

|                     |   |
|---------------------|---|
| <b>Zeitschrift:</b> | Archi : rivista svizzera di architettura, ingegneria e urbanistica = Swiss review of architecture, engineering and urban planning |
| <b>Herausgeber:</b> | Società Svizzera Ingegneri e Architetti   |
| <b>Band:</b>        | - (2002)  |
| <b>Heft:</b>        | 4   |
| <b>Artikel:</b>     | Aspetti tecnico-fisici, economici e commerciali dell'energia eolica in Svizzera : l'esempio del Mont-Crosin                       |
| <b>Autor:</b>       | Vollenweider, Jakob   |
| <b>DOI:</b>         | <a href="https://doi.org/10.5169/seals-132450">https://doi.org/10.5169/seals-132450</a>   |

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 30.12.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**



# Aspetti tecnico-fisici, economici e commerciali dell'energia eolica in Svizzera: l'esempio del Mont-Crosin

Jakob Vollenweider  
gerente JUVENT SA

## Tecnica

Viste le sue scarse risorse eoliche, la Svizzera non vanta una tradizione in materia di utilizzazione dell'energia eolica. Ad esempio nell'area persiana, invece, si trovano tracce di mulini a vento risalenti al secondo millennio prima di Cristo. Il progresso di questa forma di sfruttamento energetico è tuttavia avanzato piuttosto lentamente, rispetto ad altre tecnologie, con il risultato che durante la rivoluzione industriale la competitività è andata in gran parte persa. Solo lo choc petrolifero del 1973 ha dato un nuovo impulso allo sviluppo della produzione di elettricità partendo da fonti rinnovabili. Successivamente, negli anni Settanta, grazie a un trasferimento tecnologico si è riusciti a migliorare sensibilmente la competitività delle turbine eoliche.

## Moderna turbina eolica

A spianare la strada verso nuove possibilità tecniche sono stati in particolare i rapidi progressi della fisica fondamentale (soprattutto nel campo dell'aerodinamica), dello sviluppo dei materiali, della tecnologia come pure dell'elettronica e dell'informatica. È così stato possibile fabbricare ad esempio dei rotori azionati da forze ascensionali aerodinamiche, che funzionano in modo nettamente più efficiente delle classiche macchine a resistenza, la cui rotazione è prodotta unicamente dalla resistenza all'aria del rotore. L'impiego dell'elettronica di potenza ha inoltre consentito di rendere altamente efficiente la trasformazione in energia elettrica del movimento rotatorio del rotore, di modo che oggi sono raggiungibili rendimenti complessivi massimi quasi del 40%, il che significa che in condizioni d'esercizio ottimali può essere trasformato in energia elettrica quasi il 40% dell'energia eolica.

La tecnica dello sfruttamento dell'energia eolica è diventata una vera e propria scienza principalmente fuori dai nostri confini nazionali (vista l'assenza di un mercato interno svizzero). Sulla scia di questo sviluppo sono ora disponibili anche un'ampia letteratura e informazioni su in-

ternet sull'argomento. Da citare in particolare il sito web in cinque lingue <<http://www.wind-power.org>>.

Le moderne turbine eoliche esercitano spesso un grande fascino. Talvolta, però, questo aspetto fondamentalmente favorevole fa sì che le discussioni specialistiche siano influenzate da un amore cieco nei confronti della tecnica. Non bisogna invece dimenticare che una turbina eolica in pratica è un bene d'investimento, la cui qualità è determinata principalmente dai costi di produzione dell'elettricità, mentre l'eleganza del principio tecnico impiegato in fondo è secondaria.

