

# *Energia elettrica, anatomia dei costi*



# Credits

---

## COORDINATORI DELLA MONOGRAFIA

**Massimo Gallanti.** Laureato in Ingegneria Elettronica all'Università di Bologna, lavora per più di 15 anni nelle strutture di R&D di ENEL (CISE e ENEL Ricerca), occupandosi di sistemi intelligenti per il controllo di processo, e dal 2000 al 2005 presso CESI con responsabilità di progetti sul mercato elettrico. Attualmente è Direttore del Dipartimento Sviluppo dei Sistemi Energetici di RSE, nel cui ambito si svolgono attività di valutazione di scenari evolutivi del sistema elettrico, studi di reti elettriche, con particolare riferimento alle smart grid, e valutazioni, anche sperimentali, di interventi di efficienza energetica nel settore residenziale, terziario e industria.

**Luigi Mazzocchi.** Laureato nel 1980 in Ingegneria Nucleare al Politecnico di Milano, dal 1981 al 1997 presso il CISE svolge attività di ricerca in campo termofluidodinamico, per applicazioni a impianti nucleari e convenzionali. Dal 1998 a oggi lavora presso ENEL Ricerca, CESI, RSE, con responsabilità di unità di ricerca operanti nel settore della generazione elettrica. Attualmente ricopre l'incarico di Direttore del Dipartimento Tecnologie di Generazione e Materiali di RSE, nel cui ambito si svolgono studi e sperimentazioni su impianti di generazione a fonti fossili e rinnovabili e su sistemi e tecnologie di accumulo di energia.

**Flavio Parozzi.** Laureato in Ingegneria Nucleare al Politecnico di Milano, da oltre trent'anni conduce attività di ricerca sulla sicurezza degli impianti di generazione elettrica nucleari e a combustibili fossili. La sua esperienza è maturata nelle strutture della ricerca nucleare ENEL, successivamente in CESI, infine in RSE, dove attualmente è Leading Scientist. Svolge attività di docenza e di tutoring collegati a corsi di laurea in Ingegneria, Fisica e Scienze Ambientali e, in ambito internazionale, a corsi specialistici sulla sicurezza delle installazioni energetiche. È membro della Commissione Energia dell'Ordine Ingegneri di Milano.

## CONTRIBUTI DI:

**Pierpaolo Girardi, Ettore Lembo, Massimo Meghella,  
Fabio Moia, Franco Polidoro, Laura Serri**  
*(Dipartimento Sviluppo sostenibile e Fonti Energetiche)*

**Michele Benini, Diego Cirio, Antonio Gatti,  
Giuseppe Mauri, Gianluigi Migliavacca, Stefano Rossi**  
*(Dipartimento Sviluppo Sistemi Energetici)*

**Fabio Armanasco, Vincenzo Fantini,  
Salvatore Guastella, Gian Antonio Zanetta**  
*(Dipartimento Tecnologie di Generazione e Materiali)*

