



Ambasciata d'Italia
Oslo

La produzione energetica da fonti rinnovabili in Norvegia





INDICE DEI CONTENUTI

Introduzione	3
1. Il settore dell'energia solare	3
1.1. Condizioni quadro per l'energia solare	4
1.2. Il settore del solare in numeri	5
1.3. Centrali di grandi dimensioni per la produzione di energia solare	6
1.4. Il settore e il futuro del solare in Norvegia	7
1.5. Incentivi e crescita del settore	8
1.6. La produzione delle centrali solari in futuro	9
1.7. Innovazioni tecnologiche nel solare	10
1.8. I parchi solari galleggianti	11
1.9. I pannelli solari integrati (BIPV)	11
2. Il settore dell'energia eolica	13
2.1. I parchi di turbine eoliche in Norvegia	13
2.2. Sviluppo del settore e sfide verso il 2030	13
2.3. Le navi WTIV	17
2.4. Impatto ambientale	20
2.5. Il settore in numeri	20
3. La produzione di energia idroelettrica	21
4. La produzione di energia da moto ondoso	24
5. La bioenergia	25
6. La produzione di energia geotermica	26
7. Fonti	27

Layout e contenuti: Monica Ballarini Stähli. Immagini: canva.com


Ambasciata d'Italia
Oslo

Inkognitogaten 7, 0244 Oslo
Tel. (+47) 23 08 49 00
ambasciata.oslo@esteri.it
<https://amboslo.esteri.it/>

 @ItalyinNORISL
 @ItalyinNOR_ISL
 @italyinnorway

INTRODUZIONE

Nonostante la Norvegia produca quasi esclusivamente energia elettrica da fonti rinnovabili - perlopiù idroelettriche - i nuovi settori energetici sono in forte crescita e il loro sviluppo gode di numerosi incentivi governativi.

Questo rapporto si incentra sulla produzione di energia nei settori solare, eolico e idroelettrico, e brevemente delle nuove fonti di energia rinnovabile in fase di sviluppo.

1. IL SETTORE DELL'ENERGIA SOLARE

Per energia solare si intendono sia gli **impianti fotovoltaici**, la cui energia viene utilizzata per il riscaldamento dell'acqua, sia **solari termici**, che producono energia per riscaldamento e illuminazione.

I **vantaggi dell'energia solare** sono: la presenza di incentivi promossi da molti Governi, la lunga durata degli impianti (25-30 anni) e la possibilità di riciclare i materiali utilizzati (come ad esempio il silicio). Gli aspetti negativi del solare sono la necessità di coprire aree relativamente estese, l'elevato costo di installazione e un accesso sufficiente alla luce solare.

La capacità di produrre energia solare a livello globale è aumentata di ben 27 volte nel corso dell'ultimo decennio e si stima che rappresenterà il 38% della produzione mondiale di energia nel 2050.

Nel corso del 2020 le installazioni di pannelli solari in Norvegia sono aumentate del 40%, pari a una produzione annuale di 40 MW.

La produzione totale di energia elettrica in Norvegia si suddivide in:

- 137,9 TWh di energia idroelettrica
- 15,4 TWh di energia eolica
- 3,6 TWh di energia termica
- 0,14 TWh di energia solare

Lo sviluppo del settore dell'energia rinnovabile è stato sovvenzionato attraverso un sistema di certificati elettrici negli ultimi 20 anni. Numerosi progetti per la costruzione di nuovi impianti di produzione di energia idroelettrica ed eolica (con una produzione complessiva di 3,5 TWh) sono in corso di realizzazione.

L'85% dei 7.000 impianti fotovoltaici connessi alla rete, distribuiti in tutto il paese, ha una potenza inferiore a 15 kW e rappresenta poco più di un terzo della capacità produttiva totale. Solo l'1% degli impianti supera i 250 kW.

La capacità installata in Norvegia nel 2020 era pari a 160 MW. Se la confrontiamo con quella installata in Svezia (1.000 MW) e in Germania (50.000 MW), essa è estremamente ridotta. Il numero di pannelli fotovoltaici è di fatto diminuito nel corso del 2020, probabilmente a causa dei bassi prezzi dell'elettricità.

L'aumento dei prezzi dell'energia registrato nel corso del 2021 e 2022 potrebbe causare una forte ripresa delle installazioni e degli investimenti nel settore.

