



# Fonti di energia rinnovabili

L'energia rinnovabile è l'energia che viene raccolta da risorse rinnovabili, che sono naturalmente reintegrate in *una scala temporale umana*, come la luce solare, il vento, la pioggia, le maree, le onde ed il calore geotermico.

Forme di energia solare indiretta: energia idroelettrica

energia eolica

energia dalle maree e dalle onde

Energia geotermica

Energia solare diretta:

energia fotovoltaica

concentratori termici

(energia da biomasse)

Un problema comune delle fonti di energia solare, eolica, delle onde e delle maree è la loro variabilità nell'arco di brevi periodi di tempo e la totale indisponibilità, per ore o giorni. Discuteremo quindi anche la conseguente necessità

<http://www.ilsole24ore.com/art/commenti-e-idee/2018-04-17/le-due-facce-dell-italia-rinnovabili-174929.shtml?uuid=AENpI8ZE>

**Lato A:** l'Italia è ancora tra [i Paesi più forti nell'energia rinnovabile](#) con aziende che fanno scuola nel mondo.

**Lato B:** gli investimenti italiani in energia **rinnovabile** si rivolgono quasi tutti all'estero, mentre in Italia le centrali elettriche invecchiano e si avvicinano all'età della pensione, centrali termoelettriche comprese.

Il nuovo **rapporto Irex**, decima edizione, è stato presentato a Roma e secondo gli analisti dell'Althesys guidati dall'economista Alessandro Marangoni in Italia nel 2017 c'è stato un raddoppio impressionante degli investimenti in energia pulita. I numeri del raddoppio: 13,5 miliardi di euro pari alla potenza di 13.400 megawatt contro i 6.800 megawatt di nuovi investimenti del 2016.

<http://www.enea.it/it/seguici/publicazioni/pdf-sistema-energetico-italiano/01-bollettino-trimestrale-2018.pdf>

## L'energia idroelettrica

### 8.1 Uso potenziale e impiego

Di tutte le forme di energia rinnovabile, quella idroelettrica è di gran lunga la più importante, con una capacità installata di circa 1000 GW. Nel mondo costituisce circa l'80% di tutta l'energia rinnovabile (a esclusione di quella basata sulla biomassa), circa il 16% della capacità elettrica globale e circa il 3% dell'energia commerciale globale. Sebbene in alcune aree la sua disponibilità dipenda dai quadri stagionali delle precipitazioni, in generale l'energia idroelettrica rappresenta una risorsa più affidabile dell'energia solare o eolica.

L'energia idroelettrica è una forma indiretta di energia solare. Nel ciclo idrologico, l'energia del Sole fa evaporare acqua dagli oceani, dai laghi, dai fiumi e dal terreno e attraverso il vento trasporta le molecole di  $H_2O$  verso l'alto nell'atmosfera. Dopo che si sono condensate in gocce d'acqua, queste molecole possiedono ancora una quantità considerevole di energia potenziale dovuta all'alta quota, solo una porzione della quale viene dissipata se cadono su un terreno o su di uno specchio d'acqua al di sopra del livello del mare. È possibile intrappolare una parte dell'energia potenziale residua di quest'acqua facendo sì che, scorrendo verso il basso, faccia ruotare le turbine per la produzione di elettricità.

- Dighe e cascate  
(impatto ambientale)
- Volume d'acqua e altezza

Sebbene esistano piccoli impianti idroelettrici che utilizzano il corso di un fiume, la maggior parte dei grandi impianti utilizza dighe e cascate, dove la pressione dell'acqua – e con essa la resa in termini di potenza – è molto maggiore. In particolare, l'energia trasmessa a una turbina dall'acqua in caduta è direttamente proporzionale non solo al volume dell'acqua ma anche dall'altezza da cui essa cade. Per questa ragione, i nuovi progetti idroelettrici di solito prevedono la costruzione di un'alta diga lungo il corso di un fiume. In questo modo l'acqua si raccoglie dietro alla diga elevandola a un'altezza considerevole; l'acqua cade quindi per una certa distanza prima di incontrare le turbine posizionate in basso. Allo stesso tempo, la raccolta dell'acqua dietro alla diga allaga vaste aree di terra, creando un lago e una serie di problemi ambientali che verranno trattati in seguito.

L'energia idroelettrica è una risorsa diffusa. Se fossero sfruttate tutte le fonti idroelettriche mondiali la quantità totale di energia ottenuta sarebbe di circa 100 EJ all'anno, ma al momento viene ottenuto circa il 20% di questo valore. La maggior parte dei siti nei paesi sviluppati che richiedono poche modifiche per essere usati a tale scopo e che si trovano a distanza ragionevole dai centri abitati che utilizzano quantità considerevoli di energia elettrica sono già stati sfruttati. Per esempio, circa il 75% degli impianti praticabili in Europa sono in corso di sfruttamento.

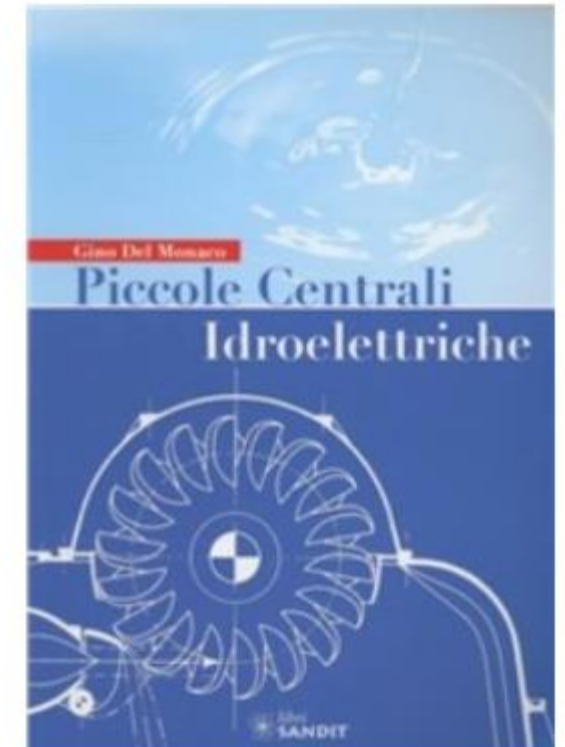
Tuttavia, esistono numerosi sistemi fluviali in molti paesi in via di sviluppo – specialmente in Africa, Sud America e Asia – dove, attraverso la costruzione di dighe, stanno sviluppando considerevoli fonti di energia idroelettrica di nuova realizzazione. Un esempio è la diga di Merowe nel Sudan settentrionale, situata sul Nilo. Globalmente sono in corso di costruzione installazioni per oltre 100 GW di capacità idroelettrica.



...rica. Il costo di costruzione va da 1 a 5 miliardi di dollari per megawatt di capacità seconda delle dimensioni e del sito di costruzione. Le modificazioni dei quadri delle precipitazioni e lo scioglimento dei ghiacciai prodotti dal cambiamento climatico potrebbero ridurre in futuro il potenziale di energia idroelettrica in alcune regioni.

## Small Hydro o «Mini idroelettrico»

Il piccolo **idroelettrico** può essere ulteriormente suddiviso in sub classifiche: **mini idroelettrico**, per impianti di meno di 15 MW di potenza; **micro idroelettrico**, che comprende impianti di potenza inferiore ai 100 kW; **pico idroelettrico**, che comprende impianti di potenza inferiore a 5 kW, con utilizzi di salti di ...