**Mario Giuseppe Fanelli, Carlo Legramandi**  
*(Funzione Amministrazione)*

# Indice

	Sommario	<b>11</b>
	<i>Summary</i>	<b>13</b>
<b>Capitolo 1</b>	Introduzione	<b>15</b>
<b>Capitolo 2</b>	<b>I costi di generazione delle fonti e delle tecnologie</b>	<b>23</b>
<b>2.1</b>	Le ipotesi generali adottate per il calcolo del costo di generazione	<b>23</b>
<b>2.2</b>	Gli impianti a carbone	<b>24</b>
<b>2.3</b>	Gli impianti a ciclo combinato	<b>31</b>
<b>2.4</b>	Gli impianti idroelettrici	<b>39</b>
<b>2.5</b>	Gli impianti eolici	<b>44</b>
<b>2.6</b>	La conversione energetica della biomassa	<b>49</b>
<b>2.6.1</b>	Tipologie di biomassa	<b>50</b>
<b>2.6.2</b>	L'impiego nei motori a combustione interna	<b>52</b>
<b>2.6.3</b>	L'impiego nei motori a combustione esterna	<b>52</b>
<b>2.6.4</b>	I termovalorizzatori	<b>54</b>
<b>2.7</b>	Gli impianti fotovoltaici	<b>58</b>
<b>2.8</b>	Gli impianti geotermici	<b>64</b>
<b>2.9</b>	Gli impianti nucleari	<b>68</b>
<b>2.10</b>	Il mix italiano e i costi di produzione	<b>71</b>
<b>2.11</b>	La stima dei costi esterni per le diverse fonti	<b>72</b>
<b>2.11.1</b>	Una metodologia semplificata	<b>74</b>
<b>2.11.2</b>	Il confronto tra le fonti energetiche	<b>77</b>
<b>Capitolo 3</b>	<b>La generazione elettrica in Italia</b>	<b>81</b>
<b>3.1</b>	Il parco di generazione nazionale	<b>81</b>
<b>3.2</b>	Gli impianti termoelettrici	<b>83</b>
<b>3.3</b>	Gli impianti a fonte rinnovabile	<b>85</b>
<b>3.4</b>	Il parco di generazione europeo	<b>85</b>
<b>3.5</b>	Confronti internazionali	<b>86</b>
<b>3.6</b>	Il saldo import/export	<b>89</b>
<b>Capitolo 4</b>	<b>La bolletta elettrica nazionale e le sue principali componenti</b>	<b>95</b>
<b>4.1</b>	Il costo di approvvigionamento dell'energia	<b>97</b>
<b>4.1.1</b>	Servizio di maggior tutela	<b>100</b>
<b>4.1.2</b>	Mercato libero	<b>103</b>
<b>4.1.3</b>	Confronto dei prezzi al dettaglio tra mercato libero e servizio di maggior tutela	<b>105</b>
<b>4.2</b>	Il costo dei servizi di dispacciamento	<b>106</b>

---

## Indice

<b>4.2.1</b>	L'approvvigionamento delle risorse nel mercato per il servizio di dispacciamento	<b>108</b>
<b>4.2.2</b>	La copertura dei costi di modulazione della produzione eolica	<b>110</b>
<b>4.2.3</b>	La copertura dei costi delle unità essenziali per la sicurezza del sistema	<b>113</b>
<b>4.2.4</b>	La copertura dei costi riconosciuti per il funzionamento di TERNA	<b>115</b>
<b>4.2.5</b>	La copertura dei costi per la remunerazione della disponibilità di capacità produttiva	<b>115</b>
<b>4.2.6</b>	La copertura dei costi per la remunerazione del servizio di interrompibilità del carico	<b>115</b>
<b>4.2.7</b>	Confronto tra i corrispettivi unitari	<b>116</b>
<b>4.2.8</b>	Stima del costo annuo del servizio di dispacciamento	<b>117</b>
<b>4.3</b>	Il costo dei servizi di trasmissione, distribuzione e misura	<b>122</b>
<b>4.4</b>	Oneri generali di sistema	<b>126</b>
<b>4.5</b>	Oneri fiscali	<b>133</b>
<b>4.6</b>	Riassunto della bolletta elettrica nazionale	<b>137</b>
<b>Capitolo 5</b>	<b>Le criticità del sistema italiano</b>	<b>141</b>
<b>5.1</b>	Confronti internazionali	<b>141</b>
<b>5.2</b>	Scenario elettrico al 2030	<b>146</b>
<b>Capitolo 6</b>	<b>Le azioni necessarie per il prossimo ventennio e il ruolo della ricerca</b>	<b>159</b>
<b>6.1</b>	L'efficienza energetica	<b>160</b>
<b>6.2</b>	La competitività delle fonti rinnovabili	<b>161</b>
<b>6.3</b>	La flessibilità della generazione da gas naturale	<b>162</b>
<b>6.4</b>	L'accumulo di energia a basso costo	<b>164</b>
<b>6.5</b>	Il potenziamento della capacità di trasporto della rete	<b>165</b>
<b>6.6</b>	La rete di distribuzione intelligente	<b>165</b>
<b>6.7</b>	Sintesi dei benefici economici attesi dalle azioni di ricerca e innovazione	<b>166</b>
<b>6.8</b>	Nuove fonti programmabili a basse emissioni	<b>166</b>
	<b>Bibliografia essenziale e riferimenti</b>	<b>169</b>