondono a quelli raffigurati essendo la rappresentazione puramente qualitativa a fini esemplificativi. Per completezza d'informazione riportiamo che, tipicamente, il massimo della componente cubica (CC) corrisponde a circa 4 volte il valore della componente di base (CB) mentre il massimo della componente quadratica (CQ) corrisponde a circa 0,6 volte la componente di base.

I parametri della funzione di trasferimento vengono stimati sulla base dei dati giornalieri di consumo e di gradi giorno degli ultimi tre anni. Il coefficiente CB, che rappresenta il consumo di base, viene

stimato sui valori di consumo dei mesi di giugno e settembre mentre i coefficienti relativi alle componenti CQ e CC sui valori di consumo e di gradi giorno nei mesi compresi tra novembre e marzo.

Il dominio di valori di gradi giorno su cui sono stimate le funzioni CQ e CC è quindi fissato tra zero e un valore prossimo al massimo valore di gradi giorno registrato negli ultimi tre anni. Attualmente, detto valore massimo risulta essere nettamente inferiore al massimo valore registrato negli ultimi 40 anni. Ciò comporta che, quando si va ad applicare la funzione di trasferimento per simulare il consumo attualizzato degli ultimi 40 anni, il dominio di applicazione della funzione è sensibilmente più ampio del dominio su cui è stata effettuata la stima dei parametri (vedi Figura 10.2).

Ne deriva che la funzione di trasferimento viene applicata anche per temperature per le quali non si hanno riscontri effettivi dei consumi corrispondenti e che richiedono, dunque, una proiezione della funzione stimata. Si noti che, nonostante l'insieme di giorni con gradi giorno che eccedono il dominio su cui viene eseguita la stima dei parametri sia numericamente esiguo, tale insieme comprende la maggior parte dei valori che vanno a contribuire al calcolo della punta giornaliera di consumo e pertanto la modellizzazione della relazione tra gradi giorno e consumo nei giorni straordinariamente freddi assume particolare rilievo.

Per attenuare l'effetto di saturazione dei consumi all'aumentare dei gradi giorno ipotizzato con l'utilizzo di un polinomio di ordine tre, nelle condizioni di gradi giorno che eccedono il dominio della stima i consumi vengono determinati in base alla retta tangente alla funzione cubica in corrispondenza dell'estremo superiore del dominio della stima (retta blu in Figura 10.2). Si noti che i consumi così determinati risultano comunque inferiori a quelli che si avrebbero impiegando una semplice regressione lineare che non prenderebbe in considerazione alcun effetto di saturazione dei consumi (retta rossa).

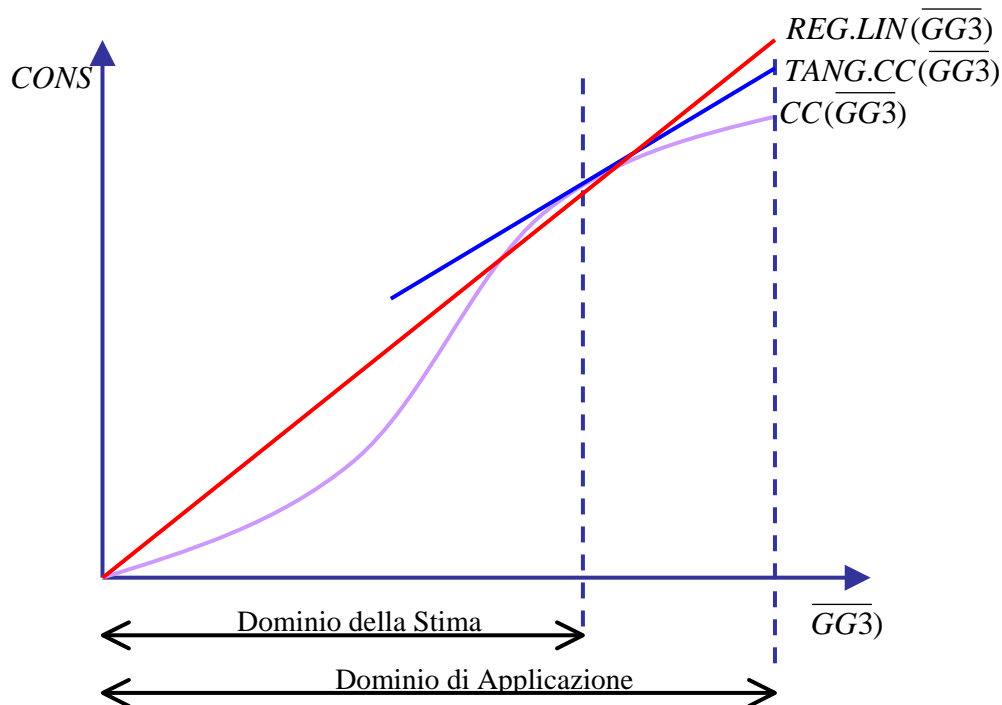


Figura 10.2 – Andamenti delle componenti della funzione conversione

Una valutazione analitica della precisione dei valori di consumo giornalieri risimulati ottenuti con la precedente funzione di conversione è riportata in appendice (cfr. cap. 17). La valutazione è stata eseguita sui dati di temperatura e consumo descritti al par. 11.1.

10.2.2 Il processo di risimulazione

Il processo di risimulazione, che si basa sulla funzione di conversione descritta al paragrafo precedente, viene eseguita sull'intera serie storica giornaliera di gradi giorno.

Il processo di risimulazione è essenzialmente analogo a quello adottato nella metodologia Transco:

- applicando la funzione di trasferimento alla serie delle temperature vengono, calcolati (mediante risimulazione) i consumi giornalieri relativi ai 43 anni di cui sono disponibili i dati di temperatura;
- viene generata una serie casuale lunga 43 anni (pari alla lunghezza della serie di dati di temperatura disponibili) di residui nella stima dei consumi giornalieri che abbiano la stessa varianza dei residui ottenuti dalla funzione di trasferimento applicata sull'ultimo anno di dati di consumo e temperatura;
- la serie storica di valori risimulati di consumo giornaliero si ottiene come somma delle due serie giornaliere descritte ai passi precedenti.

10.2.3 Stima della punta giornaliera di consumo per riscaldamento

In modo del tutto analogo al procedimento adottato nella metodologia Transco, la stima della punta giornaliera di consumo per riscaldamento si ottiene estraendo dalla serie storica dei valori risimulati di consumo la serie dei valori annuali massimi di consumo giornaliero in ciascun sottoperiodo che caratterizza il profilo della punta giornaliera di consumo per riscaldamento. Su ciascuna di queste serie di 43 massimi annuali si stima una distribuzione GEV attraverso mediante il metodo della massima verosimiglianza e se ne determina analiticamente il 95esimo percentile.

Al fine di ridurre la varianza delle grandezze statistiche calcolate sulle serie di consumi risimulati, il procedimento viene ripetuto più volte (ad esempio 100 volte), modificando ogni volta la serie casuale dei residui; il risultato finale è poi una media dei valori di punta giornaliera ottenuti nelle singole iterazioni.

10.2.4 Stima della punta stagionale di consumo per riscaldamento

Nella metodologia Transco questa stima non veniva eseguita. Tuttavia non è difficile ottenerla sulla base delle serie risimulate. In modo analogo a quanto fatto per i massimi, per ciascuna serie si determina una distribuzione di 43 valori di consumo per riscaldamento sul periodo di punta stagionale. Su questi 43 valori viene stimata una distribuzione normale (trattandosi di una somma di consumi giornalieri e non di un massimo la distribuzione normale risulta essere un modello adeguato) di cui si determina analiticamente il 95esimo percentile. Anche in questo caso, al fine di ridurre la varianza delle grandezze statistiche calcolate sulle serie di consumi risimulati, il procedimento viene ripetuto 100 volte e il risultato finale è costituito dalla media dei valori di punta stagionale ottenuti nelle singole iterazioni.

11 RISULTATI OTTENUTI CON LA METODOLOGIA PROPOSTA

Scopo di questo capitolo è illustrare i risultati ottenuti con la metodologia CESI.

Da un punto di vista quantitativo si è fatto riferimento al consumo complessivo di tutte le tipologie di clienti; su questi dati è stato calcolato il valore della punta giornaliera e della punta stagionale di consumo.

Per la punta stagionale, secondo le indicazioni del decreto legislativo n. 164/00, il periodo di considerato va dal 15/11 al 15/3. Lo stesso periodo è stato altresì considerato per il calcolo del profilo di punta giornaliera.

11.1 Dati utilizzati per l'analisi

11.1.1 Temperature

Si è fatto riferimento alla serie storica di gradi giorno rilevati nei 18 osservatori relativi alle zone climatiche definite al par. 6.2. La serie storica disponibile è relativa al periodo 1/10/1962 – 31/5/2005. Il periodo invernale considerato va dal 1/11 al 31/3, per un totale di 43 “inverni”, ciascuno composto da 151 giorni (con l'eccezione degli anni bisestili). Il dataset di temperatura è pertanto costituito da 18 serie di $6493 = 151 \times 43$ valori di gradi giorno.

La serie storica dei gradi giorno relativa alla temperatura Italia è stata costruita secondo la metodologia descritta al par.8.1. I gradienti sono stati calcolati facendo riferimento all'inverno 2004 – 2005.

11.1.2 Numero di punti di prelievo

I circa 3600 punti di prelievo considerati (punti REMI), distribuiti su tutte le regioni ad eccezione della Sardegna, sono riconducibili a 2963 raggruppamenti di impianti (pool) distinti.

11.1.3 Consumi a consuntivo

I consumi a consuntivo vengono determinati a partire dai valori giornalieri dei consumi totali rilevati sui punti di connessione alla rete di distribuzione (prese REMI) nel periodo 1/9/2001 – 31/05/2005, per un totale di 4 inverni completi.

Il consumo nazionale complessivo è stato ottenuto come somma dei consumi sulle singole prese REMI.

11.2 Analisi preliminare sui dati a disposizione

11.2.1 Andamenti della Temperatura Italia

La prima elaborazione effettuata è stata la costruzione della serie della temperatura Italia, definite come media ponderata delle temperature delle singole aree con pesi pari a gradienti di consumo per riscaldamento (vedere par.8.1). L'andamento della serie ottenuta è rappresentato nella Figura 11.1.

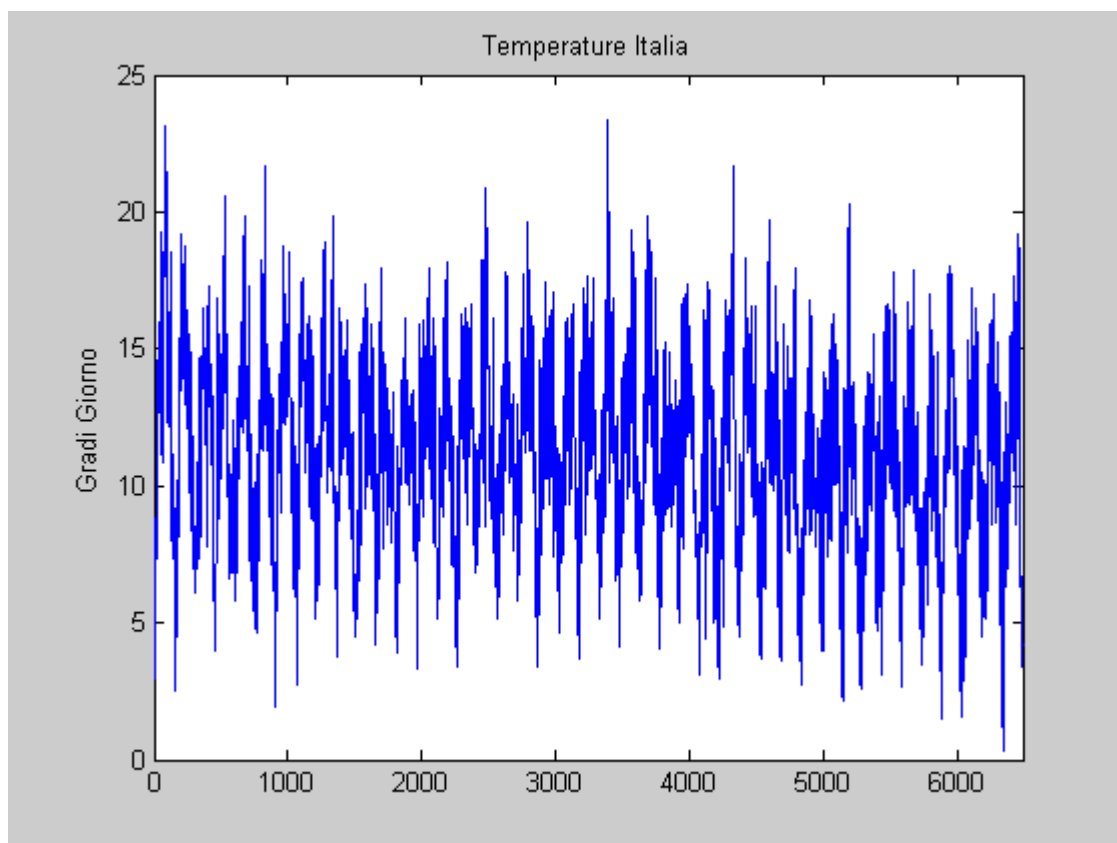


Figura 11.1: Andamento temperatura Italia nel periodo 1/11 - 31/3 degli ultimi 43 inverni

La caratteristica più evidente di questa serie è la presenza di un pattern stagionale tipico che si ripete di anno in anno, pur con una notevole variabilità. Nella Figura 11.2 sono rappresentati gli ultimi 4 inverni.