La centrale eolica sul Mont-Crosin è composta da sei turbine eoliche con una potenza complessiva di 4'160 kW. La centrale è stata costruita in tre tappe: nel 1996 sono state costruite le prime tre turbine eoliche Vestas V44 con una potenza nominale di 600 kW l'una; nel 1998 si è aggiunta una quarta turbina eolica Vestas V47 con una potenza nominale di 660 kW; nel 2001, infine, la centrale eolica è stata ampliata a circa 4 km a est delle prime quattro turbine con due turbine eoliche Vestas V52 di 850 kW l'una. I dati tecnici di queste turbine possono essere consultati all'indirizzo internet <<http://www.vestas.com>>

## Costi

La redditività di un impianto di produzione di elettricità si rispecchia in fondo in un unico valore: i costi di produzione dell'elettricità. Per questo motivo, analizzando i costi bisogna innanzitutto considerare l'influsso sui costi di produzione dell'elettricità, calcolati in base al rapporto tra i costi annui (costi del capitale più le spese d'esercizio e di manutenzione) e la produzione annua di elettricità. I costi del capitale si aggirano sul 10% dei costi d'investimento, che a loro volta di norma comprendono il costo della turbina eolica (60%), l'allacciamento alla rete elettrica (20%), le opere di genio civile, ossia le fondamenta della turbina, la costruzione di strade, ecc. (10%) come pure l'engineering e il montaggio (10%). Oggi, a livello internazionale

i valori dei costi d'investimento più bassi, espressi in costi d'acquisto specifici, si aggirano su 1'500.- fr. per kW di potenza installata. È evidente che questo livello può essere raggiunto solo con un progetto realizzato in modo assolutamente professionale, il fornitore di turbine eoliche ideale, un'infrastruttura in larga misura già esistente (strade e rete elettrica) e una progettazione e un montaggio efficienti.

Le spese d'esercizio e di manutenzione sono composte prevalentemente dai costi del contratto di manutenzione con il costruttore della turbina eolica – cosa assolutamente raccomandata, almeno per i grandi impianti –, dai costi di riparazione dei piccoli guasti da parte del gestore della centrale eolica, dai costi assicurativi e dall'indennizzo del proprietario del terreno. Per i grandi impianti eolici, spesso i costi d'esercizio e di manutenzione rappresentano il 2% circa dei costi d'investimento. La produzione annua di elettricità dipende ovviamente soprattutto dalla velocità del vento nel punto in cui è ubicato l'impianto. In Svizzera, la velocità media del vento è notoriamente più bassa che nelle regioni costiere. Per ora, tuttavia, la velocità esatta del vento è molto difficile da prevedere con i modelli teorici a causa dell'influsso al tempo stesso forte e complesso della topografia locale, dell'irregolarità del suolo e di vari ostacoli. Gli inevitabili errori di previsione, inoltre, sono addirittura potenziati dalla relazione esponenziale tra la velocità del vento e la potenza delle turbine eoliche, di modo che quando si valuta una nuova ubicazione i venti locali devono per forza essere misurati con precisione per almeno un anno, se si vuole essere abbastanza al sicuro da spiacevoli sorprese.

Per poter paragonare le cifre di produzione di tipi di impianto differenti, spesso la produzione annua di elettricità è espressa in ore a pieno carico, ossia in base al numero di ore in cui, in teoria, l'impianto dovrebbe funzionare a pieno regime per fornire la produzione annua di elettricità misurata. In Svizzera, è sul Mont-Crosin che si raggiunge il maggior numero di ore a pieno carico, e cioè in media circa 1'200 nell'impianto Mont-Crosin ovest (turbine eoliche 1–4) e addirittura 1'500 nell'impianto Mont-Crosin est (che comprende le due turbine eoliche del tipo Vestas V52 costruite nel 2001). Viste le migliori condizioni di vento, tuttavia, nei principali impianti eolici fuori dalla Svizzera si registrano numeri di ore a pieno carico nettamente più elevati, dell'ordine di 4'000.