## 12 Problemi ambientali

Sebbene di solito si pensi all'energia idroelettrica come a una risorsa non inquinante, vi sono dei costi ambientali e sociali associati a essa, specialmente quelli relativi alla creazione dei bacini contenuti dalle dighe. I più importanti di questi costi comprendono:

- **la necessità di spostare le popolazioni umane** dalle terre allagate per la creazione di bacini idroelettrici;
- **l'eutrofizzazione dell'acqua dei bacini;**
- **il rilascio di gas serra**, in particolare metano, dalle aree allagate;
- **il rilascio di mercurio** nell'acqua del bacino e, conseguentemente, nei pesci che vivono nell'acqua e nelle popolazioni umane che se ne cibano; questo argomento è discusso in maggiore dettaglio nel Caso di studio *Mercury Pollution and the James Bay Hydroelectric Project (Canada)* [Inquinamento da mercurio e progetto idroelettrico alla James Bay (Canada)] nel sito web e nel Capitolo 12;
- **la devastazione della fauna ittica**, come quella dei salmoni, a causa dell'interruzione delle loro rotte migratorie dovuta alle dighe;
- **l'accumulo di limo dietro alle dighe**, con il conseguente ridotto trasporto nelle aree a valle.



Il progetto idroelettrico più grande al mondo è la *diga delle Tre gole* a 26 turbine in Cina, completata nel 2009, che fornisce 18 MW di energia – l'equivalente di cinque grandi centrali elettriche a carbone – ed è costata 25 miliardi di dollari. Sebbene siano dovute spostare oltre un milione di persone che vivevano in quell'area, la diga controlla anche l'esondazione del fiume Yangtze, salvando così migliaia di vite.

L'espansione di terreno paludoso successiva all'allagamento deliberato di ampie aree per produrre un bacino d'acqua esteso e profondo generalmente crea un ampio lago che copre centinaia o anche migliaia di chilometri quadrati; per esempio la diga delle Tre gole ha prodotto un lago lungo 660 km. In questi laghi l'acqua profonda è di solito anaerobia, specialmente se il terreno allagato non è stato prima liberato dalla vegetazione. La decomposizione anaerobica degli alberi, dei ceppi, ecc. presenti sul terreno produce in volumi quasi uguali biossido di carbonio e metano che dalla superficie dell'acqua entrano nell'atmosfera. L'emissione, specialmente di metano, da questi bacini è significativa, dato che si tratta di un gas molto così pericoloso.

I bacini piccoli e profondi producono ed emettono molto meno metano di quelli poco profondi che contengono grandi aree di biomassa allagata, come quelli sul Rio delle Amazzoni brasiliano. Come indicato nel Paragrafo 5.14, il riscaldamento globale combinato del metano e del biossido di carbonio prodotti da un bacino poco profondo creato per generare energia idroelettrica può superare per molti anni quello che

sarebbe stato prodotto dal biossido di carbonio emesso da una centrale elettrica a carbone di pari potenza.

Anche dopo che la vegetazione originale si è decomposta, le nuove piante cresciute sulle sponde del lago durante la stagione secca, quando i livelli dell'acqua sono bassi, possono essere in parte allagate dall'acqua quando i livelli nella stagione

## L'energia eolica

### 8.3 Introduzione

I venti sono flussi d'aria prodotti dalla tendenza delle masse d'aria soggette a riscaldamento diverso, e che pertanto hanno sviluppato pressioni differenti, a superare tali pressioni. L'aria naturalmente scorre dalle regioni ad alta pressione verso quelle a bassa pressione. Il riscaldamento dell'aria è il risultato diretto o indiretto del assorbimento della luce solare; in effetti, circa l'1-2% dell'energia solare ricevuta sulla Terra viene trasformata in energia dei venti. Gran parte di questa energia solare diretta è potenzialmente disponibile come **energia eolica**, sebbene al momento è sfruttata solo lo 0,05%.

Le aree polari ricevono meno luce solare – e quindi meno calore – rispetto a quelle tropicali. Per ridurre la risultante differenza di temperatura fra le regioni tropicali e quelle polari, nell'atmosfera si manifestano i venti come accade per le correnti nell'oceano. L'aria e l'acqua calde vengono trasportate verso i poli, mentre l'aria e l'acqua fredde vengono trasportate nella direzione opposta, verso l'equatore. Tuttavia, questi flussi non seguono traiettorie semplici a causa di fattori come il moto rotatorio della Terra intorno al suo asse e l'effetto prodotto dai continenti da essi attraversati.

La forza del vento può essere sfruttata come potenza motrice o per generare energia elettrica nello stesso modo in cui la forza di un flusso d'acqua viene usata nelle centrali idroelettriche. Storicamente, i forti e sostenuti venti degli stati centrali dell'America del nord sono stati sfruttati dai mulini a vento utilizzati fino alla fine del XX secolo per pompare acqua e, in seguito, per generare piccole quantità di elettricità in singole fattorie. I mulini a vento erano già in uso in Europa – specialmente in Olanda – da secoli, dopo che erano stati inventati in Persia più di mille anni fa.

## 8.4 Energia eolica su vasta scala

Negli ultimi decenni, è stata sviluppata la produzione su larga scala di elettricità da parte di enormi mulini a vento ad alta tecnologia raccolti in "fattorie del vento". Attualmente l'energia eolica è la fonte di energia in maggior crescita al mondo, sia in termini di capacità installata (sebbene non in termini assoluti), e a partire dalla fine degli anni '90 ha mostrato un tasso di crescita eccezionale. La capacità cumulativa dell'energia eolica è cresciuta quasi esponenzialmente per oltre un decennio almeno fino al 2010, come illustrato nella Figura 8.1.

La capacità globale di energia eolica nel 2010 era di circa 200 GW, circa il 16% della capacità mondiale di elettricità. Nel 2010 la Cina e gli Stati Uniti avevano

le maggiori quantità di capacità installate, insieme a Germania, Spagna e India. Sebbene la Cina sia stata responsabile di oltre metà dei nuovi impianti negli ultimi anni, l'Europa possiede complessivamente metà del totale già installato. È importante distinguere fra capacità installata e produzione di energia eolica vera e propria. Per esempio, sebbene solo terza in termini di capacità globale, la Spagna nel 2010 ha prodotto più energia eolica di ogni altro paese, un valore pari al 16% del suo bisogno di elettricità totale superato solamente da Danimarca e Portogallo.