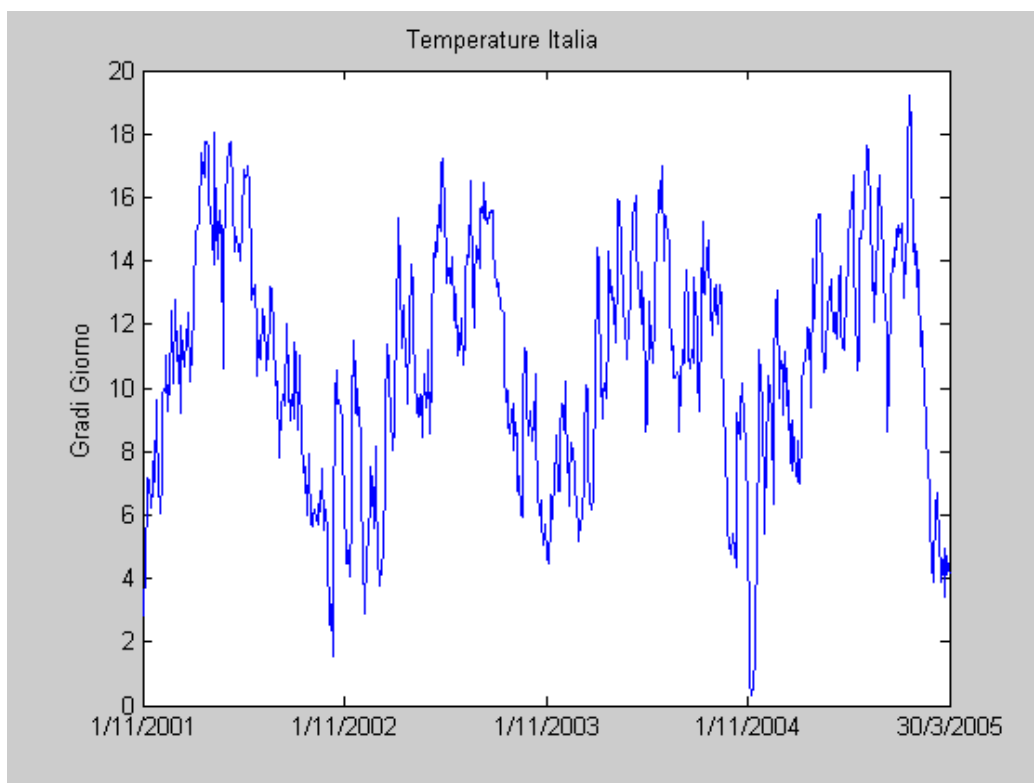


Figura 11.2: Temperatura Italia nel periodo 1/11 - 31/3 degli ultimi 4 inverni

Il giorno più freddo dell'anno tipicamente cade nel mese di gennaio; più raramente a dicembre o febbraio. In questo senso l'inverno 2004-2005 è stato anomalo, in quanto il valore di massimo freddo si è verificato in marzo.

11.2.2 Alcune grandezze caratteristiche della serie della temperatura Italia

Nella tabella seguente riportiamo alcune grandezze caratteristiche delle serie di temperature considerate; è possibile rilevare come gli ultimi inverni siano stati lievemente meno freddi, in media, rispetto alla media degli inverni degli ultimi 43 anni. Viceversa la variabilità delle temperature è stata leggermente superiore, anche se buona parte di questo effetto è dovuta al già menzionato comportamento anomalo del marzo 2005.

	Serie storica 43 anni	2001/2002	2002/2003	2003/2004	2004/2005
Media giornaliera	11,21	10,95	10,48	10,62	11,03
Deviazione standard	3,38	3,79	3,51	3,16	4,04
95esimo percentile	16,57	17,05	15,61	15,54	16,7
Massimo giornaliero	23,36	18,04	17,21	16,96	19,2
Valore stagionale ¹⁹	1694 ²⁰	1653	1583	1603	1665

Tabella 11.1: Grandezze caratteristiche della serie della temperatura Italia (espresse in GG)

¹⁹ Valore cumulato dei gradi giorno nel periodo 1/11 – 31/3.

²⁰ Valore cumulato dei gradi giorno di un inverno medio sugli ultimi 43 anni (periodo 1/11 – 31/3).

A titolo di confronto abbiamo anche determinato le punte giornaliere di temperatura (sull'intera stagione e sui singoli mesi dell'inverno) e la punta stagionale di temperatura (sul periodo 15/11 –15/3)

Per la determinazione della punta giornaliera di temperatura sul periodo di punta stagionale è costruito la serie dei massimi annuali (Figura 11.3) su cui abbiamo stimato una distribuzione GEV e determinato analiticamente il 95esimo percentile, ottenendo un valore di **21,88** Gradi Giorno.

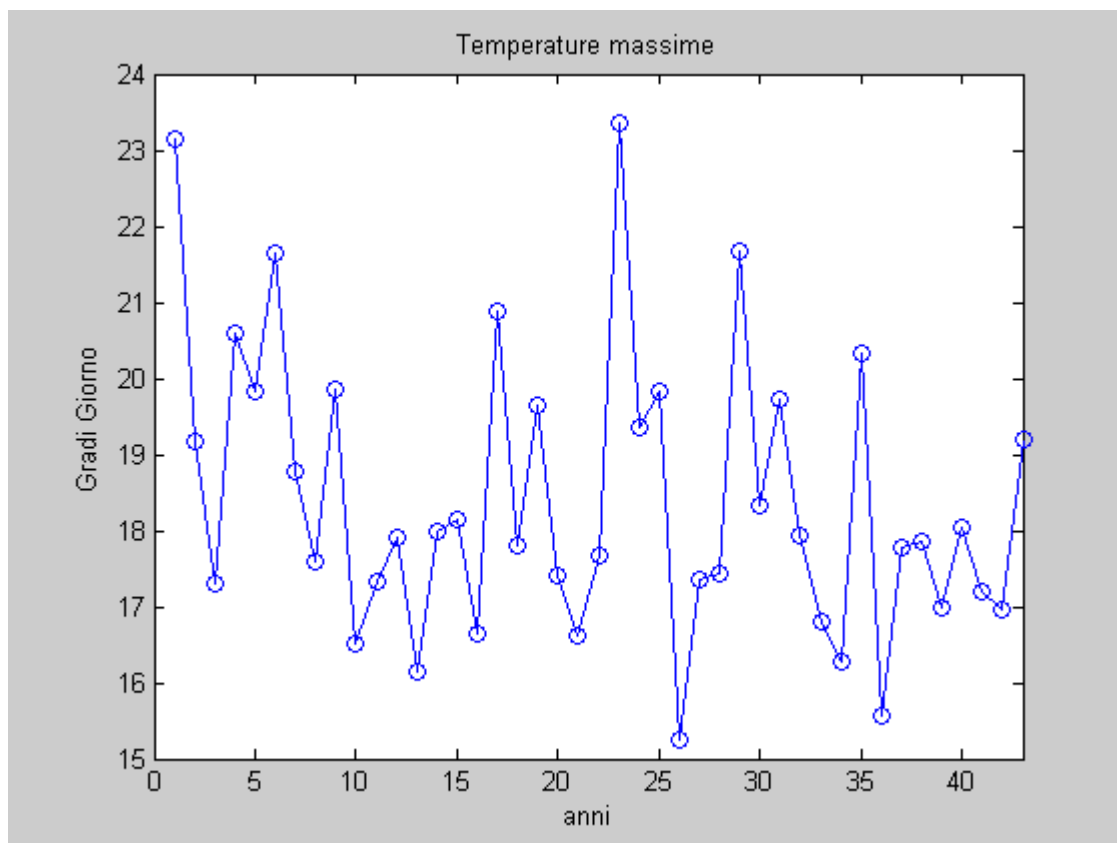


Figura 11.3: Serie dei valori annuali massimi dei gradi giorno giornalieri

La stessa procedura è stata per calcolare la punta giornaliera di temperatura sui cinque sottoperiodi in cui è stata suddiviso il periodo di punta stagionale: applicando anche in questo caso la distribuzione GEV si ottengono per i diversi mesi le seguenti punte giornaliere di temperatura:

	novembre [15/11 – 30/11]	dicembre [1/12 – 30/12]	gennaio [1/1 – 31/1]	febbraio [1/2 – 28/2]	marzo [1/3 – 15/3]
Gradi Giorno	16,37	19,21	21,54	19,72	17,83

Tabella 11.2: Punta giornaliera di temperatura sui 5 sottoperiodi del periodo di punta stagionale

Si osservi che il 95esimo percentile del massimo stagionale è di poco superiore al 95esimo percentile del massimo del mese di gennaio. Infatti tipicamente il giorno più freddo dell'anno cade in questo mese. Più precisamente, nei 43 anni considerati il giorno più freddo è caduto 23 volte in gennaio, 10 volte in dicembre, 7 volte in febbraio, 2 volte in marzo e 1 volta in novembre.

Nella Figura 11.4 sono riportate le punte giornaliere sui cinque sottoperiodi del periodo di punta stagionale e la punta giornaliera sul periodo di punta stagionale, a confronto con i valori dei 43 massimi mensili e dei 43 massimi stagionali. L'adeguatezza dei livelli dei percentili calcolati può essere

sommariamente verificata attraverso il numero delle violazioni, che dovrebbe avere una media pari a $0,05 \cdot 43 = 2,15$. In tutti i casi se ne osservano infatti due o tre.

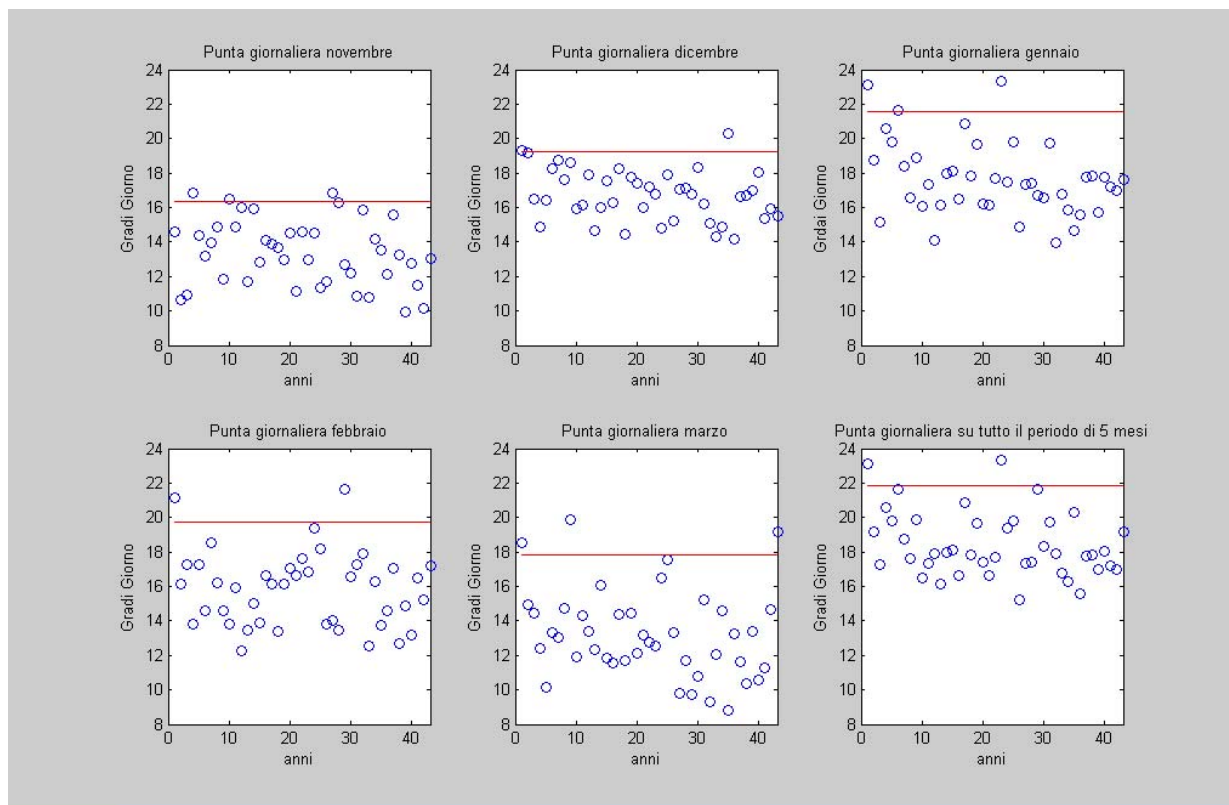


Figura 11.4: Punta giornaliera di temperatura su sottoperiodi

La situazione di freddo eccezionale verificatasi nell'inverno 2004 – 2005 durante i primi giorni del mese di marzo ha messo in evidenza l'utilità di calcolare punte stagionali di temperatura e di consumo per riscaldamento relative a sottoperiodi.