Una sintesi delle relazioni descritte sopra dà una semplicissima formula di calcolo dei costi di produzione dell'elettricità: basta dividere il 12% dei costi d'acquisto specifici per il numero di ore a pieno

carico. Per l'impianto Mont-Crosin ovest risultano così costi di produzione dell'elettricità di 20 ct./kWh, per l'impianto Mont-Crosin est 12 ct./kWh e per i migliori impianti eolici fuori dalla Svizzera 5 ct./kWh.

Questi valori dei costi di produzione dell'elettricità eolica portano alle seguenti interessanti osservazioni:

- Viste le numerose incertezze nella previsione dei costi di produzione dell'elettricità non si dovrebbe mai paragonare la redditività di impianti eolici già esistenti con quella di impianti progettati. L'esperienza mostra che nella fase di progettazione l'entusiasmo nei confronti del progetto troppo spesso induce a fare ipotesi, che poi nella pratica si rivelano troppo ottimiste.
- Buone condizioni di vento e un'infrastruttura adatta sono importanti premesse, ma non sono ancora una garanzia di bassi costi di produzione dell'elettricità. Il progetto può essere realizzato in modo snello e quindi vantaggioso solo se si riesce, come sul Mont-Crosin, a coinvolgere tutte le parti interessate e, possibilmente, a generare un valore aggiunto per tutti.
- I costi di produzione dell'elettricità nella centrale eolica del Mont-Crosin sono i più bassi in assoluto nel raffronto trasversale svizzero e di conseguenza non sono rappresentativi per la situazione nel nostro Paese. Non si deve quindi restare delusi se i nuovi impianti eolici in Svizzera non raggiungono i valori della centrale eolica del Mont-Crosin.
- La riduzione dei costi di produzione dell'elettricità da 20 ct./kWh nell'impianto Mont-Crosin est, costruito nel 1996, a 12 ct./kWh nell'impianto Mont-Crosin ovest, costruito nel 2001, è dovuta essenzialmente a un aumento dell'efficienza abbinato a una riduzione del prezzo delle turbine eoliche. Questa evoluzione è stata possibile solo grazie al buon funzionamento del mercato. Nel settore fotovoltaico era stato previsto un andamento dei prezzi analogo, che tuttavia non si è verificato a causa del cospicuo sovvenzionamento degli impianti, evidentemente controproducente – perlomeno da questo punto di vista.
- Benché l'elettricità eolica del Mont-Crosin sia molto più vantaggiosa dell'elettricità solare (i costi di produzione nella maggior centrale fotovoltaica della Svizzera sul Mont-Soleil sono di circa 1.20 fr./kWh) costa pur sempre quasi il doppio della più a buon mercato delle energie rinnovabili in Svizzera, la forza idrica.
- L'elettricità eolica del Mont-Crosin non è competitiva rispetto all'elettricità eolica prodotta nei migliori impianti fuori dalla Svizzera. Purtroppo,

la conclusione logica di produrre elettricità eolica in ubicazioni più favorevoli e importarla poi in Svizzera è praticamente irrealizzabile per motivi giuridici, commerciali e tecnici. È infatti improbabile che in queste regioni più favorevoli possano essere costruiti grandi impianti eolici con l'infrastruttura corrispondente per importatori di elettricità eolica svizzeri visti gli interessi di tutela del paesaggio difesi anche lì.

- I costi di produzione dell'elettricità eolica relativamente bassi sono relativizzati dal fatto che l'elettricità eolica non è pianificabile e quindi presenta una qualità inferiore rispetto ad esempio all'elettricità delle centrali idroelettriche.
- I costi di produzione rappresentano solo una parte dei costi complessivi. Altre componenti dei costi sono i costi di trasporto e distribuzione dell'elettricità eolica come pure la sua trasformazione, dato che l'elettricità eolica non può essere prodotta secondo la curva della domanda dei consumatori. Vi sono poi anche le spese amministrative. Non bisogna infine dimenticare che i costi complessivi non corrispondono necessariamente al prezzo di vendita ottenibile, dal momento che la maggior parte dei potenziali acquirenti di elettricità eolica fanno dipendere la loro decisione d'acquisto essenzialmente dalla possibilità di coprire i loro bisogni, e non necessariamente le spese dei produttori di elettricità eolica.