Nonostante l'energia solare sia una risorsa di grande beneficio per la società, può allo stesso tempo mettere alla prova il funzionamento della rete elettrica, perché in Norvegia non è obbligatorio richiedere permessi speciali per

l'installazione di centrali a pannelli solari di medie e piccole dimensioni. Un aumento del numero di sistemi fotovoltaici potrebbe causare cali di tensione perchè la rete esistente è stata costruita per trasportare l'elettricità prodotta dalle centrali idroelettriche sulla rete ad alta tensione prima di essere ridistribuita ai clienti finali, e non viceversa.

1.1. Condizioni quadro per l'energia solare

In Norvegia si applicano le seguenti condizioni quadro per avere diritto a sussidi per l'installazione di pannelli solari: L'agenzia statale **Enova** (www.enova.no) finanzia l'installazione con 1.000 euro per ogni impianto e con 125 euro ogni kW di potenza installata, per un massimo di 15 kW. L'aiuto economico è limitato al 35% del costo totale dell'impianto IVA inclusa (installando 15 kW di potenza, si riceve un massimo di 2.875 euro).

I Comuni e le Contee hanno programmi di sostegno aggiuntivi.

Enova supporta anche l'installazione di collettori solari con una sovvenzione di 1.000 euro e 20 euro per mq fino a una superficie di 25 mq. Ciò significa che 1.500 euro è l'importo massimo elargito. Se l'impianto è combinato con altre misure energetiche vengono date sovvenzioni aggiuntive. L'investimento in sistemi di collettori solari (o pannelli solari termici) su edifici commerciali è agevolato con 20 euro per mq di superficie. Solamente il 5% degli impianti fotovoltaici ha una potenza superiore a 50 kWp.

Anche **Innovation Norway** (www.innovationnorway.no) appoggia finanziariamente gli investimenti in pannelli solari e collettori solari. Il programma è rivolto alle aziende agricole (programma Bioenergy) e copre fino al 35% della spesa per un massimo di 100.000 euro. Laddove vengano costruiti impianti a base di biocarburanti, il sussidio può essere arrivare fino a 5.000 euro.

Per gli impianti di riscaldamento delle aziende agricole a fini residenziali viene fornito un massimo di 4.000 euro

per impianti a base di biocarburante e 5.000 euro per gli impianti a legna.

Esistono inoltre dei "certificati elettrici" per chi produce energia da fonti energetiche rinnovabili – di solito si tratta di grandi impianti fotovoltaici. I certificati sono erogati da NVE (Ente Nazionale per il sistema idrico e l'energia, www.nve.no).

Un "cliente plus" è un cliente di una compagnia di erogazione di energia elettrica che in alcuni periodi dell'anno produce più energia elettrica di quanta ne consumi. Il cliente può rivendere l'energia prodotta in eccesso al fornitore di energia. Alcuni privati si servono di questa agevolazione.

Le linee guida della Legge sulla pianificazione e l'edilizia (PBL) affermano quanto segue sull'energia solare:

I sistemi ad energia solare ... sono da considerarsi impianti tecnici e sono soggetti alla pbl. § 20-1 lettera f. L'installazione, la modifica e la riparazione di sistemi di energia solare in edifici esistenti ... è considerata un'installazione semplice ed è esente dall'obbligo di registrazione.

Ciò significa che solamente le installazioni di impianti solari in nuovi edifici hanno l'obbligo di registrazione.

I seguenti requisiti energetici sono invece presenti nel *Teknisk Forskrift* (Normativa Tecnica per il settore edilizio in Norvegia, TEK) per l'energia solare:

*§ 14-4. REQUISITI PER L'APPROVVIGIONAMENTO DI ENERGIA
Gli edifici con una superficie superiore ai 1.000 mq ... devono disporre di sistemi di riscaldamento flessibili dal punto di vista energetico e ... essere costruiti in modo da essere in grado di impiegare anche soluzioni di riscaldamento a bassa temperatura [tra cui anche i pannelli solari].*

Questo requisito obbliga i costruttori a utilizzare fonti energetiche rinnovabili in nuovi edifici di grandi dimensioni. Il fatto che i pannelli solari siano ormai fondamentali

nella costruzione di edifici a emissioni zero, si prevede la normativa TEK sia modificata a breve con requisiti energetici ancora più severi. Grazie all'aumento crescente del numero di edifici a emissioni zero (ZEB) o a emissioni quasi zero (n-ZEB), l'energia solare diventa una fonte di energia indispensabile in un numero molto elevato di progetti edili.