In Figura 11.5 si nota come, pur non essendo stata violata la punta stagionale di temperatura (o di volume di freddo), la punta giornaliera relativa al periodo 1 – 15 marzo sia stata abbondantemente superata.

Per quanto riguarda la punta stagionale di volume di freddo, l'andamento dei gradi giorno totali sul periodo 15/11 – 15/3 con le rispettive punte è rappresentato in Figura 11.5. Osserviamo che il 95esimo percentile determinato attraverso una distribuzione normale è piuttosto elevato, principalmente a causa dell'elevato volume di freddo complessivo del primo inverno presente nel dataset. Per confronto abbiamo anche calcolato il 95esimo percentile empirico dei 43 valori (linea rossa). I valori ottenuti sono: rispettivamente **1665 GG** e **1599 GG**.

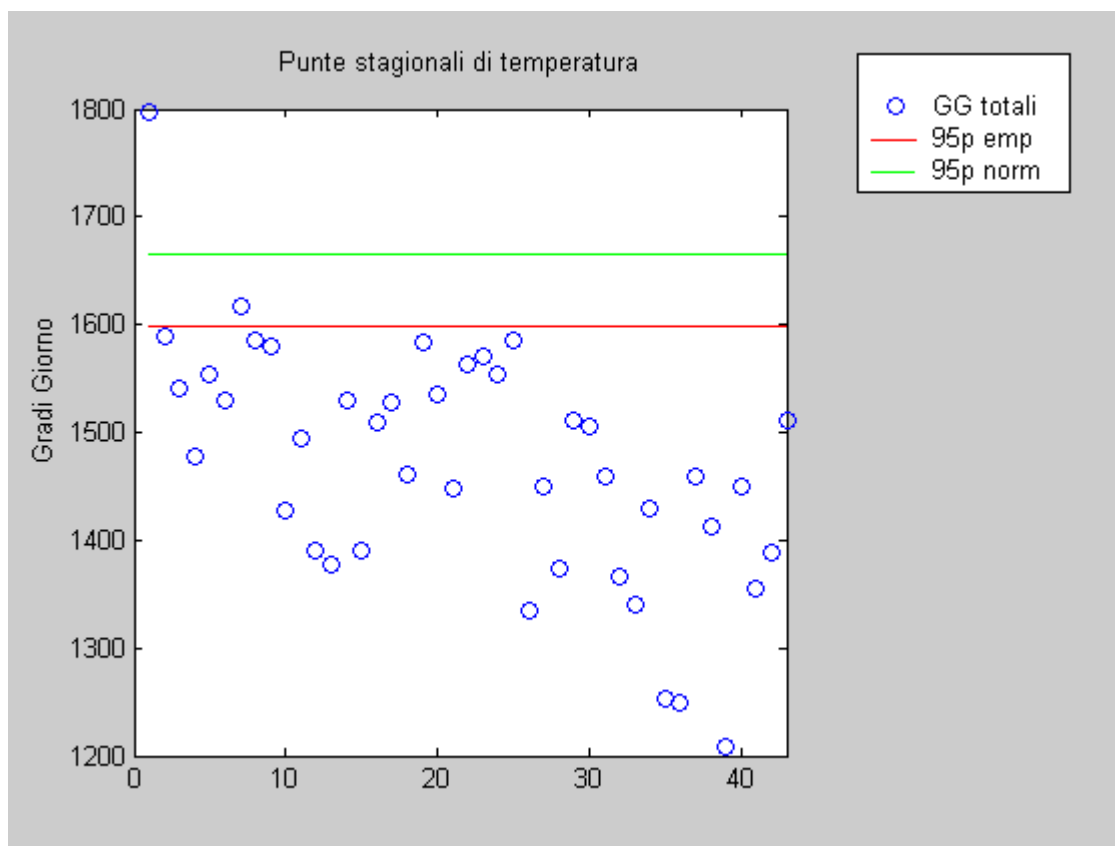


Figura 11.5: Valori annui del “volume di freddo”, confrontati con la punta stagionale di temperatura

11.2.3 Andamento del consumo complessivo nazionale

Per quanto riguarda il consumo complessivo (che include la componente di base e il consumo per riscaldamento), l'andamento degli ultimi 4 anni è rappresentato nella Figura 11.6.

A livello grafico è già evidente la relazione di dipendenza tra consumi e temperature; ai giorni più freddi corrispondono valori di consumo più elevati. La serie dei consumi presenta un pattern stagionale molto simile a quella delle temperature espresse in gradi giorno.

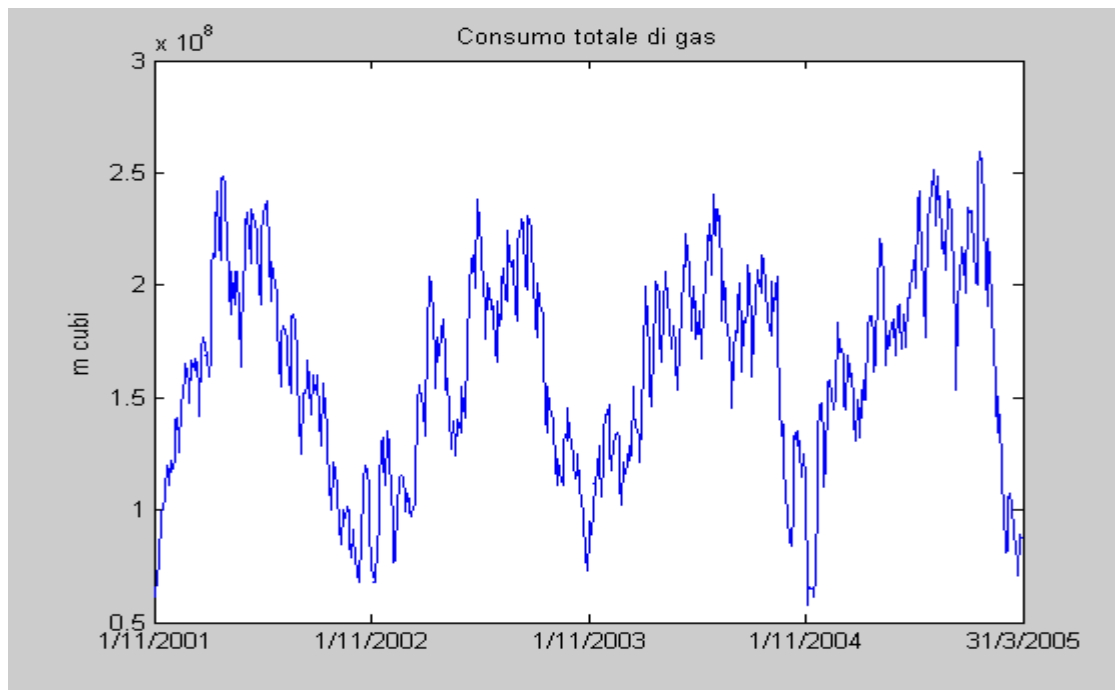


Figura 11.6: Consumo complessivo nazionale degli ultimi 4 inverni

11.3 Risultati della metodologia proposta

11.3.1 Consumo di base²¹

Riprendendo le definizioni introdotte al cap. 5, il consumo di base è quella parte del consumo totale che non dipende dalla temperatura. Tradizionalmente in Italia esso viene determinato sulla base della media dei consumi di Giugno e Settembre (per la descrizione del metodo si veda il documento SNAM “Criteri per la determinazione del volume normalizzato e della punta eccezionale per gli impianti di distribuzione”).

La determinazione del consumo di base è un passo preliminare all’implementazione di qualsiasi metodologia, in quanto sulla base di questa determinazione si determinano i gradienti mensili che vengono poi usati come pesi per la determinazione della Temperatura Italia.

²¹ L’energia corrispondente alle quantità di gas riportate nella presente sezione e in quelle successive si determina applicando la seguente conversione: 1 Smc = 38,1 MJ.

I consumi giornalieri medi dei mesi di giugno e settembre degli ultimi quattro anni sono riportati nella tabella seguente:

mese	Consumi medi giornalieri (MSmc)
Set. 2001	38,65
Giu. 2002	33,88
Set. 2002	38,89
Giu. 2003	31,99
Set. 2003	36,78
Giu. 2004	36,66
Set. 2004	38,73
media	36,51

Tabella 11.3: Consumi mensili per calcolo del consumo di base

Per verificare la corretta determinazione della componente di base, abbiamo stimato una regressione lineare ordinaria tra il consumo da riscaldamento (cioè il consumo ottenuto sottraendo 36,5 MSmc al consumo totale) e i gradi giorno. Il risultato, riportato in Figura 11.7, mostra una intercetta all'incirca pari a 0, e quindi una valutazione esogena del consumo di base in sostanziale accordo con quella statistica ottenuta attraverso il modello lineare.

Andando a verificare la stessa relazione sui diversi anni si osserva qualche piccola anomalia, che non deve sorprendere in quanto il concetto di un consumo di base del tutto indipendente dalla temperatura, costante in tutti i mesi dell'anno è evidentemente un'approssimazione.

Nelle elaborazioni successive utilizzeremo per la base giornaliera il valore di 40.2 MSmc per i giorni lavorativi e di 29.3 MSmc per i giorni non pienamente lavorativi. Il corrispondente valore della base che si otterrebbe lasciando indifferenziata la tipologia dei giorni sarebbe pari a **37 MSmc**, che è intermedio tra la base giugno – settembre degli ultimi 3 anni (36.5 MSmc) e l'intercetta di una regressione del consumo totale sui gradi giorno (37.5 MSmc).

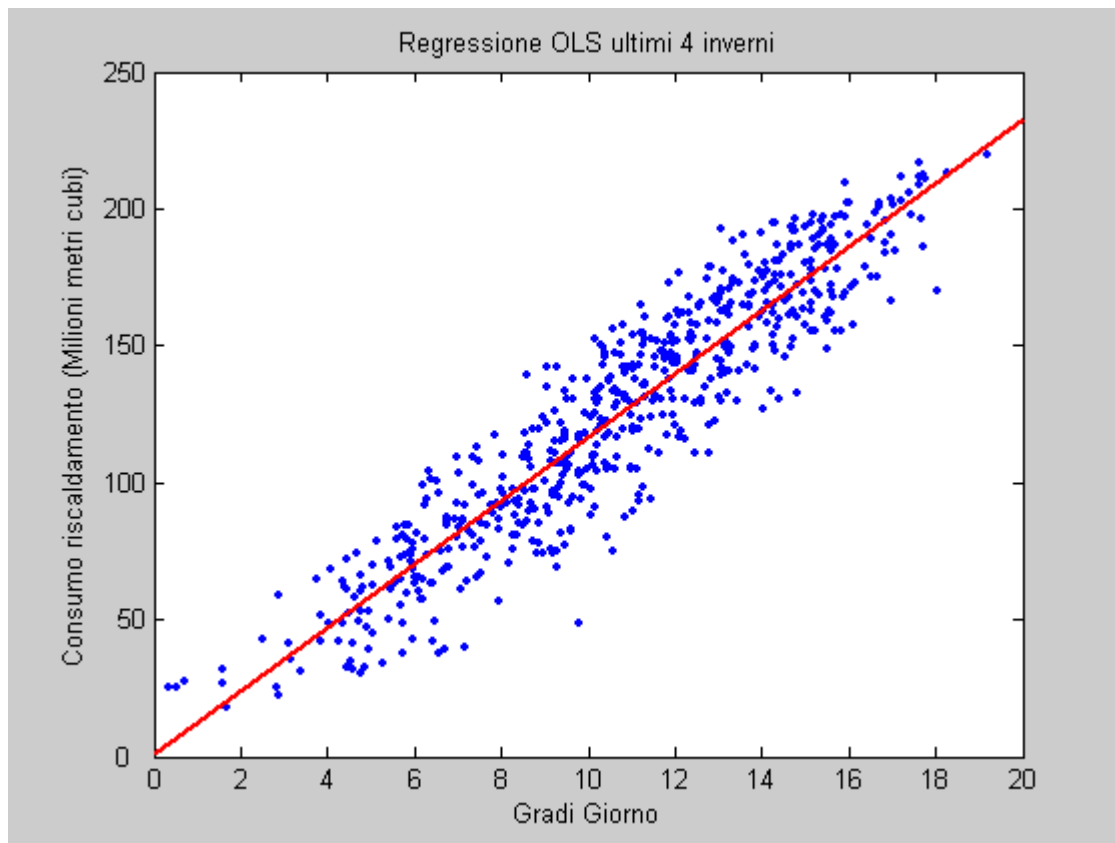


Figura 11.7: Relazione tra consumi per riscaldamento e Gradi Giorno

11.3.2 Funzione di conversione

La risimulazione dei consumi attualizzati viene effettuata attraverso la funzione di conversione da temperatura a consumi descritta nel par. 10.2.1 che ricordiamo essere composta da:

- una componente di breve termine (3 giorni) di forma cubica
- una componente di medio termine (15 giorni) di forma quadratica
- una componente di base costante.