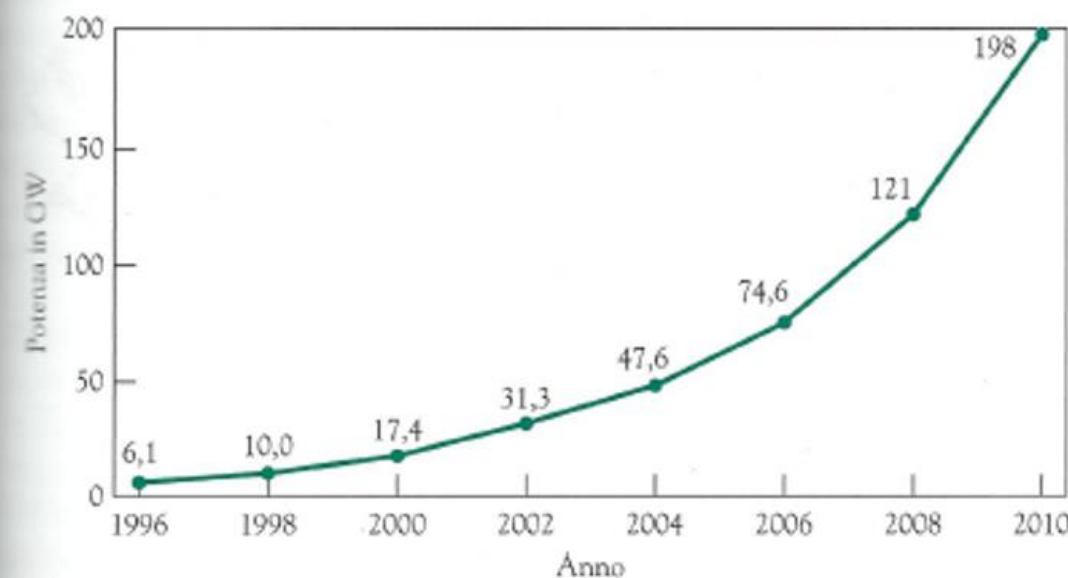


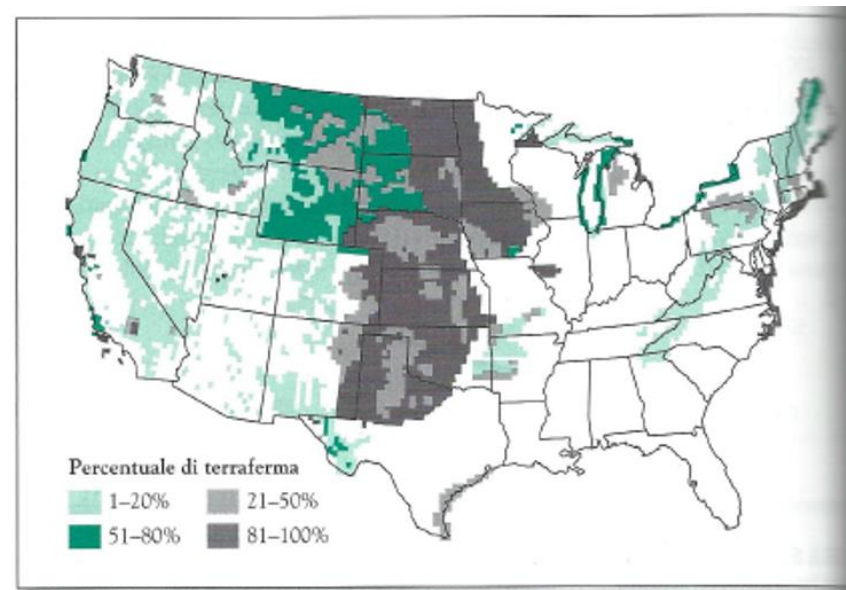
FIGURA 8.1 Capacità cumulativa globale dell'energia eolica. [Fonte: Renewable Energy Policies Network for the 21<sup>st</sup> Century, *Renewables 2011 Global Market Report*.]



Tecnicamente, a partire dal vento si potrebbe produrre una quantità di energia elettrica molte volte maggiore di tutta l'energia attualmente prodotta a livello mondiale. Però per soddisfare le necessità energetiche del mondo soltanto con questa fonte sarebbe necessario occupare un'estensione di terraferma grande come la Cina. Più realisticamente, l'energia eolica potrebbe essere incrementata fino a fornire forse un quinto dell'elettricità mondiale.

Se non si prendesse in considerazione il costo, allora il paese con il potenziale maggiore di energia eolica sarebbe gli Stati Uniti. In effetti, gli USA hanno un potenziale di energia eolica sufficiente a generare tutta l'energia da essi prodotta attualmente per il prossimo futuro, sebbene nel 2008 ne abbiano coperto in questo modo solo il 22%. Circa il 90% del potenziale statunitense di energia eolica si trova in dodici stati del Midwest, che vanno dal Nord Dakota al Texas settentrionale (vedi la Figura 8.2), sebbene la domanda maggiore di elettricità si riscontri in aree lontane.

**FIGURA 8.2** Percentuale di terraferma stimata con una potenza eolica di classe 3 o maggiore in regioni contigue degli Stati Uniti. [Fonte: "Wind Energy Resource Atlas of the United States", Capitolo 2.]



## 8.5 Velocità del vento e dimensioni dei mulini a vento

Come ci possiamo intuitivamente aspettare, tanto maggiore è la velocità  $v$  del vento, tanto maggiore è la quantità di energia che un mulino o una turbina a vento possono produrre. In effetti, la produzione di energia aumenta in modo molto netto con la velocità del vento. **La resa energetica del vento è proporzionale a  $v^3$ , cioè alla terza potenza della velocità del vento.** Di conseguenza, piccoli aumenti della velocità producono un grande incremento della resa; per esempio, un aumento da 22 a 26 miglia all'ora migliora la resa energetica di due terzi.

Da 35 a 42 km/h

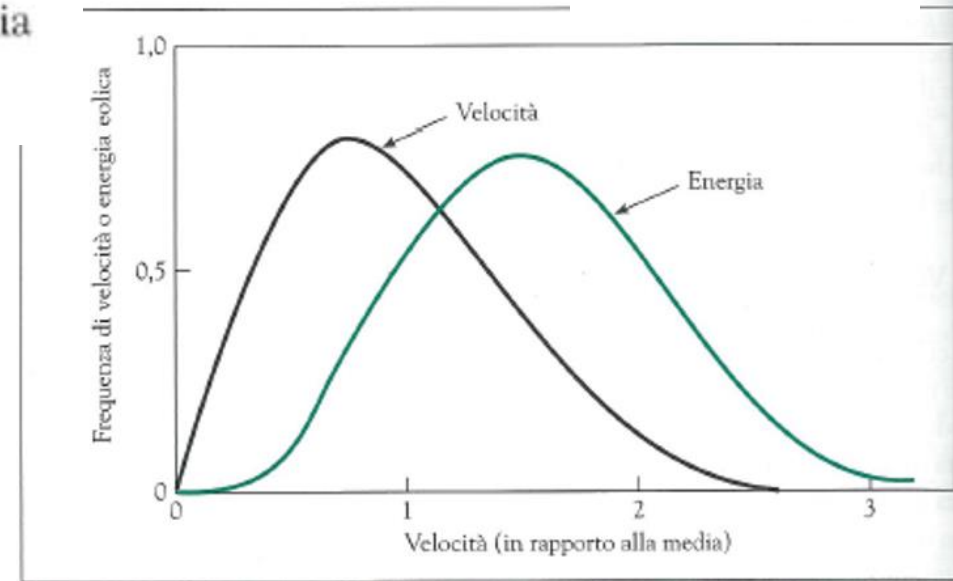
La dipendenza cubica dell'energia prodotta dalla velocità del vento è il risultato di due fattori.

- Primo, l'energia cinetica dello spostamento della massa d'aria nella direzione del vento è proporzionale al quadrato della velocità dell'aria, dato che dalla fisica sappiamo che ogni corpo in movimento ha un'energia cinetica pari a  $mv^2/2$ .
- Secondo, la quantità di vento che passa sopra alle pale per unità di tempo aumenta linearmente in modo direttamente proporzionale alla velocità del vento.

L'energia disponibile per una turbina a vento è uguale al prodotto di questi due fattori, cosicché è proporzionale a  $v^3$ .

La velocità del vento varia ampiamente nella maggior parte delle aree. Una distribuzione tipica è mostrata dalla curva nera nella Figura 8.3, in cui la frequenza di

**FIGURA 8.3** Distribuzione media teorica della velocità del vento e dell'energia eolica da essa ottenuta.



...enza di una data velocità del vento  $v$  viene messa in rapporto con la velocità stessa normalizzata al suo valore medio  $v_m$ . Il picco della distribuzione si verifica a  $0,8 v_m$ . La distribuzione dell'energia che risulta da questa curva di distribuzione è mostrata nella Figura 8.3 dalla curva verde, che è spostata nettamente sulla destra della distribuzione della velocità del vento, dato che l'energia è proporzionale al cubo di quella. La distribuzione di energia ha il suo picco a  $1,6 v_m$ . Chiaramente a basse velocità del vento si può ottenere poca energia rispetto a quella ottenibile ad alte velocità.