1.2. Il settore del solare in numeri

Secondo NVE, l'energia solare costituisce una piccola parte della produzione di energia in Norvegia, ma è la tecnologia in più rapida crescita. A fine 2020 in Norvegia erano stati installati impianti a energia solare con una produzione annuale di energia di circa 40 MWp (un MWp, ovvero un megawatt peak, esprime la potenza nominale - in condizioni standard - di un impianto solare).

Le centrali a pannelli solari possono essere suddivise in strutture collegate alla rete elettrica (blu) e strutture autonome (rosso). Sono le strutture collegate alla rete a

crescere più rapidamente e rappresentano quasi il 90% degli impianti.

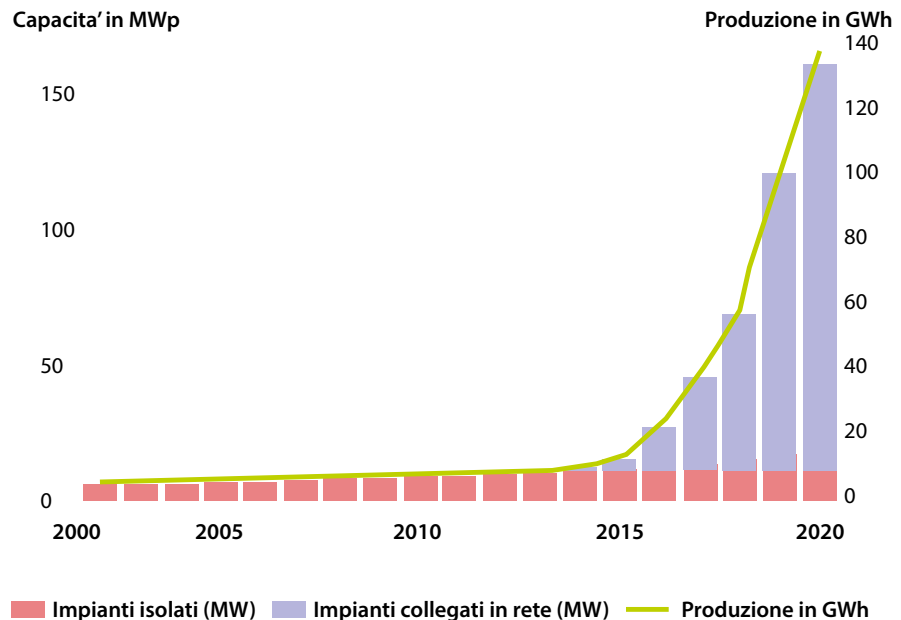
L'energia solare che si può ottenere da un pannello solare è limitata, nei paesi nordici, ma l'aria più rarefatta e il riflesso della neve in inverno possono aumentarne la capacità. I pannelli solari hanno inoltre maggiore effetto in un clima freddo.

Un impianto a pannelli solari installato su un tetto in Norvegia produce in media 650-1.000 kWh/kWp/anno. Per una casa unifamiliare con 20.000 kWh di consumo di elettricità all'anno, un impianto composto da 20 pannelli sarà in grado di produrre abbastanza elettricità per coprire il 25% del fabbisogno energetico del nucleo familiare.

Al contrario di quanto si possa pensare, la capacità produttiva dei pannelli solari installati in Norvegia è dello stesso ordine di grandezza di quella di molti altri paesi che si trovano più a sud. Un impianto presente a Oslo produce infatti in

Figura 1. Capacità produttiva in GWh degli impianti solari installati in Norvegia dal 2000 al 2020.

In rosso: strutture autonome.
In blu: impianti collegati alla rete elettrica.
Linea verde: produzione in GWh.
Fonte: NVE.