La funzione viene applicata lungo tutta la profondità disponibile della serie Temperatura Italia, vale a dire sugli ultimi 43 inverni dal 1962/63 al 2004/05.

I coefficienti delle singole componenti vengono differenziati per tipologia di giorno. Le tipologie di giorno enucleate sono le seguenti due:

- giorni pienamente lavorativi
- giorni non pienamente lavorativi (sabato, domenica e altre festività).

In questo modo si hanno due distinte funzioni di conversione che, applicate alle rispettive tipologie di giorno, colgono i differenti impatti sui consumi osservati a parità di condizioni climatiche (vedi Figura 17.3 in appendice).

La stima dei parametri della funzione di conversione, per ciascuna tipologia di giorno, viene effettuata sulla base dei dati di temperatura e consumo degli ultimi quattro inverni (dal 2001/02 al 2004/05). Più precisamente l'orizzonte dei quattro inverni si utilizza per determinare:

- i valori dell'ascissa corrispondenti ai punti di massimo e di flesso della componente cubica della funzione di conversione
- i valori dell'ascissa del punto di massimo della componente quadratica della funzione di conversione,

I suddetti valori sono calcolati applicando il criterio dei minimi quadrati.

I corrispondenti valori dell'ordinata dei punti di massimo e flesso, e la conseguente retta tangente per la previsione dei consumi al di fuori dell'intervallo di temperature rilevate negli ultimi 4 anni, vengono determinate sulla base dei dati relativi all'ultimo inverno. Anche in questo caso si applica il criterio di minimi quadrati, mantenendo però fissati i valori di ascissa determinati precedentemente dall'elaborazione sui quattro anni.

Infine, la componente di base, unica per i giorni lavorativi e non, viene determinata secondo il metodo descritto al paragrafo precedente.

La particolare modalità di determinazione dei parametri sopra descritta è stata adottata in quanto permette di coniugare due criteri fondamentali per la stima della funzione di conversione:

1. mantenere quanto più ampio possibile il dominio della funzione di conversione (cioè l'intervallo delle temperature su cui si effettua la valutazione della forma delle funzioni)
2. dare un peso maggiore ai consumi dell'inverno più recente, per rimanere quanto più allineati all'attuale livello di penetrazione dei consumi di gas.

I coefficienti della funzione di conversione stimati per l'inverno 2005/2006 e differenziati per tipologia di giorno sono riportati nella seguente tabella:

Ordine coeff.	Giorni lavorativi				Giorni non pienamente lavorativi			
	3	2	1	0	3	2	1	0
Componente cubica	-21836	619780	6501066	0	-20184	563858	6428485	0
Componente quadratica	0	-78668	2926450	0	0	-63845	2375044	0
Componente costante	0	0	0	40212247	0	0	0	29372321

Tabella 11.4: Coeff. della funzione di conversioni stimati per l'inverno 2005/06

La retta utilizzata per la risimulazione dei consumi in condizioni di freddo superiore al limite del dominio di stima (cfr. Figura 10.2) è determinata come retta tangente alla componente cubica in corrispondenza delle condizioni di freddo massimo registrate negli ultimi 4 anni (pari a 23,3 gradi giorno per la media mobile a tre giorni argomento della funzione in questione).

Nella figura successiva riportiamo la rappresentazione grafica delle tre componenti stimate.

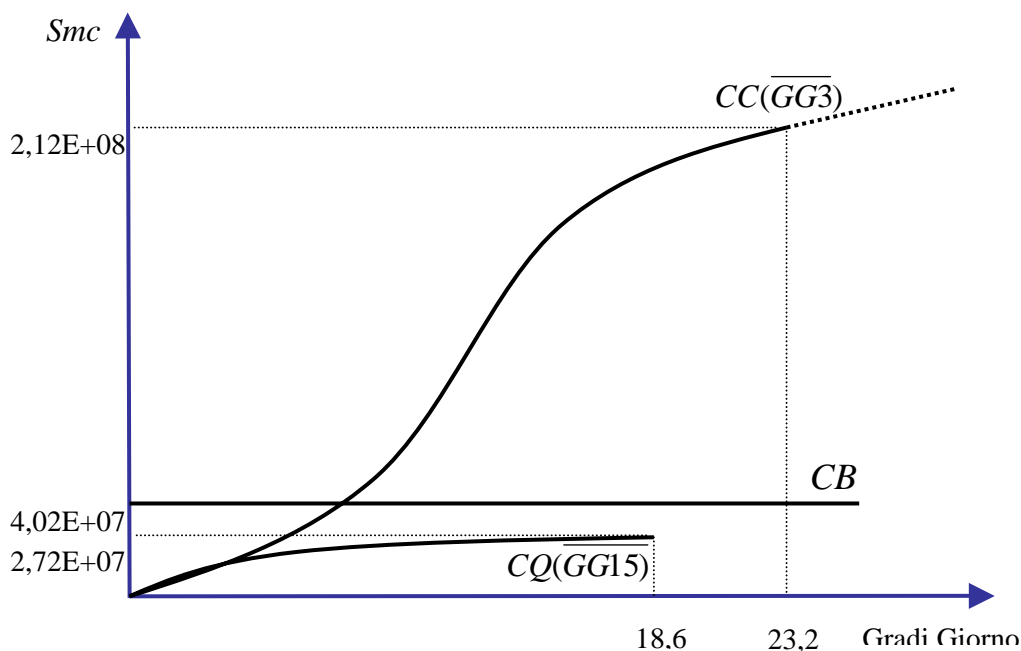


Figura 11.8: Rappresentazione grafica dell'andamento delle componenti che costituiscono la funzione di conversione per i giorni pienamente lavorativi

11.3.3 Previsione della punta giornaliera di consumo

La metodologia è stata applicata per calcolare due diversi profili di punta giornaliera di consumo:

- Un profilo costituito da un unico sottoperiodo, coincidente con il periodo di punta stagionale: in questo caso il profilo degenera in un punto
- Un profilo costituito dai seguenti 5 sottoperiodi in cui è stato suddiviso il periodo di punta stagionale:
 - 15- 30 novembre
 - 1- 31 dicembre
 - 1- 31 gennaio
 - 1- 28 febbraio
 - 1-15 marzo

11.3.3.1 Punta giornaliera di consumo per riscaldamento su un unico sottoperiodo

Il valore della punta giornaliera di consumo per riscaldamento ottenuto su un unico sottoperiodo è pari a **251,65 MSmc**. Il valore della punta giornaliera di consumo totale si ottiene sommando la componente di base pari a 37 MSmc, ottenendo 288,65 MSmc.

A titolo di confronto, determiniamo anche il valore della punta giornaliera di consumo da riscaldamento ottenuto attraverso un metodo diretto, cioè convertendo in consumo il valore della punta giornaliera di temperatura determinato nella sezione precedente, pari a **21,88 GG**.

Per la conversione utilizziamo il gradiente medio dell'ultimo anno, pari a **12,01 MSmc/GG**; si ottiene per la punta giornaliera di consumo da riscaldamento un valore pari a **262,78 MSmc**, leggermente superiore rispetto al valore determinato attraverso il metodo di risimulazione.

Nella figura che segue il valore di punta giornaliera determinato con la metodologia CESI viene confrontato con l'andamento dei consumi degli ultimi quattro anni.

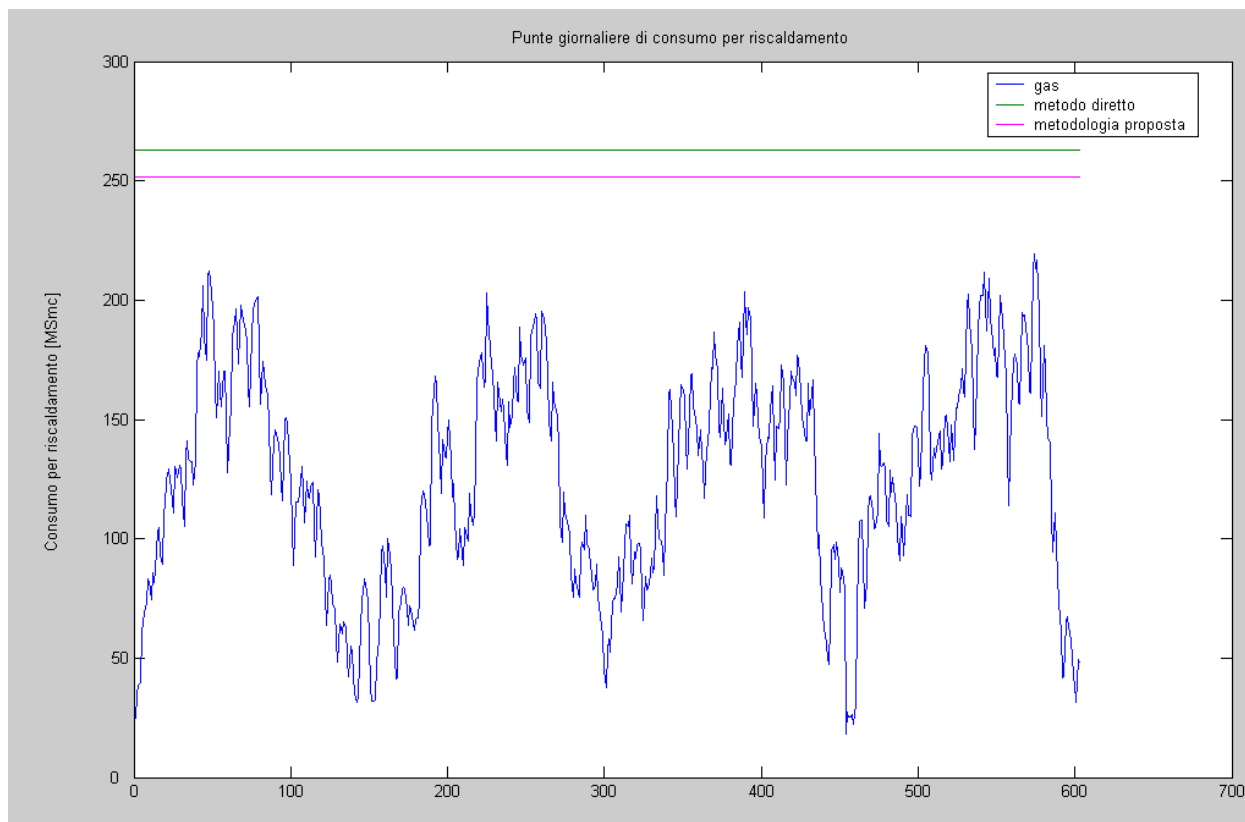


Figura 11.9: Confronto tra la punta giornaliera di consumo complessivo e il consumo giornaliero degli ultimi 4 anni

11.3.3.2 Previsione della punta giornaliera di consumo per riscaldamento su 5 sottoperiodi

Nella tabella seguente viene riportato il profilo della punta giornaliera di consumo per riscaldamento sui 5 sottoperiodi in cui è stato suddiviso il periodo di punta stagionale.

I valori calcolati sono confrontati con il valore massimo del consumo giornaliero per riscaldamento rilevato negli ultimi 4 anni²².