A velocità del vento molto alte, i mulini vengono spenti per evitare danni alle pale. La maggior parte dei mulini a vento opera all'incirca per tre quarti del tempo, ma le pale girano spesso molto lentamente, a una velocità considerevolmente inferiore rispetto al valore corrispondente a una generazione ottimale di energia ma al di sopra della velocità "di soglia", al di sotto della quale non vale la pena di far andare il sistema. In media, il *fattore di capacità* di un mulino a vento – cioè il rapporto fra quanto effettivamente produce diviso per quanto si potrebbe ottenere se operasse al suo *valore nominale* per il 100% del tempo – secondo quanto registrato con le moderne esperienze è circa un terzo. Perciò ci vorrebbero circa 300 MW di capacità elettrica teorica di energia eolica per sostituire 100 MW di capacità elettrica da combustibili fossili.

**Energia elettrica che il mulino a vento può produrre è proporzionale al quadrato della lunghezza delle sue pale**, dato che l'area che la pala attraversa è proporzionale al quadrato della sua lunghezza. Poiché la velocità del vento aumenta con l'altezza, una turbina alta è più efficiente. Tuttavia, la massa del rotore della turbina aumenta con il cubo della lunghezza della pala, e ciò aumenta in modo sproporzionato rispetto al crescere delle dimensioni.

Ogni mulino a vento in una fattoria del vento estrae energia dal flusso di aria su di esso, sicché i singoli mulini devono essere in una certa misura fisicamente separati l'uno dall'altro. Per ragioni tecniche, non più di un terzo dell'energia che passa da un mulino a vento può essere estratta dal flusso dell'aria che lo circonda.

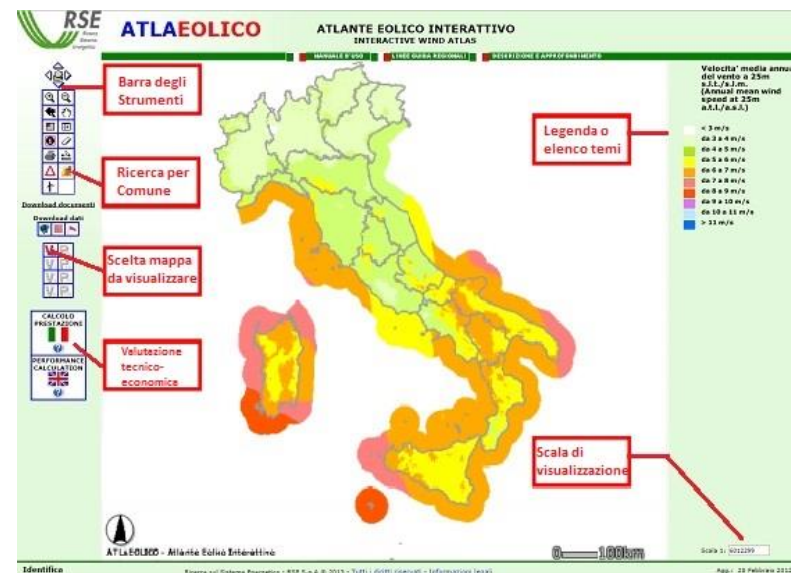
## Siti potenziali per l'energia eolica

In conseguenza della conformazione locale del terreno, certe regioni geografiche presentano condizioni di ventosità quasi costante. Le aree geografiche di solito vengono classificate in sette diverse classi in termini di potenziale per l'energia eolica, di cui la classe 7 ha il potenziale maggiore. I luoghi ideali per le fattorie del vento sono quelli che presentano un flusso quasi costante di venti non turbolenti in tutte le stagioni. L'energia eolica aumenta nettamente in modo proporzionale alla velocità del vento, i luoghi che presentano improvvise sferzate di vento ad alta velocità non sono considerati favorevoli. Per essere considerato economicamente sfruttabile, il luogo deve trovarsi a una quota inferiore ai 2000 m e deve presentare velocità medie del vento di almeno 5 m/s (corrispondenti a 18 km/h). Alcuni esperti utilizzano il crite-

rio di velocità medie annuali maggiori o uguali a 6,9 m/s (25 km/h) misurate ad altezza di 80 m, corrispondente a quella della punta della pala di un moderno mulino a vento, come quelle migliori per la generazione di energia eolica a basso costo. Questi siti sono considerati siti di energia eolica di classe 3 o superiore (vedi la Figura 5.1).

Le regioni con il potenziale per un'alta produzione di energia eolica a costi contenuti sono Stati Uniti, Canada, Sud America, l'Europa dell'OCSE e i paesi dell'ex URSS. Le aree con il potenziale minore sono Africa, Europa orientale e Asia meridionale. Nella maggior parte delle zone, il potenziale eccede l'attuale utilizzo di elettricità. All'interno di un dato paese, i luoghi migliori sono di solito i passi montani, le pianure poste in alto sul livello del mare e le aree costiere. In generale, la velocità del vento tende ad aumentare con l'altezza.

<http://atlanteeolico.rse-web.it/>





**Molte nuove fattorie del vento si trovano su coste lambite dal mare.** Le brezze estive diurne costiere sono prodotte dalla differenza di densità dell'aria al di sopra dell'acqua e al di sopra della terraferma adiacente. Dato che la luce solare riscalda la terra secca più rapidamente dell'acqua, l'aria al di sopra della terraferma tende a diventare più calda di quella sopra un lago o il mare. Dato che l'aria calda tende a salire – per la sua minore densità (secondo la legge dei gas, la densità è inversamente proporzionale alla temperatura in gradi Kelvin) – e a spostarsi verso il mare, l'aria rimanente presente sulla superficie della terraferma viene ad avere una pressione e una densità minori di quella sul mare.

Zone poco profonde situate in mare aperto e molto ventose, come i banchi di sabbia nel mare della Danimarca e dell'Irlanda, sono siti ideali e vengono attualmente utilizzati in modo estensivo per la costruzione di fattorie del vento. In effetti, la installazione a largo è comune in Europa, di solito in acque profonde 8-10 m. Gli impianti di questo tipo nel New England, sul Lago Erie, e a largo delle coste degli Stati Uniti americani posti a metà della costa Atlantica potrebbero da soli generare fino al 10% delle riserve di elettricità degli USA. Tuttavia, le condizioni fisiche di alcuni particolari siti a largo sono piuttosto difficili, ed è altrettanto difficile operare la manutenzione delle turbine in mare aperto. Le acque della costa occidentale dell'America nord sono troppo profonde per porvi delle fattorie del vento, e quelle degli Stati Uniti del sud-est hanno una frequenza troppo alta di uragani.

## 8.7 Considerazioni pratiche

Rispetto ad altre forme di generazione di energia – i combustibili fossili o le centrali idroelettriche o nucleari – le torri eoliche devono essere numerose e in qualche modo disperse, dato che ciascuna cattura una quantità di energia relativamente modesta. In effetti la caratteristica della maggior parte delle forme di energia rinnovabile, comprese le celle solari, è quella di avere un'ampia "impronta", dato che l'energia solare è così diffusa rispetto alla natura concentrata dei combustibili fossili o del petrolio. Tuttavia, una volta che sono state costruite le torri eoliche, il terreno fra di loro può essere usato anche per altri scopi.

Nell'impiantare una fattoria del vento, si deve considerare lo spazio da lasciare fra i mulini. L'aria che passa su di un mulino riduce la sua velocità dato che viene estratta dell'energia; inoltre, il passaggio di aria trasmette turbolenza al mulino a vento. In generale, fra mulini adiacenti è necessaria una distanza di almeno cinque diametri di rotore perché il vento possa recuperare la velocità originaria dopo averne passato uno e prima di raggiungere il successivo. La disposizione preferibile è quella in cui le file sono scaglionate l'una rispetto all'altra (ABABA). Come regola generale, per produrre un megawatt di energia è necessario circa un decimo di km quadrato di terreno.

