

Nicola Armaroli  
Vincenzo Balzani

# ENERGIA PER L'ASTRONAVE TERRA

Chiamata finale

Quarta edizione

a cura  
di Stefano Dalla Casa

**ZANICHELLI**

#### **Diritti riservati**

I diritti di pubblicazione, riproduzione, comunicazione, distribuzione, trascrizione, traduzione, noleggio, prestito, esecuzione, elaborazione in qualsiasi forma o opera, di memorizzazione anche digitale e di adattamento totale o parziale su supporti di qualsiasi tipo e con qualsiasi mezzo (comprese le copie digitali e fotostatiche), sono riservati per tutti i paesi. L'acquisto della presente copia dell'opera non implica il trasferimento dei suddetti diritti né li esaurisce.

#### **Fotocopie e permessi di riproduzione**

Le fotocopie per uso personale (cioè privato e individuale, con esclusione quindi di strumenti di uso collettivo) possono essere effettuate, nei limiti del 15% di ciascun volume, dietro pagamento alla S.I.A.E. del compenso previsto dall'art. 68, commi 4 e 5, della legge 22 aprile 1941 n. 633. Tali fotocopie possono essere effettuate negli esercizi commerciali convenzionati S.I.A.E. o con altre modalità indicate da S.I.A.E.

Per le riproduzioni ad uso non personale (ad esempio: professionale, economico, commerciale, strumenti di studio collettivi, come dispense e simili) l'editore potrà concedere a pagamento l'autorizzazione a riprodurre un numero di pagine non superiore al 15% delle pagine del presente volume.

Le richieste vanno inoltrate a

CLEARedi Centro Licenze e Autorizzazioni per le Riproduzioni Editoriali  
Corso di Porta Romana, n. 108  
20122 Milano  
e-mail autorizzazioni@clearedi.org e sito web www.clearedi.org

L'editore, per quanto di propria spettanza, considera rare le opere fuori del proprio catalogo editoriale. La loro fotocopia per i soli esemplari esistenti nelle biblioteche è consentita, anche oltre il limite del 15%, non essendo concorrenziale all'opera. Non possono considerarsi rare le opere di cui esiste, nel catalogo dell'editore, una successiva edizione, né le opere presenti in cataloghi di altri editori o le opere antologiche. Nei contratti di cessione è esclusa, per biblioteche, istituti di istruzione, musei e archivi, la facoltà di cui all'art. 71 - ter legge diritto d'autore. Per permessi di riproduzione, diversi dalle fotocopie rivolgersi a ufficiocontratti@zanichelli.it

#### **Licenze per riassunto, citazione e riproduzione parziale a uso didattico con mezzi digitali**

La citazione, la riproduzione e il riassunto, se fatti con mezzi digitali, sono consentiti (art. 70 bis legge sul diritto d'autore), limitatamente a brani o parti di opera,

- esclusivamente per finalità illustrative a uso didattico, nei limiti di quanto giustificato dallo scopo non commerciale perseguito. (La finalità illustrativa si consegue con esempi, chiarimenti, commenti, spiegazioni, domande, nel corso di una lezione);
- sotto la responsabilità di un istituto di istruzione, nei suoi locali o in altro luogo o in un ambiente elettronico sicuro, accessibili solo al personale docente di tale istituto e agli alunni o studenti iscritti al corso di studi in cui le parti di opere sono utilizzate;
- a condizione che, per i materiali educativi, non siano disponibili sul mercato licenze volontarie che autorizzano tali usi.

Zanichelli offre al mercato due tipi di licenze di durata limitata all'anno scolastico in cui le licenze sono concesse:

A) licenze gratuite per la riproduzione, citazione o riassunto di una parte di opera non superiore al 5%. Non è consentito superare tale limite del 5% attraverso una pluralità di licenze gratuite,

B) licenze a pagamento per la riproduzione, citazione, riassunto parziale ma superiore al 5% e comunque inferiore al 40% dell'opera.

Per usufruire di tali licenze occorre seguire le istruzioni su [www.zanichelli.it/licenzeeducative](http://www.zanichelli.it/licenzeeducative)

L'autorizzazione è strettamente riservata all'istituto educativo licenziatario e non è trasferibile in alcun modo e a qualsiasi titolo.

#### **Diritto di TDM**

L'estrazione di dati da questa opera o da parti di essa e le attività connesse non sono consentite, salvi i casi di utilizzazioni libere ammessi dalla legge. L'editore può concedere una licenza. La richiesta va indirizzata a [tdm@zanichelli.it](mailto:tdm@zanichelli.it)

#### **File per sintesi vocale**

Il file mette a disposizione degli studenti non vedenti, ipovedenti, disabili motori o con disturbi specifici di apprendimento i file pdf in cui sono memorizzate le pagine di questo libro. Il formato del file permette l'ingrandimento dei caratteri del testo e la lettura mediante software screen reader. Le informazioni su come ottenere i file sono su [www.zanichelli.it/scuola/bisogni-educativi-speciali](http://www.zanichelli.it/scuola/bisogni-educativi-speciali)

#### **Grazie a chi ci segnala gli errori**

Segnalate gli errori e le proposte di correzione su [www.zanichelli.it/correzioni](http://www.zanichelli.it/correzioni). Controlleremo e inseriremo le eventuali correzioni nelle ristampe del libro. Nello stesso sito troverete anche l'errata corrige, con l'elenco degli errori e delle correzioni.