²² Non deve stupire che il valore di punta giornaliera di consumo per riscaldamento calcolato sull'intero periodo invernale (pari a 251,65 MSmc, cfr. par. 11.3.3.1) sia leggermente superiore al valore massimo del profilo della punta giornaliera su 5 sottoperiodi. Ciò accade in quanto il valore massimo annuale di consumo giornaliero risimulato non cade sempre nello stesso mese (cioè gennaio, il mese più freddo), ma in alcuni anni capita in altri mesi (es. dicembre). Pertanto la distribuzione dei consumi massimi annuali del mese di gennaio è differente dalla distribuzione dei consumi massimi annuali calcolati sull'intero periodo invernale.

	Punta giornaliera di consumo per riscaldamento per tutte le tipologie di clienti [MSmc]				
	Novembre [15/11 – 30/11]	Dicembre [1/12 – 30/12]	Gennaio [1/1 – 31/1]	Febbraio [1/2 – 28/2]	Marzo [1/3 – 15/3]
Metodologia proposta	197,26	228,25	249,79	234,07	214,23
Consumo massimo rilevato negli ultimi 4 anni	146,63	211,46	214,36	214,56	222,12

Tabella 11.5: Punte giornaliere di consumo per riscaldamento su sottoperiodi mensili

È interessante notare che nel mese di marzo 2005, laddove si è verificata una situazione di freddo eccezionale, la punta giornaliera di consumo per riscaldamento stimata è stata superata dai consumi reali. Questo comportamento è corretto dato il valore eccezionalmente basso della temperatura nei primi giorni del mese di marzo 2005, che supera il valore limite di 1 in 20 anni (cfr. Figura 11.4).

In Figura 11.10 viene invece riportato un confronto tra i valori dei consumi giornalieri per riscaldamento rilevati negli ultimi 4 con le punte giornaliere di consumo per riscaldamento calcolate sui differenti sottoperiodi.

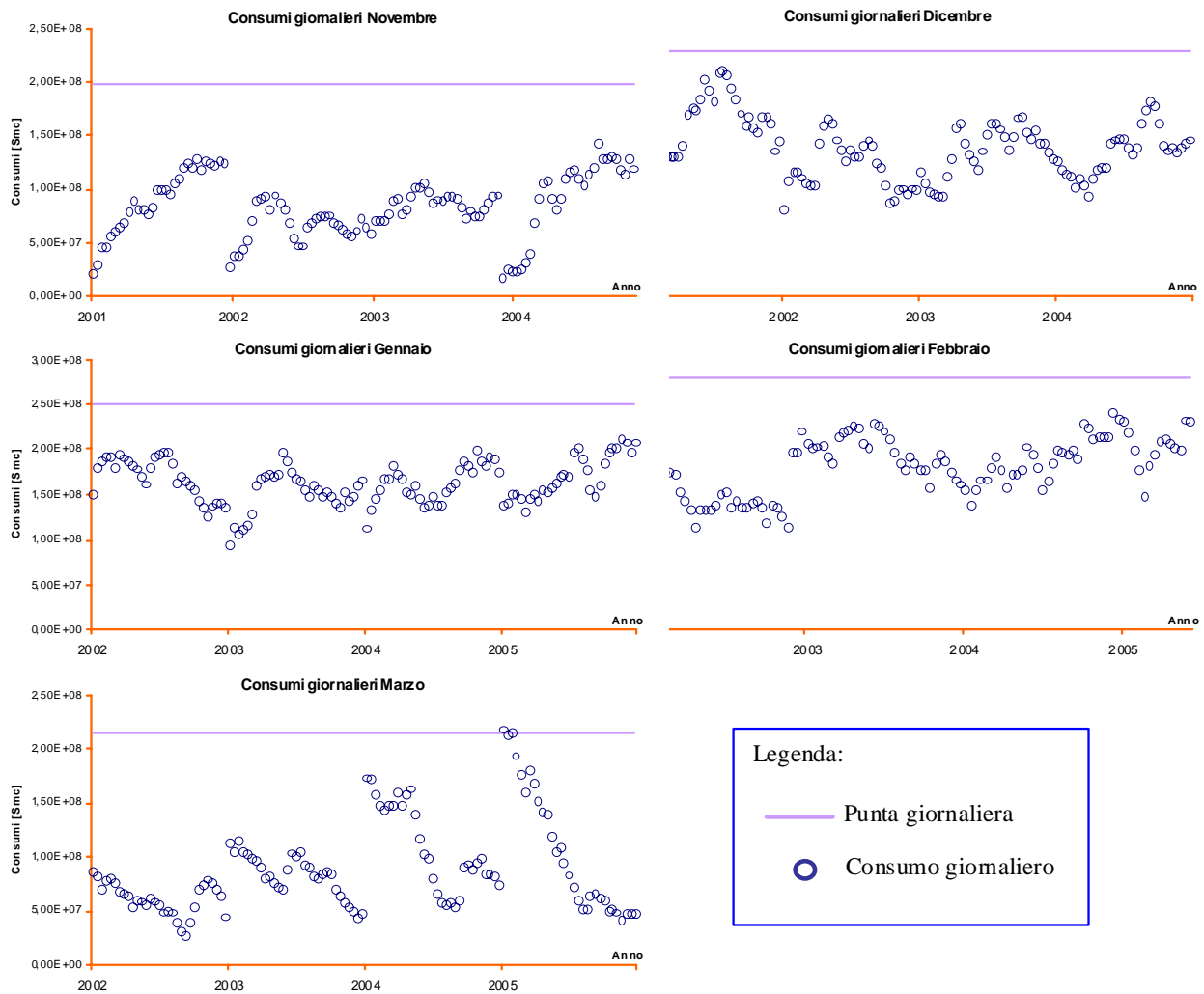


Figura 11.10: Confronto dei consumi rilevati con punte giornaliere di consumo per riscaldamento sui differenti sottoperiodi

11.3.4 Previsione della punta stagionale di consumo

Le serie di consumi risimulate attraverso la metodologia proposta sono state utilizzate anche per la determinazione della punta stagionale di consumo. Per ciascuna serie risimulata si è determinato il consumo totale del periodo di punta stagionale, ottenendo una distribuzione di 43 valori, della quale si è determinato il 95esimo percentile attraverso la stima di una distribuzione normale. La media tra le diverse risimulazioni ha dato un valore di **20,57 GSmc**²³. Il valore della punta stagionale di consumo

²³ Si ricorda che il valore della punta stagionale di consumo è calcolato come il 95esimo percentile di una distribuzione normale. E' interessante notare che, in virtù del valore decisamente anomalo delle temperature relative al primo inverno della serie storica (anno 1962-63, cfr. Figura 11.5) il 95esimo percentile della distribuzione normale risulta sistematicamente inferiore al 95esimo percentile calcolato empiricamente sui valori della serie storica dei dati risimulati: quest'ultimo infatti è pari a 19,81 GSmc, (rispetto a 20,57 GSmc risultanti dalla distribuzione normale).

complessivo si ottiene aggiungendo la componente di base totale (pari a $121 \text{ gg} \times 37 \text{ MSmc} = 4,47 \text{ GSmc}$) ed è pari a **25,05 GSmc**.

A titolo di confronto, calcoliamo la punta stagionale che si otterrebbe con un metodo diretto. A tal fine, è necessario convertire in consumo la punta stagionale di temperatura precedentemente determinata pari a 1665 Gradi Giorno (cfr par. 11.2.2 e Figura 11.5). Se per la conversione si fa uso del gradiente medio dell'ultimo anno, pari a **12,01 MSmc/GG**, si ottiene una punta stagionale di consumo pari a $1665 \text{ GG} \times 12,01 \text{ MSmc/GG} = \mathbf{20,00 \text{ GSmc}}$, leggermente inferiore al valore della metodologia proposta. In generale riteniamo che il buon accordo tra la metodologia proposta e i metodi basati sulla determinazione delle punte di temperatura sia un'ottima verifica della stabilità e della robustezza dei metodi di risimulazione implementati.

Nella figura seguente la punta stagionale per il 2005-2006 è posta a confronto con i valori dei consumi complessivi che si sono verificati negli ultimi 4 inverni.

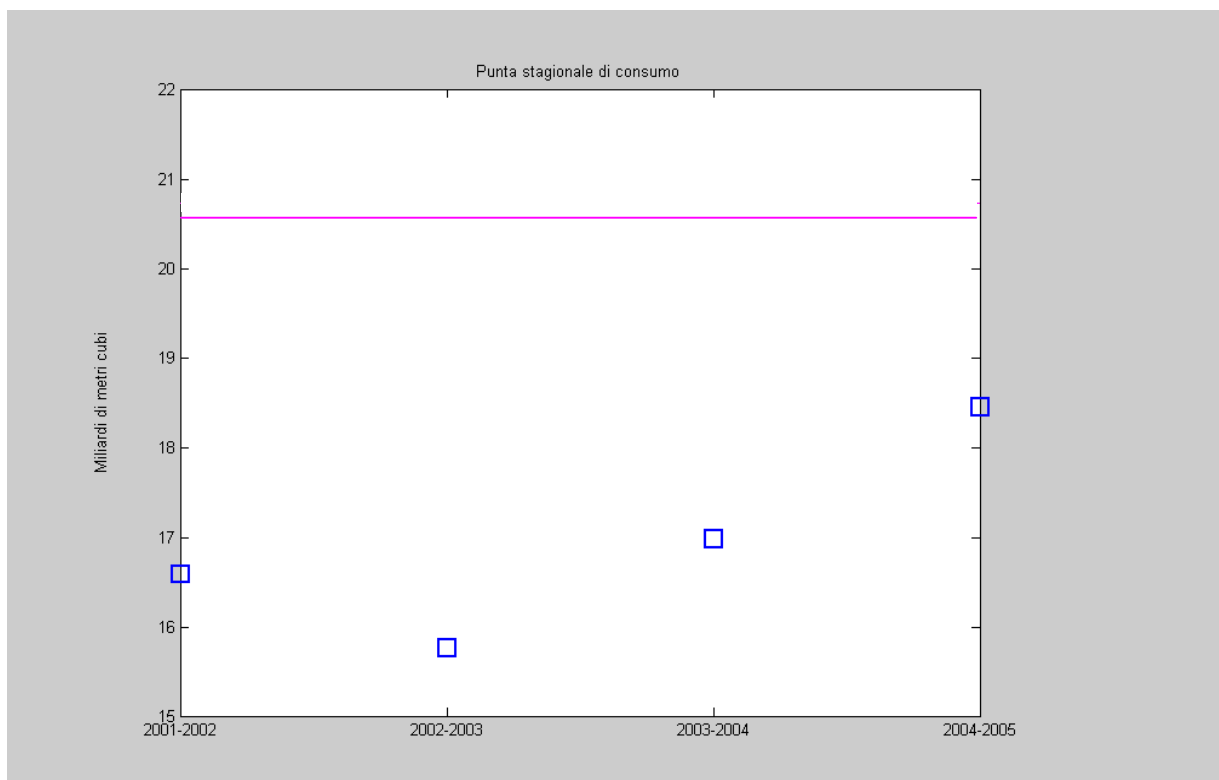


Figura 11.11: Punta stagionale di consumo per riscaldamento confrontata con i valori storici degli ultimi 4 anni

12 SINTESI DEI VALORI DI CONSUMO PREVISTI

Nella tabella seguente vengono riassunti i risultati relativi alla punta stagionale e giornaliera di consumo per riscaldamento di tutti gli utenti allacciati alle reti di distribuzione, calcolati nel capitolo precedente applicando la metodologia proposta.

Punta giornaliera di consumo per riscaldamento, per tutte le tipologie di clienti [MSmc]						Punta stagionale di consumo per riscaldamento [GSmc]
Unico sottoperiodo	5 sottoperiodi					
	Novembre [15/11 – 30/11]	Dicembre [1/12 – 30/12]	Gennaio [1/1 – 31/1]	Febbraio [1/2 – 28/2]	Marzo [1/3 – 15/3]	
251,65	197,26	228,25	249,79	234,07	214,23	20,57

Tabella 12.1: Punta giornaliera e punta stagionale di consumo per riscaldamento

Nella tabella successiva sono riassunti i valori relativi alla punta stagionale e giornaliera di consumo complessivo (consumo di base e consumo per riscaldamento) di tutti gli utenti allacciati alle reti di distribuzione, calcolati applicando la metodologia proposta. Essi sono stati ottenuti sommando alla punta giornaliera di consumo per riscaldamento il consumo di base giornaliero, pari a 37 MSmc, e alla punta stagionale di consumo il consumo di base per il periodo di punta stagionale, pari a 4,48 GSmc.