...10 ettari

Le turbine a vento commerciali più efficienti e grandi attualmente in uso sono le da 5 MW – con una potenza pari a quattro volte quella delle turbine di quindici anni fa. La lunghezza delle loro pale è di 120 m – oltre dieci volte quella dei mulini dei anni '90. L'area di rotazione di questi mulini a vento è pari a quella di un campo di calcio. Per contrasto, le moderne centrali a carbone generano da 125 a 1000 MW, e per rimpiazzarne una sono necessari centinaia di mulini. In un tipico pomeriggio caldo estivo, quando il consumo di energia ha un picco a causa dell'uso dei condizionatori d'aria, un sistema da 5 MW può rifornire di elettricità circa 1000 case americane.

**Di tutte le forme di energia rinnovabile (a parte l'idroelettrica), quella eolica è la più economica.** Il costo per megawatt di un grande mulino posto sulla terraferma è di 2 milioni di dollari, o quasi 6 milioni per megawatt medio consegnato, dato che i mulini operano a circa un terzo della capacità indicata. Le fattorie del vento poste lungo la costa sono un po' più costose da installare. Il costo della generazione di elettricità con l'uso della moderna tecnologia dei mulini a vento – e della sua immisione nelle moderne reti elettriche – è attualmente quasi competitivo con quello delle fonti convenzionali di energia. Tuttavia, come ricordato in precedenza, se l'energia del vento fosse raccolta negli stati del Midwest statunitense bisognerebbe anche considerare i costi significativi di trasmissione. Se il mondo finisse per passare a un'economia dell'idrogeno, la produzione di idrogeno alimentata dal vento in questa area potrebbe generare buona parte delle riserve energetiche statunitensi, ma attualmente gli elettrolizzatori necessari per questo processo sono costosi.

⇒ Alcune imprese attualmente stanno sviluppando turbine da 10 MW.

[https://www.corriere.it/scienze/12\\_marzo\\_15/idrogeno-vento-germania-virtuani\\_d36d1c6c-6e7b-11e1-850b-8beb09a51954.shtml](https://www.corriere.it/scienze/12_marzo_15/idrogeno-vento-germania-virtuani_d36d1c6c-6e7b-11e1-850b-8beb09a51954.shtml)

[http://www.repubblica.it/motori/sezioni/ambiente/2016/03/14/news/svolta\\_green\\_per\\_toyota\\_idrogeno\\_dall\\_eolico-135444680/](http://www.repubblica.it/motori/sezioni/ambiente/2016/03/14/news/svolta_green_per_toyota_idrogeno_dall_eolico-135444680/)



**L'energia eolica ha un considerevole potenziale nel fornire una frazione significativa del fabbisogno futuro di elettricità in molti paesi a un costo per l'ambiente inferiore rispetto a quello di ogni alternativa praticabile.** Il prezzo per nuova produzione di energia eolica è confrontabile con quello per nuove fonti convenzionali come centrali elettriche a carbone o nucleari, e probabilmente diventerà inferiore se in futuro saranno presi in considerazione i costi reali associati all'uso di qualsiasi tipo di risorse. Tuttavia, esistono problemi irrisolti di immagazzinamento dell'energia in luoghi in cui spirano venti intermittenti, che probabilmente in molte regioni impediranno l'adozione del vento come fonte principale di generazione di energia elettrica.

In effetti, i gestori di molte reti elettriche si rifiutano di basarsi sul vento per più di una frazione della loro scorta di energia a causa della sua natura intermittente. Il continuo aumento di energia elettrica prodotta in eccesso da fonti eoliche e solari e la difficoltà di poter mantenere un'alimentazione costante della rete elettrica sarà preso in considerazione nei Paragrafi 8.22 e 8.23.

Alcuni edifici, come case troppo distanti dai centri abitati per poter essere connesse alle linee elettriche, generano la propria elettricità servendosi di turbine eoliche montate sui loro tetti. Quando tutta l'energia generata è più che sufficiente per alimentare gli apparecchi utilizzatori a 12 V di corrente diretta all'interno dell'edificio, l'energia in eccesso viene depositata in batterie da 12 V, per poter essere utilizzata nei momenti di livelli bassi o assenti di vento.



# Eolico, 2017 anno dei record in Europa. Italia in controtendenza

Installati 15,7 GW. I dati WindEurope



13 febbraio 2018 17:26

Scrivi alla redazione

[http://www.ansa.it/canale\\_ambiente/notizie/focus\\_energia/2018/02/13/eolico-2017-anno-dei-record-in-europa.-italia-in-controtendenza\\_6061413a-7af8-4d94-8a3f-9a10015b541f.html](http://www.ansa.it/canale_ambiente/notizie/focus_energia/2018/02/13/eolico-2017-anno-dei-record-in-europa.-italia-in-controtendenza_6061413a-7af8-4d94-8a3f-9a10015b541f.html)

Quotidiano Enegia - **Dopo aver superato il nucleare nel 2013, l'idroelettrico nel 2015 e il carbone nel 2016, l'eolico punta adesso a divenire la prima fonte di generazione europea.** I 28 membri Ue hanno infatti installato l'anno scorso aerogeneratori per 15,6 GW (+20% sull'anno precedente), nuovo record storico che porta il totale in funzione a 169 GW: appena 19 GW al di sotto dei 188 GW del gas.

In base ai dati diffusi oggi da WindEurope, nel 2017 l'eolico è stata la prima fonte nella Ue per potenza realizzata con un incremento netto di 15.040 MW (risultante di 15.680 MW realizzati e 640 MW dismessi), seguita dal fotovoltaico con 6.100 MW, dall'idro con 1.085 MW, dalle biomasse con 964 MW, dal gas con 356 MW (2.612 MW avviati e 2.256 MW dismessi) e dai rifiuti con 80 MW. E' invece negativo per 5.769 MW il bilancio del carbone (1.741 MW realizzati contro 7.510 MW dismessi) e per 2.197 MW (solo chiusure) quello dell'olio combustibile.

Le fonti rinnovabili hanno dunque rappresentato l'85% della capacità complessiva realizzata nel 2017 (23,9 GW su 28,3 GW), mentre il parco di generazione Ue è cresciuto di 15,6 GW netti a 933 GW.

Il 2017 è stato per l'Europa un anno record sia per l'eolico onshore (12.526 MW, +9%) che per quello offshore (3.154 MW, +101%) ma anche per la produzione, che con 336 TWh (296 TWh nel 2016) ha soddisfatto l'11,6% della domanda elettrica dei 28 (10,4% l'anno precedente).

Tuttavia, sottolinea l'associazione, analizzando i dati a livello nazionale si notano marcate differenze. L'80% dell'installato eolico 2017 è riferibile infatti a soli tre Paesi: **Germania (6.600 MW), Regno Unito (4.300 MW) e Francia (1.700 MW)**. La classifica della capacità cumulata a fine anno vede di conseguenza il consolidamento in prima posizione della Germania (56.132 MW), seguita dalla Spagna (che cresce però di soli 96 MW a 23.170 MW), dal Regno Unito (18.872 MW) e dalla Francia (13.759 MW). L'Italia continua a perdere terreno nei confronti degli altri grandi Paesi europei, con un installato 2017 di 252 MW, in costante calo rispetto ai 283 MW del 2016 e ai 306 MW del 2015. La capacità cumulata si attesta perciò a 9.479 MW.