#### **Realizzazione editoriale:**

- Collana ideata da: Federico Tibone e Lisa Vozza
- Coordinamento editoriale: Elena Bacchilega, Stefano Dalla Casa, Lucia Sanna Bissani
- Redazione: Veronica Vannini
- Progetto grafico: Falcinelli & Co.
- Impaginazione: Francesca Ponti
- Disegni e grafici: Chiara Maccaferri, Roberto Marchetti
- Ricerca iconografica: Stefano Dalla Casa

#### **Copertina:**

- Progetto grafico: Falcinelli & Co.
- Artwork: Falcinelli & Co.
- Impaginazione: Francesca Ponti
- Immagine di copertina: Henrik5000/iStock Photo; malija/iStock Photo

Prima edizione: 2008

Edizione aggiornata e ampliata: 2011

Terza edizione: 2017

Quarta edizione: ottobre 2024

#### **Ristampa:**

5 4 3 2 1                      2025 2026 2027 2028 2029

Stampa: Grafica Ragno

Via Lombardia 25, 40064 Tolara di Sotto - Ozzano Emilia (Bologna)

per conto di Zanichelli editore S.p.A.

Via Innerio 34, 40126 Bologna

## INDICE

Prefazione alla quarta edizione	7
Introduzione	II
1. Che cos'è l'energia	17
Senza energia non si può fare nulla. Anzi: non può succedere nulla. Ma quanti di noi sono capaci di definirla in modo rigoroso? Partiamo da qui.	
2. Ieri e oggi	43
In 150 anni il mondo è cambiato radicalmente grazie all'energia dei combustibili fossili. Per capire la portata della grande transizione energetica oggi in atto, dobbiamo capire che cosa è successo prima.	
3. Quanta energia sprechiamo?	71
Dall'agricoltura ai trasporti, una parte dell'umanità ha goduto dell'enorme disponibilità di energia a basso costo dei combustibili fossili, ma questa ha anche ampliato lo spreco energetico rendendolo una delle caratteristiche principali del nostro stile di vita.	

4. **L'energia nella stiva: i combustibili fossili** 93  
I combustibili fossili sono una risorsa non rinnovabile e distribuita in modo diseguale sul pianeta.  
Devono essere estratti, lavorati e poi trasportati in un flusso continuo. Raggiungere i giacimenti nelle viscere della Terra sta diventando sempre più difficile e costoso.
5. **Cambiamenti climatici e altri danni** 119  
Il riscaldamento globale antropogenico è causato prevalentemente dalle emissioni serra dei Paesi che per primi si sono sviluppati grazie ai combustibili fossili.  
Cambiamenti climatici e inquinamento causano danni all'agricoltura, alle infrastrutture e alla salute umana.
6. **Energia nucleare: il sogno fallito** 141  
Nel dopoguerra si pensava che l'energia nucleare avrebbe risolto tutti i nostri problemi energetici. Questo non è accaduto e, nel frattempo, sono emersi diversi nuovi problemi.  
Il flop del nucleare non è colpa degli ambientalisti.
7. **Energia dall'aria, dall'acqua e dalla Terra** 173  
Gli impianti eolici, idroelettrici e geotermici producono elettricità e calore rinnovabili attraverso tecnologie ben collaudate. I primi si stanno sviluppando in tutto il mondo a ritmi molto elevati, e sono tra i pilastri della transizione energetica.
8. **Energia dal Sole e opzione idrogeno** 201  
Il solare fotovoltaico ha avuto uno sviluppo dirimpente, ma esistono anche altri modi di sfruttare l'energia del Sole.  
Per esempio, ci servirà per produrre idrogeno come vettore energetico da impiegare in settori difficili da decarbonizzare, come l'industria pesante.
9. **La transizione energetica** 243  
Un mondo alimentato al 100% da fonti rinnovabili è possibile, ma è necessario che i paesi ricchi riducano il loro consumo energetico. Bisogna anche scegliere le tecnologie adatte per ogni specifico impiego: le scelte non sono tutte uguali.

10. L'unico futuro possibile	281
La civiltà moderna è a una svolta: fiorita grazie ai combustibili fossili, deve ora accettare la progressiva e inevitabile rinuncia a questa comoda e potente fonte energetica.	
In questa prospettiva, molte cose devono cambiare nella politica, e nell'economia. E la scienza deve far sentire più forte la sua voce.	
Le fonti di questo libro	301
15 miti da sfatare	305
Forse non sapevi che...	315
Indice analitico	325