Punta giornaliera di consumo complessivo per tutte le tipologie di clienti [MSmc]						Punta stagionale di consumo complessivo [GSmc]
Unico sottoperiodo	5 sottoperiodi					
	Novembre [15/11 – 30/11]	Dicembre [1/12 – 30/12]	Gennaio [1/1 – 31/1]	Febbraio [1/2 – 28/2]	Marzo [1/3 – 15/3]	
288,65	234,26	265,25	286,79	271,07	251,23	25,05

Tabella 12.2: Punta giornaliera e punta stagionale del consumo complessivo

13 CORREZIONE DEI VALORI DI PUNTA PER TENERE CONTO DEL RISCALDAMENTO ATMOSFERICO GLOBALE

La comunità scientifica concorda sulla rilevanza del riscaldamento globale dell'ultimo secolo, considerandolo significativo in quanto al di sopra della variabilità naturale. L'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), che riunisce ormai dal 1988 i maggiori esperti mondiali sui temi del cambiamento climatico, ha affermato che è molto improbabile che il riscaldamento degli ultimi 100 anni possa essere dovuto alla sola variabilità interna del sistema climatico terrestre. Sulla base delle attuali conoscenze si ritiene che vi è un'apprezzabile influenza dell'azione dell'uomo sul clima globale. I dati della rete di misura mondiale di alcune variabili climatiche (temperatura, precipitazione, stato dei ghiacciai, frequenza ed intensità degli eventi estremi) indicano apprezzabili differenze rispetto a centinaia o decine di anni fa.

Poiché, come abbiamo osservato, la previsione del consumo di gas per riscaldamento dipende prevalentemente dalla temperatura, è opportuno che nella definizione dei valori di consumo di picco giornaliero/stagionale si tenga anche conto del riscaldamento globale in atto.

A tale scopo si è fatto riferimento alla letteratura scientifica nazionale recente al fine di reperire una disamina critica e di provata affidabilità della situazione della variabilità della temperatura sul territorio italiano negli ultimi 2 secoli. In particolare si è stato preso come riferimento il lavoro riferito in [1], che riporta una valutazione dell'entità del riscaldamento in atto a livello nazionale, evidenziando nel contempo che il valore dell'incremento della temperatura su base secolare dipende dalla durata e dalla collocazione temporale su cui si esegue tale valutazione. Infatti, se si considerano periodi di breve durata (es. 10 - 20 anni) in data recente il trend secolare risulta sensibilmente maggiore in quanto tiene conto soltanto degli ultimi decenni in cui la variabilità della temperatura è risultata maggiore.

Essendo però interessati alla valutazione di fenomeni di lungo periodo, si è stabilito che, per il nostro obiettivo, fosse corretto valutare l'incremento di temperatura su base secolare in modo da permettere la distinguibilità dei recenti decenni dal passato e apprezzare il cambiamento in maniera significativa²⁴. Il cambiamento climatico e, nel nostro caso, l'aumento delle temperature non può essere fatto sulla base di pochi decenni di dati ma su periodi lunghi. Pertanto la valutazione è stata effettuata sulla base degli ultimi 100 anni facendo riferimento, coerentemente alla definizione di gradi giorno (cfr. 6.1), ai trend secolari delle temperature minime e delle temperature massime²⁵ del periodo invernale

L'incremento di temperatura è stato valutato su tre differenti aree geografiche:

- alpina (AL);
- pianura padana (PP);
- il resto della penisola (PI).

La variazione su 100 anni dei gradi giorno nel periodo invernale, ottenuta a partire dai dati pubblicati in [1] è riportata in Tabella 13.1. Questo rappresenta un approccio approssimativo alla risoluzione del problema di tenere conto del riscaldamento globale in quanto i dati in [1] sono dati mensili ma essendo

^[1] Brunetti M., Maugeri M., Monti F., Nanni T. 2005. "Temperature and precipitation variability in Italy in the last two centuries from homogenised instrumental time series". International Journal of Climatology.

²⁴ Si tenga presente che il lavoro citato in [1] evidenzia che, per la stagione invernale, quella di maggiore interesse ai fini del presente lavoro, il trend di temperatura a partire dal 1960 mostra un incremento meno marcato rispetto a quello delle temperature delle altre stagioni nello stesso intervallo temporale.

²⁵ Il lavoro sopra menzionato evidenzia anche che il trend delle temperature minime è più accentuato di quelle massime sebbene, negli ultimi 50 anni, le temperature massime mostrano un trend di aumento superiore alle minime.

di lungo periodo forniscono comunque una stima qualitativa ed affidabile della tendenza alla diminuzione dei gradi giorno.

Variazione Gradi Giorno (°C/100 anni)			
	AL	PP	PI
Indici	1,3±0,2	1,15±0,3	1,0±0,2
Minimo	1,1	0,85	0,8
Massimo	1,5	1,45	1,2

Tabella 13.1: Incremento Gradi Giorno su 100 anni. Incremento valutato su dati secolari.

Sulla base dei dati riportati nella tabella si è proceduto ad “attualizzare” i dati di temperatura delle serie storiche relative ai 18 osservatori ipotizzando uno scenario minimo ed uno massimo di incremento delle temperature (e quindi di diminuzione dei gradi giorno). In particolare, ipotizzando per la suddetta crescita un andamento lineare sugli ultimi 100 anni, i valori di temperatura degli anni precedenti sono stati “attualizzati” alle condizioni climatiche dell’ultimo anno (2004 – 2005). In altri termini le temperature di ciascuna anno sono state corrette con un fattore additivo per tenere conto dell’incremento di temperatura, dovuto al riscaldamento globale, tra l’anno in questione e il 2005, ipotizzando, come detto, un incremento di temperatura minima e massima costante negli anni.

Nella Tabella 13.2 sono riportati i valori di punta giornaliera su base mensile e di punta stagionale ottenuti sotto le diverse ipotesi di variazione delle condizioni meteorologiche e, più precisamente, relative ad uno scenario senza cambiamenti delle condizioni climatiche, uno scenario di variazione minima ed uno scenario di variazione massima secondo i risultati delle elaborazioni condotte in [1]. Per maggiore chiarezza lo scenario senza cambiamenti delle condizioni climatiche corrisponde a quello impiegato nei capitoli precedenti e i valori corrispondenti sono gli stessi riportati nei capp. 11 e 12. Ovviamente a fronte di scenari che ipotizzano un trend di variazione delle temperature positivo (incremento delle temperature) i corrispondenti valori di punta di consumo sono inferiori alle punte ottenute nello scenario senza variazioni meteorologiche.

Nella successiva Tabella 13.3 sono riportati, in termini percentuali, i valori di variazione relativa delle punte di consumo ottenute con gli scenari minimo e massimo rispetto allo scenario senza correzione. Si osservi come la flessione delle punte di consumo stagionali sia più consistente di quella delle punte giornaliere, circa il doppio della massima riduzione ottenute per queste ultime.

Scenario climatico	Punta giornaliera di consumo per riscaldamento per tutte le tipologie di clienti [MSmc]					Punta stagionale di consumo per riscaldamento [GSmc]
	Novembre [15/11 – 30/11]	Dicembre [1/12 – 30/12]	Gennaio [1/1 – 31/1]	Febbraio [1/2 – 28/2]	Marzo [1/3 – 15/3]	
Senza correzione trend	197,26	228,25	249,79	234,07	214,23	20,57
Minima correzione trend	195,39	226,86	247,47	231,33	212,44	20,14
Massima correzione trend	193,91	225,51	245,90	230,23	210,86	19,90

Tabella 13.2: Punta giornaliera e punta stagionale di consumo per riscaldamento, sotto le diverse ipotesi di trend climatico.

Scenario climatico	Variazione relativa della punta giornaliera di consumo per riscaldamento per tutte le tipologie di clienti [%]					Variazione relativa della punta stagionale di consumo per riscaldamento [%]
	Novembre [15/11 – 30/11]	Dicembre [1/12 – 30/12]	Gennaio [1/1 – 31/1]	Febbraio [1/2 – 28/2]	Marzo [1/3 – 15/3]	
Minima correzione trend	-0,95	-0,61	-0,93	-1,17	-0,83	-2,09
Massima correzione trend	-1,70	-1,20	-1,56	-1,64	-1,57	-3,26

Tabella 13.3: Variazioni relative della punta giornaliera e stagionale di consumo negli scenari minimo e massimo rispetto allo scenario senza trend climatico.

14 PUNTA STAGIONALE E PUNTA GIORNALIERA DI CONSUMO, CON CORREZIONE DEL TREND CLIMATICO

14.1 Punta giornaliera e stagionale di consumo

Nel precedente capitolo sono state analizzate due ipotesi differenti di valutazione del riscaldamento sul territorio nazionale, la prima relativa alle variazioni minime e la seconda alle variazioni massime della temperatura su base secolare. Essendo i risultati ottenuti nelle ipotesi poco variabili in termini di punte di consumo si sceglie di considerare l'ipotesi media tra le due ottenendo i seguenti valori definitivi di punta giornaliera di consumo nazionale per riscaldamento su base mensile con frequenza 1 in 20 anni e di punta stagionale di consumo per riscaldamento con frequenza 1 in 20 anni relative a tutte le tipologie di clienti:

Punta giornaliera di consumo per riscaldamento per tutte le tipologie di clienti (con correzione trend climatico) [MSmc]						Punta stagionale di consumo per riscaldamento (con correzione trend climatico) [GSmc]
Unico sottoperiodo	5 sottoperiodi					
	Novembre [15/11 – 30/11]	Dicembre [1/12 – 30/12]	Gennaio [1/1 – 31/1]	Febbraio [1/2 – 28/2]	Marzo [1/3 – 15/3]	
248,41	194,65	226,19	246,69	230,78	211,65	20,02

Tabella 14.1: Punta giornaliera e punta stagionale di consumo per riscaldamento – con correzione del trend climatico

Per completezza riportiamo, nella successiva tabella, anche i valori di incertezza sulle stime effettuate riconducibili all'incertezza sulla stima del trend di incremento delle temperature adottato.

Incertezza sulla stima delle punte di consumo per riscaldamento dovuta all'incertezza del trend di crescita delle temperature [%]					
Novembre [15/11 – 30/11]	Dicembre [1/12 – 30/12]	Gennaio [1/1 – 31/1]	Febbraio [1/2 – 28/2]	Marzo [1/3 – 15/3]	Stagionale
±0,38	±0,30	±0,32	±0,24	±0,37	±0,60

Tabella 14.2: Stima dell'incertezza sui valori delle punte di consumo per riscaldamento dovuta alla incertezza dello scenario di cambiamento climatico ipotizzato.

Si osservi che i valori di incertezza riportati nella Tabella 14.2 sono, per le punte giornaliere, circa tre volte inferiori all'incertezza intrinseca nel modello adottato (cfr. cap. 17 e Tabella 17.1), mentre risulta essere superiore, di circa due volte, per quanto riguarda il valore relativo alla punta stagionale.

In Tabella 14.3 sono riassunti i valori relativi alla punta stagionale e giornaliera di consumo complessivo (consumo di base e consumo per riscaldamento) di tutti gli utenti allacciati alle reti di distribuzione, avendo applicato la correzione per trend climatico alle serie di gradi giorno. Come già fatto per i risultati senza correzione climatica (cfr. Tabella 12.2), i valori sono stati ottenuti sommando alla punta

giornaliera di consumo per riscaldamento il consumo di base giornaliero, pari a 37 MSmc, e alla punta stagionale di consumo il consumo di base per il periodo di punta stagionale, pari a 4,48 GSmc.