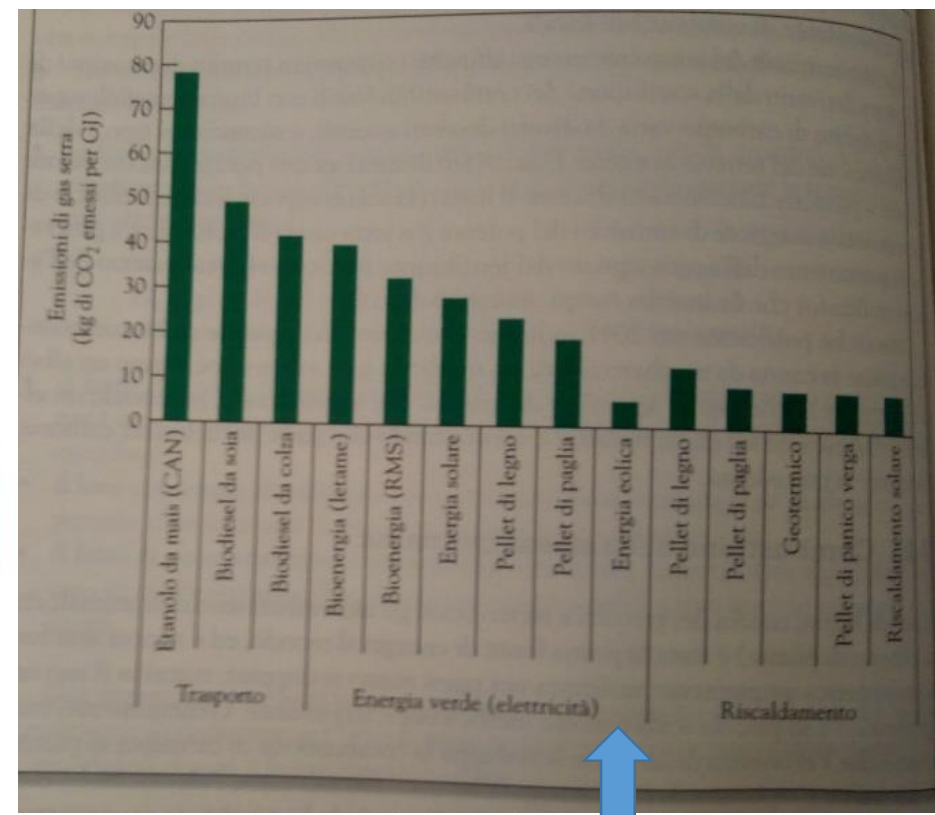
...

## Problemi ambientali

**tempi di tempo di ritorno energetico** – cioè il tempo necessario perché l'unità di energia che era stata necessaria per la sua costruzione – quello per l'energia eolica è di soli 3-4 mesi e ha un valore simile il tempo di ritorno delle emissioni di CO<sub>2</sub>, mentre è di circa un anno quello relativo agli inquinanti dell'aria emessi. La minore di emissioni di biossido di carbonio legate all'uso dell'energia eolica è la mi-

nore fra tutte le fonti di energia elettrica, come mostrato nella Figura 7.1. Le emissioni di CO<sub>2</sub> e di inquinanti dell'aria derivano principalmente dalla produzione di minerali e altre materie prime utilizzati per ottenere l'acciaio e l'alluminio necessari per le pale, il rame necessario per il generatore di elettricità e il trasformatore e il cemento necessario per le fondamenta del mulino a vento. Se l'elettricità generata dalle turbine eoliche impiantate su larga scala sostituisse quella prodotta dalla combustione di combustibili fossili, nel corso del periodo di funzionamento del mulino a vento verificherebbe una rilevante riduzione netta delle emissioni di biossido di carbonio.

Spesso l'opinione pubblica si oppone all'installazione delle turbine eoliche in aree urbane che rurali per il negativo impatto visivo, sebbene molte persone considerino i mulini a vento piacevoli, nonché un segno della crescente presenza dell'energia rinnovabile. Per essere efficienti, le pale delle turbine eoliche devono essere enormemente lunghe, e in questo senso costituiscono una presenza artificiale nel paesaggio difficile da ignorare. Alcune persone sono disturbate dalla loro presenza in paesaggi altrimenti naturali, specialmente quando ciò accade in luoghi di particolare fascino come la riva del mare o le cime delle montagne.





Paradossalmente, molti di questi luoghi paesaggisticamente attraenti sono situati sia perché vi spirano venti intensi sia per la relativa vicinanza ad aree che consumano sostanziali quantità di elettricità. In questo senso, le turbine eoliche sono un classico esempio del fenomeno NIMBY (*not in my backyard*, letteralmente “non nel cortile”), in cui piccole comunità di persone – in questo caso, quelle che vivono o che frequentano il luogo dove è stata proposta l’installazione di una turbina eolica – si oppongono alla costruzione di un’infrastruttura perché sono costrette a scegliere gli “svantaggi” collegati a un cambiamento che porta la società a ottenere un piccolo ma significativo miglioramento complessivo, quale sarebbe in questo caso una limitata riduzione dell’inquinamento dell’aria e del rischio di cambiamento climatico.

I luoghi su cui è più difficile che si creino obiezioni su basi estetiche sono quelli lontani dagli itinerari turistici, come grandi fattorie (dove le uniche persone che vedrebbero le turbine sarebbero i contadini che hanno interessi economici legati alla loro presenza), o a largo delle coste in vasti bacini acquosi come i mari e i Grandi Laghi. Per questa ragione, installare turbine su terreni agricoli o a largo è diventata una scelta frequente. In effetti, molti contadini arrotondano il loro reddito affittando appezzamenti di terreno per l’installazione di turbine. Una volta installate, le singole turbine occupano uno spazio relativamente piccolo, permettendo che il resto del terreno intorno possa essere utilizzato per attività agricole o il pascolo del bestiame.

Un rendering di come sarebbe il paesaggio nei dintorni di Orvieto se venisse costruito l'impianto in questione



Tuttavia l'uso di terreni che non siano stati già utilizzati in precedenza richiede la costruzione di nuove strade e nuove linee elettriche, nonché spesso l'eliminazione di alberi. Una nuova enorme fattoria eolica da 1000 MW, con più di 300 turbine, è stata proposta per il Labrador centrale, nel Canada orientale. Un vantaggio di questo progetto è il fatto di essere situato in un'area remota, a centinaia di chilometri da qualsiasi centro abitato, cosicché qualsiasi elemento sgradevole collegato alla produzione dei mulini non costituirebbe un problema. I mulini a vento nelle regioni che possono avere temperature molto fredde devono essere protetti dalla formazione di ghiaccio sulle pale delle turbine con l'uso di riscaldatori interni, con consumo di una piccola frazione dell'energia prodotta.

I pro e i contro più spesso menzionati associati alla produzione dell'energia eolica sono riassunti nella Tabella 8.1. L'aspetto più controverso di molte aree è quello del rumore a bassa frequenza associato alla rotazione delle pale dei mulini. Specialmente quando la fattoria del vento si trova in un'area rurale – dove i livelli di rumore ambiente sono molto bassi – alcune persone hanno riportato disturbi del sonno.






## Eolico. Se le turbine fanno rumore possono essere fermate

Lo stabilisce una sentenza del Tar Basilicata. Ma i sindaci e le altre autorità non l'hanno letta

di Redazione - 18 aprile 2018 - 13:42

 Commenta  Stampa  Invia notizia

Più informazioni su  eolico selvaggio  tar basilicata. inquinamento acustico  basilicata



Argomenti contro l'energia eolica

Molti siti – fra cui quelli a largo dalle coste – sono lontani dai centri di consumo, il che richiede la costruzione di lunghe linee di trasporto.

L'energia eolica ha bisogno di alcuni incentivi fiscali per competere con le forme tradizionali di produzione di elettricità.

La costruzione di mulini a vento in alcuni siti remoti richiede strade, disboscamento e altre infrastrutture distruttive.

I mulini a vento uccidono animali selvatici, specialmente pipistrelli e uccelli rapaci.