## Mercato

Nell'autunno del 1995 è stata istituita la società JUVENT SA, che riunisce la BKW FMB Energie SA (Berna) quale partner capofila, la Industrielle Werke Basel (Basilea), la AEW Energie AG (Aarau), la Electricité Neuchâteloise SA (Corcelles) e la Société des Forces Electriques de la Goule (St-Imier). La JUVENT SA si è posta l'obiettivo di acquisire, con la centrale eolica, esperienza tecnica, economica ed ecologica nelle condizioni climatiche del Giura e informare il pubblico sullo sfruttamento dell'energia eolica sul Mont-Crosin.

Con la consapevolezza della situazione dei costi descritta sopra, nell'ambito dell'allestimento del piano d'impresa è emerso chiaramente che, dati i netti vantaggi sul fronte dei costi della forza idrica (che oltretutto è molto rispettosa dell'ambiente (come l'energia eolica), bisognava:

- 1) assicurare una progettazione della centrale eolica professionale e attenta ai costi e
- 2) compensare il vantaggio della forza idrica sul fronte dei prezzi con un vantaggio supplementare per i clienti dell'elettricità eolica.

La JUVENT SA è molto fiera di aver raggiunto sia il miglior risultato internazionale nel 1996, pari a

2000 fr./kW in termini di costi d'acquisto, presso l'impianto Mont-Crosin ovest, sia il livello di 1500 fr./kW valido per il 2001 presso l'impianto Mont-Crosin est. Il requisito di una progettazione professionale e attenta ai costi ha quindi potuto essere soddisfatto integralmente.

Per poter soddisfare il secondo requisito (creazione di un vantaggio supplementare per i clienti dell'elettricità eolica), la JUVENT SA ha adottato parecchie misure, tra cui:

- creazione di un parco sperimentale tra la centrale eolica sul Mont-Crosin e la centrale fotovoltaica sul Mont-Soleil, che attira oltre 40'000 visitatori all'anno. Recentemente, una di queste visite ha addirittura ispirato il famoso compositore svizzero Jean-François Bovard a celebrare la centrale eolica nel suo oratorio «Echo d'Eole» (disponibile su CD);
- organizzazione di eventi per i clienti;
- pubblicazione della rivista per i clienti «Wind-Mail»;
- creazione di un'ampia gamma di accessori;
- presenza su internet ([www.juvent.ch](http://www.juvent.ch));
- certificazione della centrale eolica secondo il marchio di qualità riconosciuto «naturemade star»;
- intensi contatti personali con ogni cliente: questa misura è presumibilmente la più onerosa, ma al tempo stesso anche quella a cui si può rinunciare meno in un modello di commercializzazione durevole.

Grazie a questi sforzi, la JUVENT SA è riuscita a vendere in attivo tutta l'elettricità eolica prodotta sul Mont-Crosin a circa 1'500 grandi, medi e piccoli clienti, disposti a pagare circa il doppio del normale prezzo dell'elettricità per questa interessante energia rinnovabile.

Da questa esperienza si può concludere che l'energia eolica in Svizzera non può certo sostituire le grandi centrali, e neanche l'energia eolica importata potrà farlo. Quale pregiato prodotto di nicchia, l'elettricità eolica prodotta in Svizzera merita tuttavia un riconoscimento e un suo spazio, pur modesto, nel mix elettrico. Le utopie sono tuttavia fuori posto: anche per poter commercializzare piccole quantità di elettricità eolica è necessario un impegno straordinario, come mostra l'esperienza della JUVENT. Piccolo, ma prezioso: è questo il motto realistico della commercializzazione dell'elettricità eolica in Svizzera, oggi e domani.