Punta giornaliera di consumo complessivo per tutte le tipologie di clienti (con correzione trend climatico) [MSmc]						Punta stagionale di consumo complessivo (con correzione trend climatico) [GSmc]
Unico sottoperiodo	5 sottoperiodi					
	Novembre [15/11 – 30/11]	Dicembre [1/12 – 30/12]	Gennaio [1/1 – 31/1]	Febbraio [1/2 – 28/2]	Marzo [1/3 – 15/3]	
285,41	231,65	263,19	283,69	267,78	248,65	24,50

Tabella 14.3: Punta giornaliera e punta stagionale di consumo complessivo – con correzione del trend climatico

14.2 Consumo medio giornaliero e stagionale

Infine, nelle Tabella 14.4 e Tabella 14.5 si riportano i valori di consumo per riscaldamento e di consumo complessivo di tutte le tipologie di clienti, in un inverno caratterizzato da condizioni climatiche medie. I consumi riguardano:

- Il consumo medio giornaliero, per ciascuno dei cinque sottoperiodi in cui è stato suddiviso il periodo di punta stagionale
- Il consumo relativo al periodo di punta stagionale

Consumo medio giornaliero per riscaldamento per tutte le tipologie di clienti (con correzione trend climatico) [MSmc]					Consumo medio per riscaldamento nel periodo di punta stagionale (con correzione trend climatico) [GSmc]
Novembre [15/11 – 30/11]	Dicembre [1/12 – 30/12]	Gennaio [1/1 – 31/1]	Febbraio [1/2 – 28/2]	Marzo [1/3 – 15/3]	
157,55	199,44	210,69	193,30	160,31	

Tabella 14.4: Consumo per riscaldamento per tutte le tipologie di clienti, relativi al periodo di punta giornaliera e di punta stagionale in un inverno medio

Consumo medio giornaliero complessivo per tutte le tipologie di clienti (con correzione trend climatico) [MSmc]					Consumo medio complessivo nel periodo di punta stagionale (con correzione trend climatico) [GSmc]
Novembre [15/11 – 30/11]	Dicembre [1/12 – 30/12]	Gennaio [1/1 – 31/1]	Febbraio [1/2 – 28/2]	Marzo [1/3 – 15/3]	
194,55	236,44	247,69	230,3	197,31	

Tabella 14.5 : Consumo complessivo per tutte le tipologie di clienti, relativo al periodo di punta giornaliera e di punta stagionale in un inverno medio

15 CONCLUSIONI

Il documento presenta una metodologia che permette all'AEEG di stimare il fabbisogno di gas utile alla determinazione degli obblighi di modulazione, per far fronte alle necessità dei clienti con consumo annuo inferiore o pari a 200.000 Smc (definiti con il termine di "clienti contemplati"). Tali obblighi, previsti dal decreto legislativo n. 164/00 articolo 18, commi 2 e 3, riguardano il servizio di modulazione adeguata alla domanda di un anno con inverno rigido con frequenza ventennale. In particolare gli obblighi fanno riferimento alle esigenze relative al periodo di punta stagionale e al periodo di punta giornaliera e sono finalizzati a garantire la sicurezza dell'approvvigionamento della suddetta tipologia di clienti. L'obbligo a fornire il servizio di modulazione ai clienti contemplati ricade sui soggetti che svolgono l'attività di vendita.

La metodologia determina i valori previsionali di punta giornaliera e punta stagionale di consumo su base locale (cioè a livello di ciascun pool di REMI), secondo quanto previsto dal decreto legislativo n. 164/00.

Lo studio è giunto alla determinazione della metodologia proposta attraverso l'analisi di alcune metodologie di previsione del consumo di gas per uso civile descritte in letteratura. La metodologia proposta adotta un approccio di risimulazione: esso richiede che venga determinata, sulla base dei dati di consumo degli ultimi anni, una funzione di conversione del valore giornaliero di temperatura (espressa in gradi giorno) in valore di consumo per riscaldamento. Sulla base di tale funzione di conversione viene generata la serie storica (43 anni) di valori risimulati di consumo giornaliero per riscaldamento a partire dalla corrispondente serie storica di temperature.

L'adozione di una metodologia basata sull'approccio della risimulazione permette di ottenere previsioni più precise in termini punta giornaliera di consumo. Infatti tale approccio rende possibile legare il consumo giornaliero a una molteplicità di variabili, quali la temperatura del giorno stesso, la temperatura dei giorni precedenti, la temperatura media storica del giorno in questione, il giorno della settimana a cui il consumo si riferisce. Dal punto di vista modellistico l'approccio di risimulazione consente una maggiore flessibilità in quanto la funzione di conversione stimata viene usata per prevedere valori giornalieri di consumo, sui quali viene poi condotta l'analisi statistica per determinarne le "punte".

La metodologia proposta esegue una previsione del consumo nazionale per riscaldamento di tutte le tipologie di clienti connessi alle reti di distribuzione, sulla base dei valori giornalieri di consumo nazionale degli ultimi 4 anni e della serie storica (43 anni) dei valori giornalieri di gradi giorno. Successivamente la previsione di consumo nazionale viene ripartita a su base locale (fino all'aggregato minimo del pool di REMI), facendo uso di coefficienti di ripartizione determinati dai consumi rilevati nell'ultimo anno. Infine per ciascun pool di REMI, viene determinata la quota parte di consumo attribuibile ai clienti contemplati.

Un altro aspetto affrontato nello studio riguarda la trattazione dell'influenza sulla previsione dei consumi da parte dei cambiamenti climatici riscontrabili negli ultimi anni. Un particolare effetto di tali cambiamenti climatici è il trend di aumento della temperatura riscontrabile nelle serie storiche dei gradi giorno. Tale fenomeno è stato debitamente tenuto in conto dalla metodologia proposta, intervenendo sulle serie storiche di gradi giorno per attualizzarle rispetto al trend climatico.

La metodologia è stata applicata per determinare la punta stagionale e giornaliera di consumo nazionale complessivo dei clienti connessi alle reti di distribuzione. La previsione è relativa all'inverno 2005-2006 ed è stata eseguita sulla base delle serie storiche di temperatura (in gradi giorno) giornaliera degli ultimi 43 anni e dei consumi giornalieri degli ultimi 4 anni. La ripartizione di tale previsione su base locale (su ciascun pool di REMI) e la determinazione, per ciascun pool di REMI, della quota parte attribuibile ai clienti contemplati secondo la metodologia generale illustrata nel presente studio (vedi par. 7) non è stata riportata nel presente rapporto in quanto oggetto di una attività ancora in corso.

Infine la metodologia è stata applicata per la previsione del consumo nazionale complessivo, relativo al periodo di punta giornaliera e di punta stagionale, in condizioni climatiche medie. Anche in questo caso

la previsione è relativa all'inverno 2005-2006 ed è stata eseguita sfruttando lo stesso insieme di dati utilizzati per le punte di consumo.

I risultati ottenuti sono riepilogati nelle tabelle seguenti:

Punta giornaliera di consumo complessivo per tutte le tipologie di clienti (con correzione trend climatico) [MSmc]						Punta stagionale di consumo complessivo (con correzione trend climatico) [GSmc]
Unico sottoperiodo	5 sottoperiodi					
	Novembre [15/11 – 30/11]	Dicembre [1/12 – 30/12]	Gennaio [1/1 – 31/1]	Febbraio [1/2 – 28/2]	Marzo [1/3 – 15/3]	
285,41	231,65	263,19	283,69	267,78	248,65	24,50

Tabella 15.1: Punta giornaliera e punta stagionale di consumo complessivo – con correzione del trend climatico

Consumo medio giornaliero complessivo per tutte le tipologie di clienti (con correzione trend climatico) [MSmc]					Consumo medio complessivo nel periodo di punta stagionale (con correzione trend climatico) [GSmc]
Novembre [15/11 – 30/11]	Dicembre [1/12 – 30/12]	Gennaio [1/1 – 31/1]	Febbraio [1/2 – 28/2]	Marzo [1/3 – 15/3]	
194,55	236,44	247,69	230,3	197,31	

Tabella 15.2 : Consumo complessivo per tutte le tipologie di clienti, relativo al periodo di punta giornaliera e di punta stagionale, in condizioni climatiche medie

APPENDICE

LA DISTRIBUZIONE GEV

La distribuzione GEV (Generalized Extreme Value) è in realtà una terna di distribuzioni caratterizzate dalle seguenti funzioni di distribuzione:

$$\text{Frechet} : F_{\alpha}(x) = \begin{cases} 0 & x \leq 0 \\ \exp(-x^{-\alpha}) & x > 0 \end{cases}$$

$$\text{Weibull} : F_{\alpha}(x) = \begin{cases} \exp(-(-x)^{\alpha}) & x \leq 0 \\ 1 & x > 0 \end{cases}$$

$$\text{Gumbel} : F_{\alpha}(x) = \exp(-e^{-x})$$

con $\alpha > 0$.

Usualmente viene utilizzata una differente parametrizzazione che raggruppa le tre classi sopra considerate in un'unica forma funzionale (parametrizzazione di Jenkinson – von Mises):

$$H_{\xi}(x) = \begin{cases} \exp(-(1 + \xi x)^{-1/\xi}) & \xi \neq 0 \\ \exp(-e^{-x}) & \xi = 0 \end{cases}$$

con $1 + \xi x > 0$.

Aggiungendo un parametro di locazione μ e un parametro di scala σ si ottiene la forma generale

$$H(x; \mu, \sigma, \xi) = \begin{cases} \exp(-(1 + \xi (\frac{x - \mu}{\sigma})^{-1/\xi}) & \xi \neq 0 \\ \exp(-e^{-\frac{x - \mu}{\sigma}}) & \xi = 0 \end{cases}$$

Il parametro ξ corrisponde all'inverso del parametro α nella precedente parametrizzazione.

L'importanza di questa distribuzione nella teoria dei valori estremi è dovuta al teorema di Fisher-Tippett:

Sia X_1, \dots, X_n una successione di variabili casuali indipendenti e identicamente distribuite e sia

$M_n = \max(X_1, \dots, X_n)$; se esistono delle costanti $c_n > 0$ e d_n tali che $\frac{M_n - d_n}{c_n} \rightarrow H$ in distribuzione, allora

H ha una distribuzione GEV.

In altre parole i massimi di variabili casuali indipendenti e identicamente distribuite tendono ad avere una distribuzione di tipo GEV, esattamente come le loro somme tendono ad avere una distribuzione normale in virtù del teorema del limite centrale.

Il teorema si estende anche al caso di debole dipendenza seriale. Nel caso di variabili meteorologiche tale distribuzione è spesso usata ad esempio per modellizzare i massimi annuali delle temperature.

Dal punto di vista della stima si utilizza tipicamente il metodo della massima verosimiglianza, che consiste nel massimizzare numericamente rispetto ai tre parametri μ, σ, ξ la funzione di logverosimiglianza

$$l(\mu, \sigma, \xi; X) = \ln L(\mu, \sigma, \xi; X) = \prod_{i=1}^n h_{\mu, \sigma, \xi}(X_i) I_{\left\{1 + \xi(X_i - \mu)/\sigma > 0\right\}}$$

dove h è la densità della distribuzione GEV e X_i il campione osservato.

La massimizzazione dal punto di vista numerico non presenta particolari problemi; abbiamo utilizzato la toolbox EVIM in ambiente Matlab.

Una volta fissati i parametri, è possibile determinare il quantile p -esimo della distribuzione semplicemente invertendo la funzione di distribuzione; si ottiene:

$$\hat{x}_p = \hat{\mu} - \frac{\hat{\sigma}}{\hat{\xi}} (1 - (-\ln p)^{-\hat{\xi}})$$

VALUTAZIONE DELLA PRECISIONE DELLA METODOLOGIA CESI

Per valutare l'effettivo miglioramento nella precisione dei valori di consumo giornaliero ottenibili con la metodologia CESI rispetto ai modelli lineari, abbiamo effettuato un confronto tra i risultati ottenuti con il modello CESI e il migliore modello lineare determinato su base mensile. Il modello lineare utilizzato consiste in otto diverse regressioni lineari i cui parametri sono stati stimati direttamente sul dataset di test. Le otto regressioni in questione modellano i consumi relativi ai giorni lavorativi (da lunedì a venerdì) e ai giorni non pienamente lavorativi (sabati e festivi in genere) dei quattro mesi su cui si svolge il test in questione. Le rette di regressione ottenute sono riportate in Figura 17.1 e in Figura 17.2. È sufficiente osservare le diverse pendenze delle regressioni lineari per intuire come sia semplicistico ridurre la modellazione dell'interazione temperatura/consumi giornalieri alla relazione di tipo gradiente generalmente impiegata nei metodi diretti.