Per costruire un numero di mulini sufficienti a fornire un contributo sostanziale alle riserve di elettricità sono necessarie enormi aree di terreno, e quindi di habitat.

Il moto continuo delle pale produce nelle vicinanze un inquinamento acustico di basso grado.

Le fattorie del vento sulla terraferma sono una forma di "inquinamento visivo".

L'energia eolica di solito è intermittente, con un fattore di carico annuale inferiore, e richiede infrastrutture di riserva che utilizzino risorse tradizionali per mantenere costante l'offerta.

Argomenti a favore dell'energia eolica

Questo è vero anche per molti potenziali nuovi progetti idroelettrici.

Le centrali elettriche convenzionali e nucleari ricevono sussidi molto maggiori, anche se indiretti.

Alcuni studi mostrano che sono pochi gli uccelli uccisi dalle turbine, specialmente in rapporto al numero di volatili uccisi da automobili, gatti, ecc.

Il livello di rumore è comparabile a quello del traffico.

Si possono usare siti lontani dalle aree più densamente popolate.

L'energia eolica in eccesso può essere conservata meccanicamente pompando acqua in infrastrutture di stoccaggio più in alto o in batterie, per poi essere utilizzata quando serve per produrre elettricità.

Solo piccole quantità di emissioni di gas serra sono associate all'energia eolica rispetto alla combustione di combustibili fossili. Non vi sono scorie nucleari da stoccare o potenziali problemi di radiazioni, così come invece si verifica con l'energia nucleare.

## Energia marina: le onde e l'energia delle maree

**Energia delle onde e delle maree, a volte collettivamente chiamata energia marina**, può essere ottenuta in molte regioni costiere del mondo e in mercati di nicchia economicamente competitiva. Si stima che ogni anno si possano potenzialmente generare dalle onde e dalle maree circa 20 EJ di energia.

La fonte dell'energia delle maree è l'influenza gravitazionale del Sole e della Luna sulle masse d'acqua. In alcune zone, le correnti costiere generate dalle maree possono essere sfruttate per far girare turbine sottomarine montate su tubature inserite in fori praticati sul fondale. Poiché l'acqua è tanto più densa dell'aria, correnti lente – anche a circa 10 km/h sono le migliori – che facciano girare questi “mulini ad acqua sottomarini” in modo efficiente generano elettricità. Velocità molto inferiori, come

quelle dei fondali oceanici dove nell'insieme si trova la maggior parte dell'energia delle maree, sono troppo lente per essere economicamente praticabili. Le zone migliori per sfruttare l'energia delle maree sono i mari poco profondi che circondano i perimetri degli oceani.

Le maree fanno sì che grandi masse d'acqua si innalzino e si abbassino due volte al giorno. Se le maree in un bacino costiero sono generalmente alte, nel bacino stesso si può costruire un cancello che possa essere aperto o chiuso. Quando la marea si sta alzando, il cancello viene lasciato aperto in modo che l'acqua al di là di esso si alzi. Una volta che l'alta marea è completa, il cancello viene chiuso. L'acqua così separata che lascia il bacino fa girare una turbina, generando elettricità.

Attualmente esistono centrali elettriche di questo tipo in Francia, Nuova Scozia, Cina, Norvegia, Irlanda del Nord e Russia. Queste installazioni hanno richiesto l'investimento di notevoli capitali e possono operare solo due volte al giorno. Sebbene l'energia prodotta sia rinnovabile e libera da inquinamento, al di là dei cancelli della diga spesso si verifica una sedimentazione, cosicché le strisce di terra che rimangono scoperte con la bassa marea vengono spesso alterate da questo tipo di operazione.

MAREE

È anche possibile sfruttare l'**energia delle onde** presenti sulla superficie del mare. Le macchine il cui funzionamento si basa su di una **colonna d'acqua oscillante** consistono di una camera situata appena al di sopra della superficie dell'acqua che contiene aria intrappolata. L'energia delle onde viene generata utilizzando il moto verticale dell'acqua prodotto dalle onde, che essendo causate dai venti a loro volta rappresentano una forma indiretta di energia solare. Ogni onda che si innalza comprime l'aria intrappolata nella camera; l'aria ad alta pressione, rilasciata attraverso una valvola, fa girare una turbina che produce elettricità. Quando l'onda recede, l'aria rientra nella camera attraverso un'altra valvola, che fa ancora girare la turbina. Attualmente esistono migliaia di boe di segnalazione le cui lampadine a 60 W sono alimentate con questo meccanismo.

Impianti in grado di sfruttare l'energia delle onde su larga scala sono ancora in fase di sviluppo. I luoghi più adatti sono considerati le coste orientate a ovest poste alle medie latitudini, specialmente in Europa, Nord America, Australia e Sud Africa. La prima **fattoria delle onde** al mondo è entrata in attività nel 2008 a largo della costa del Portogallo, ma da allora ha chiuso per ragioni tecniche e finanziarie. Alcune centrali sono attualmente in costruzione a largo della costa della Scozia.



<http://www.enea.it/it/Stampa/news/dal-mare-della-sardegna-il-giacimento-green-piu-grande-del-mediterraneo/>



Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

HOME

ENEA ▾

RICERCA&SVILUPPO ▾

ATTIVITÀ INTERNAZIONALI ▾

OPPORTUNITÀ ▾

SERVIZI A IMPRESE E PA ▾



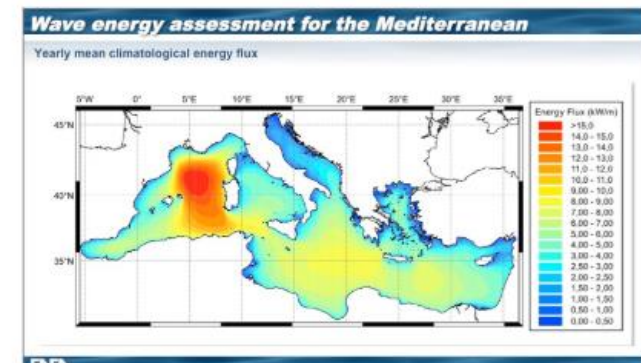
Tu sei qui: Home / ENEA per la Stampa / News / Dal mare della Sardegna il "giacimento" green più grande del Mediterraneo

## Dal mare della Sardegna il "giacimento" green più grande del Mediterraneo

25/05/2017

La Sardegna è l'area dell'inetto Mediterraneo che potrebbe produrre più energia dal mare, con un potenziale di 13 kW per metro di costa, un valore molto simile a Stati Ue più all'avanguardia nello sviluppo di questa fonte rinnovabile come la Danimarca. Il primato nell'isola spetta soprattutto all'area nord occidentale nei pressi di Alghero e a quella a sud-ovest. È quanto emerge da un'analisi dell'ENEA presentata a Cagliari in occasione della "Giornata Europea del Mare", che si celebra il 20 maggio di ogni anno.

"La Sardegna dispone di un enorme giacimento di energia rinnovabile, tutto ancora da sfruttare", sottolinea il ricercatore ENEA



# L'energia geotermica

## 8.9 Introduzione

L'energia geotermica, sebbene non si basi su quella solare, è un'altra forma di energia rinnovabile. Essa si è dimostrata particolarmente utile nei paesi che non hanno riserve di combustibili fossili, e attualmente costituisce poco meno dello 0,1% delle riserve energetiche mondiali.