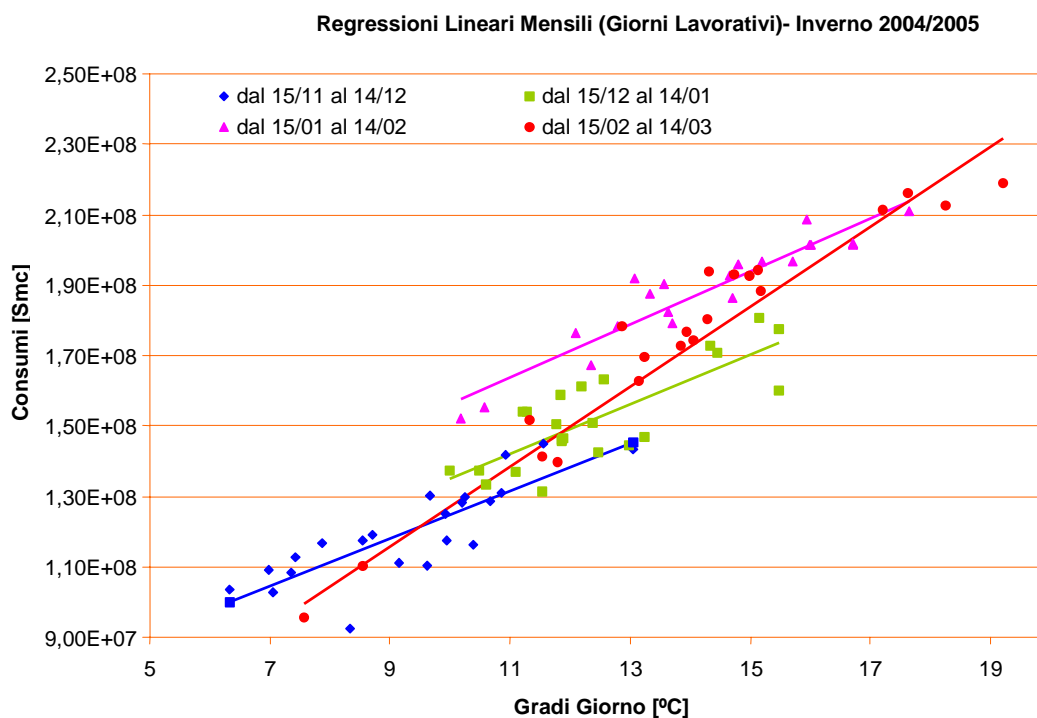


Figura 17.1: Rette di regressione lineare mensili per giorni lavorativi

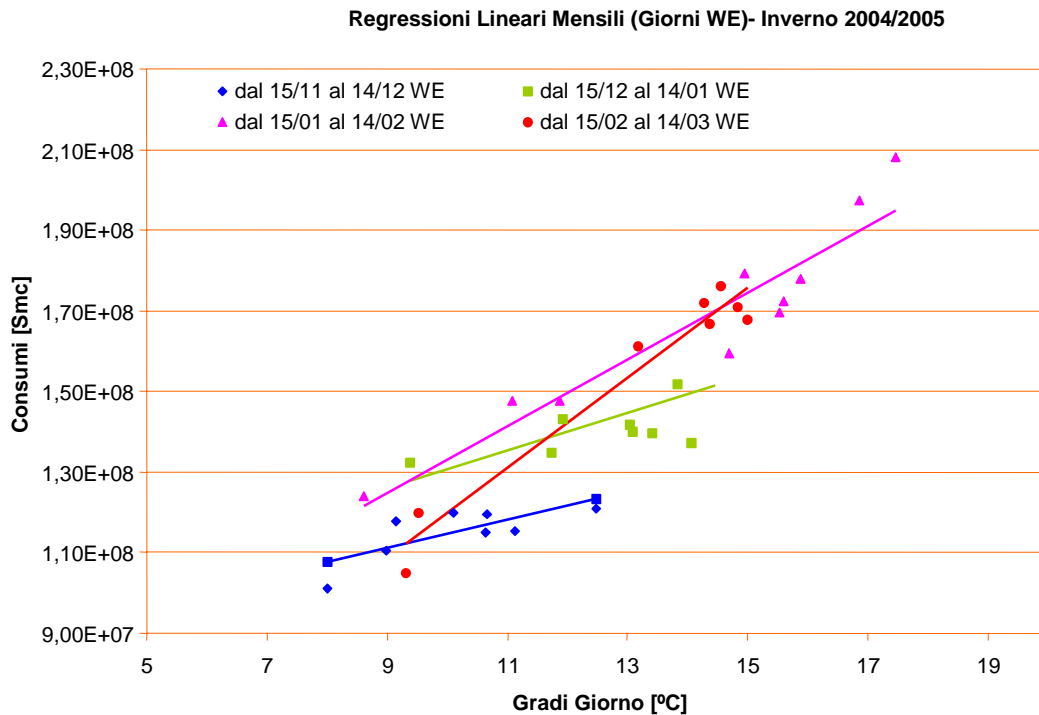


Figura 17.2: Rette di regressione lineare mensili per giorni non pienamente lavorativi

A titolo di esempio, nella Figura 17.3, riportiamo anche la componente polinomiale di terzo ordine della funzione di trasferimento definita nella metodologia CESI. Detta componente modella la relazione tra consumo giornaliero per riscaldamento e i gradi giorno dei tre giorni precedenti per la quota parte non depurata dalla componente quadratica dipendente dalla media mobile dei gradi giorno degli ultimi 15 giorni.

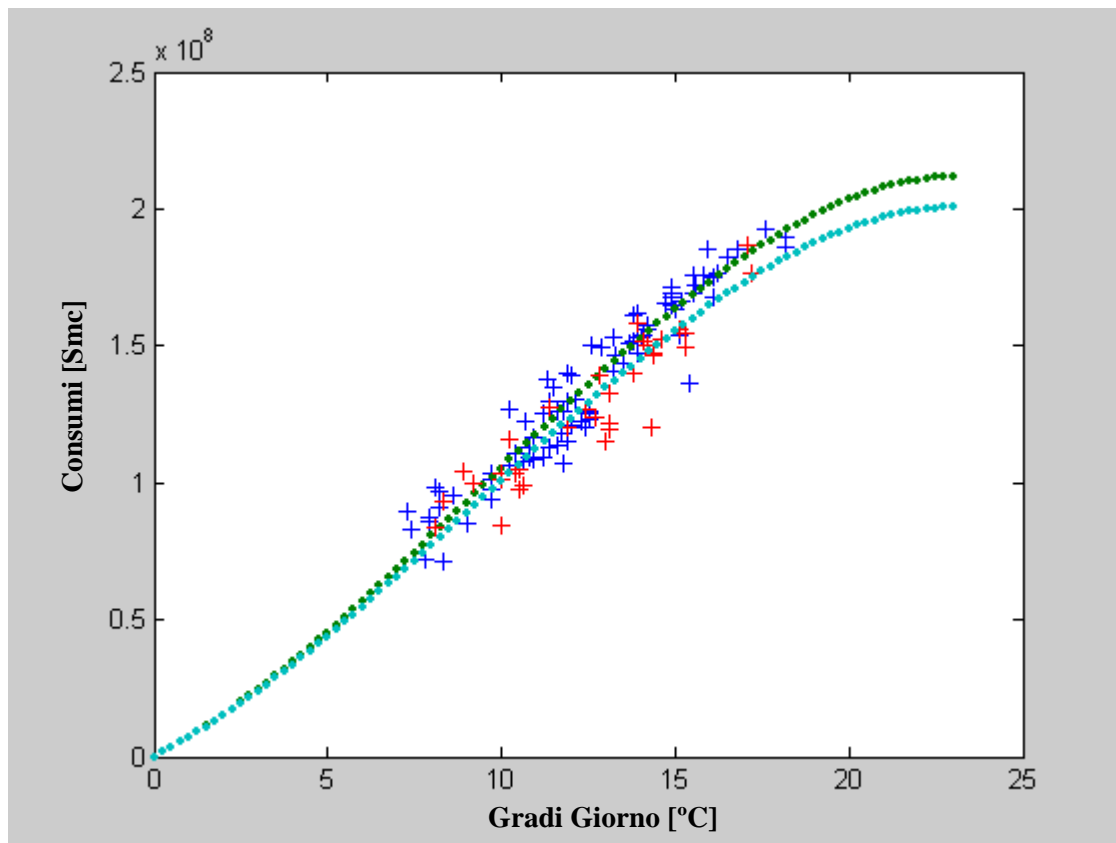


Figura 17.3: Componente polinomiale di ordine tre, differenziata per giorni lavorativi (verde) e non (celeste), della funzione di trasferimento della metodologia C

Il test di confronto viene effettuato analizzando la distribuzione dei residui ottenuti applicando i due modelli sull'inverno 2004/2005 nel periodo 15/11-15/03. Nella Tabella 17.1 riportiamo i parametri descrittivi della distribuzione dei residui. Il confronto delle distribuzioni è riportato nella Figura 17.3.

	Metodologia CESI		Regressione Lineare	
	[Smc]	[%]	[Smc]	[%]
Residui				
Medio	2,23E+05	0,12	3,42E+04	0,02
DevSt	3,04E+06	1,59	7,22E+06	3,76

Tabella 17.1: Confronto parametri descrittivi delle distribuzioni dei residui

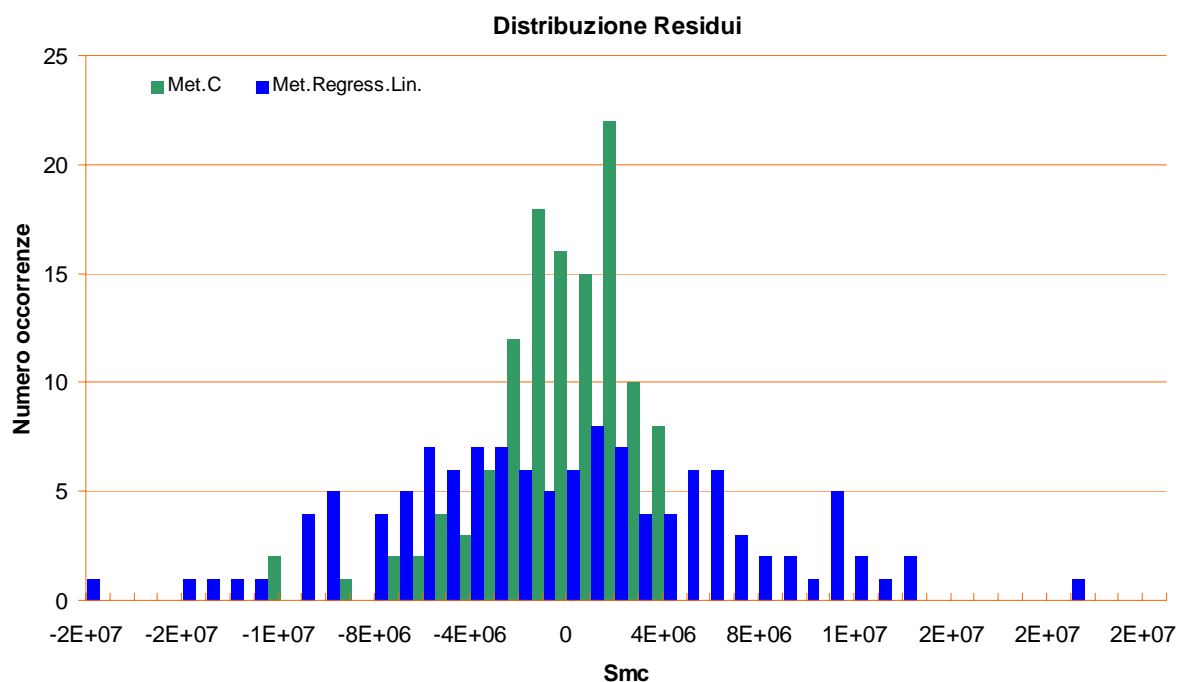


Figura 17.4: Distribuzione dei residui sull'inverno 2004/2005

I risultati ottenuti evidenziano un netto vantaggio nella qualità del fitting a favore del modello non-lineare implementato nella metodologia CESI. In particolare la deviazione standard dei residui si riduce quasi del 60%, dal 3,76% al 1,59% rispetto al consumo giornaliero medio. Ciò significa che, nota la temperatura di un giorno, nel risalire al consumo per riscaldamento di quel giorno attraverso l'impiego di una relazione lineare, si introduce un errore puntuale di conversione generalmente più che doppio rispetto a quello introdotto con la metodologia CESI.

Si noti che il modello lineare utilizzato nel precedente confronto è senz'altro un raffinamento del modello di conversione basato sul gradiente mensile, storicamente impiegato nelle metodologie dirette. Tale raffinamento consente di migliorare notevolmente la precisione dei risultati ottenibili con queste ultime metodologie. Infatti, lo stesso test eseguito con un modello a gradienti²⁶ anziché a regressioni lineari (ovvero togliendo un grado di libertà alla regressione e imponendo, in pratica, l'intercetta della regressione di ciascun mese uguale a zero) determina una deviazione standard dei residui pari a circa il 5,9% del consumo medio giornaliero, vale a dire il 470% della deviazione standard ottenuta con la funzione di trasferimento della metodologia CESI.

Quanto sopra evidenzia i risultati ottenuti da un modello diretto, basato sull'impiego dei gradienti mensili, hanno una precisione inferiore rispetto a quelli ottenuti da un metodo di risimulazione.

²⁶ Anche in questo caso i gradienti sono stati calcolati sul dataset di test, ottenendo così i migliori gradienti possibili per l'inverno 2004/2005, vale a dire i gradienti che minimizzano la varianza dei residui stessi.