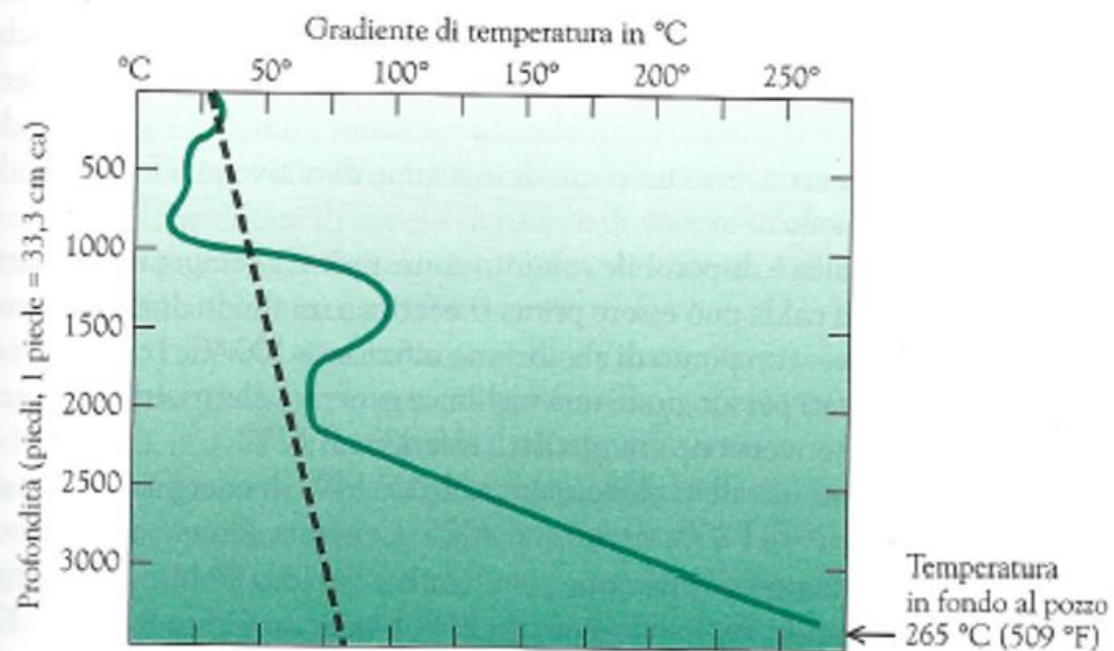
L'energia geotermica è data dal calore che emana da sotto la superficie della Terra, ed è il risultato del decadimento radioattivo degli elementi e della conduzione di questo calore dal nucleo fuso (>5000 °C) della Terra. Per effetto del movimento delle placche tettoniche, esistono zone vulcaniche in cui questo calore viene portato più vicino del normale alla superficie. Un esempio del gradiente di calore con l'aumento di profondità caratteristico di una zona geotermica rispetto a quello relativo a un'area non geotermica è mostrato nella Figura 8.4. Quando l'acqua sotterranea

profonda circola all'interno di una zona geotermica, essa viene riscaldata dal contatto con le rocce calde, e a volte evapora. Se questi liquidi caldi vengono intrappolati in rocce porose al di sotto di uno strato di roccia impermeabile, si può formare una riserva geotermica, a cui si può potenzialmente attingere.

L'energia geotermica è disponibile in queste riserve sotto forma di vapore e/o di acqua calda a temperature che variano dai 50 ai 350 °C. Il fluido di solito deve essere trasportato da una profondità di 200/3000 m verso la superficie per poter essere utilizzato, sebbene in certe zone esso sia presente spontaneamente a livello del terreno sotto forma di "acque termali". La produzione di fluidi caldi generalmente diminuisce nel corso del tempo man mano che una riserva viene sfruttata.

L'energia geotermica ed altri sistemi (p. 100-101)

**FIGURA 8.4** Gradienti di temperatura sotterranei in un'area normale (linea tratteggiata) e in una dotata di potenziale geotermico (curva continua verde). [Fonte: Geothermal Education Office, su <http://geothermal.marin.org>.]



L'energia geotermica *ad alta temperatura* ( $>180\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) sotto forma di vapore o acqua surriscaldata si trova di solito soltanto in regioni vulcaniche e in arcipelaghi, dove viene usata per generare energia elettrica. L'energia geotermica sotto forma di acqua moderatamente calda ( $50\text{-}150\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) è più spesso utilizzata direttamente per il riscaldamento di edifici, comprese serre, installazioni per l'acquacoltura e per le terme. L'acqua calda di temperatura intermedia fra le due è usata sia a fini di riscaldamento sia per generare elettricità.

⇒ Talvolta per descrivere questi tre tipi di energia geotermica sono utilizzate le espressioni "ad alta, media e bassa *entalpia*".



<http://www.nanotech.units.it/Sesto/2014/Della%20Vedova%20Geotermia.pdf>

BDV

## Potenzialità della Geotermia in Italia: Risorse, Prospettive e Applicazioni

*Energia per il futuro dal  
2014 al 2020... e oltre!*

Sesto, Val Pusteria  
23-27 Giu. 2014

*Bruno Della Vedova, DIA UniTs  
e Unione Geotermica Italiana*

<http://www.unionegeotermica.it/>



1931:Soffionissimo





# valutazione ambientale, autorizzazioni e contributi

home / ambiente territorio / valutazione ambientale, autorizzazioni e contributi / utilizzo: geotermia

## VALUTAZIONE AMBIENTALE, AUTORIZZAZIONI E CONTRIBUTI

PROCEDURE

SERVIZI ON LINE

PROCEDURE AUTORIZZATIVE  
AMBIENTALI

CONCESSIONI DEMANIALI,  
SDEMANIALIZZAZIONI E REPRESSIONE  
DELL'ABUSIVISMO SU AREE DEMANIALI

ALTRE CONCESSIONI

> Derivazioni

> Geotermia

> Acque minerali e termali

## autorizzazioni e concessioni



altre concessioni

## GEOTERMIA

*La Regione cura l'istruttoria tecnica per il rilascio dei permessi di ricerca e delle concessioni minerarie per le risorse geotermiche.*

### Geotermia

La Regione cura l'istruttoria tecnica per il rilascio dei permessi di ricerca, delle concessioni minerarie e delle autorizzazioni alla derivazione di risorse geotermiche.

## CONTATTI

**Struttura stabile ufficio per le attività minerarie e le risorse geotermiche**

coordinatore

**Fabio Svaghi**

indirizzo

**TRIESTE - Via Sant'Anastasio, 3**

telefono

**0403774832**

## 110 La produzione di elettricità

L'elettricità viene generata a partire da risorse geotermiche ad alta temperatura tramite turbine alimentate dal vapore che fuoriesce a livello del terreno. In alcune zone esiste un gas sotterraneo, un "vapore secco" che esce dalla riserva senza essere accompagnato da acqua. Se, al contrario, la riserva sotterranea consiste principalmente di acqua surriscaldata, quando essa raggiunge le condizioni di minore pressione presenti in un serbatoio vicino alla superficie, per la maggior parte passa istantaneamente a vapore. In entrambi i casi, il vapore viene utilizzato per far girare una turbina e quindi produrre elettricità. **L'elettricità geotermica rispetto a quella solare, eolica e marina, è disponibile il 100% del tempo a un tasso costante; in questo modo può essere utilizzata come fonte costante di alimentazione e non necessita di stoccaggio.**

<http://www.greenreport.it/news/energia/grazie-alla-geotermia-la-toscana-punta-produrre-elettricit-solo-rinnovabili-entro-2050/>

Ciuffo: «Maggiore condivisione dei benefici col territorio per evitare l'effetto Nimby»

**Grazie alla geotermia la Toscana «punta a produrre elettricità solo da rinnovabili entro il 2050»**

Chiacchella (CoSviG): «Occorre agire in maniera sinergica per sviluppare ulteriormente, in maniera condivisa con i territori, una fonte energetica potenzialmente pulita e contestualmente riducendone gli inevitabili impatti attraverso l'utilizzo della miglior tecnologia disponibile»

*[15 settembre 2017]*