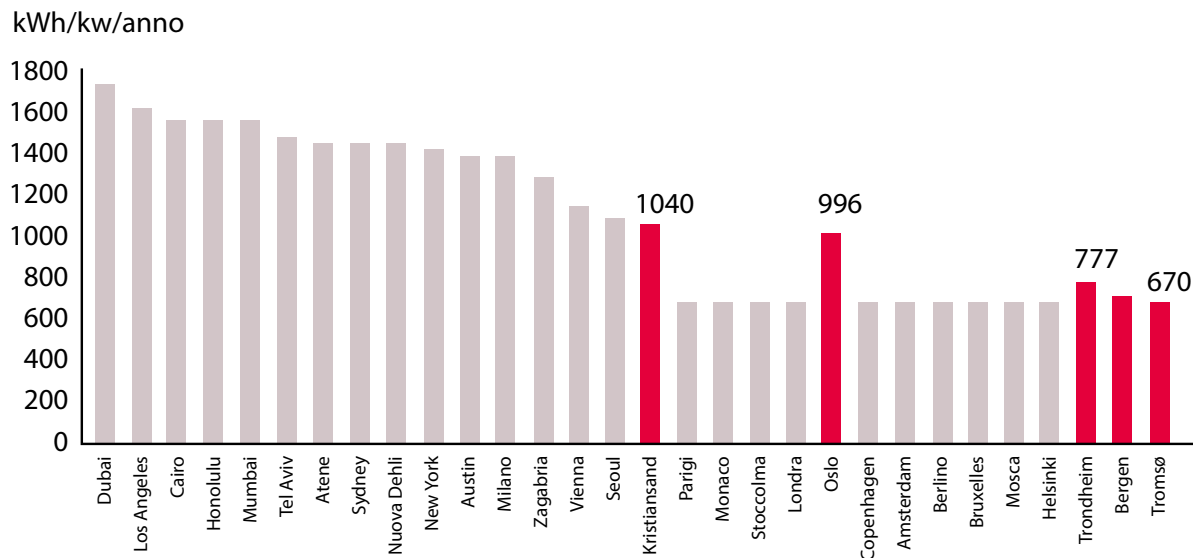


Figura 2. Produzione media in kWh di un impianto a pannelli solari (con caratteristiche predefinite) in diverse città. Fonte: Solkraft Norge.

1.3. Centrali di grandi dimensioni per la produzione di energia solare

Gli impianti fotovoltaici ad alta tensione sono soggetti all'obbligo di licenza ai sensi della **Legge sull'energia** (*Energiloven*). È necessaria anche una licenza se il proprietario di un impianto solare desidera stabilire linee a bassa tensione verso edifici vicini al fine di vendere a terzi l'energia prodotta o in eccesso.

La costruzione di centrali per la produzione di energia solare è regolata dalla Legge sull'energia. Gli impianti fotovoltaici che sono soggetti a licenza rispondono anche alle norme contenute nella **Legge sulla pianificazione e l'edilizia** (*Plan- og bygningsloven*).

Chi desideri richiedere una licenza per costruire centrali per la produzione di energia solare in Norvegia può consultare: <https://www.nve.no/konsesjon/konsesjonsbehandling-av-solkraft/>

Gli impianti solari più piccoli che possono essere collegati ad impianti a bassa tensione già presenti non necessitano invece di licenze. Per installare tali strutture si deve fare domanda in conformità con la Legge sulla pianificazione e l'edilizia.

Gli impianti con una tensione superiore a 1.000 V AC/1.500 V CC necessitano di una licenza. Chi intenda costruire nuove centrali solari deve informare le autorità locali e richiedere il permesso di allacciamento alla rete al fornitore di energia elettrica. Si applica un'eccezione all'obbligo di licenza per i sistemi di distribuzione a bassa tensione se la capacità non supera i 200 A a 3 fasi e 230 V.

Il committente deve acquisire i diritti necessari per la costruzione, l'esercizio e la manutenzione dell'impianto solare con le relative infrastrutture. Gli impianti a energia solare devono inoltre essere costruiti ai sensi delle normative sul patrimonio culturale, sul controllo dell'inquinamento e le norme in tema di tutela della biodiversità.

1.4. Il settore e il futuro del solare in Norvegia

Secondo Statistics Norway lo 0,39% della superficie della Norvegia è ricoperto da edifici. Tenendo conto che il consumo energetico in Norvegia nel 2019 è stato di 214 TWh e che il paese ha una superficie totale di 385.207 km², installando pannelli solari su tutti gli edifici si potrebbero produrre 900 kWh al mq.

Se la produzione media di energia di un impianto solare in Norvegia è di 135 kWh per mq all'anno, e se consideriamo il 15% come l'efficienza media degli dell'impianto, l'area necessaria per soddisfare il fabbisogno energetico totale della Norvegia dovrebbe essere di 1.585 kmq, pari allo 0,41% della superficie degli edifici della Norvegia.

Questo calcolo ci mostra come in teoria sarebbe possibile produrre energia elettrica esclusivamente tramite pannelli solari e che sfruttando la superficie edificata si potrebbe coprire l'intero fabbisogno energetico del paese.

La maggior parte degli impianti ad energia solare installati in Norvegia è - come abbiamo visto - connessa alla rete e l'energia prodotta dall'impianto viene normalmente utilizzata dall'edificio stesso o da un edificio nelle immediate vicinanze. L'energia elettrica così prodotta non è soggetta a costi di trasmissione, ma se il proprietario dei pannelli solari vuole rivendere l'energia prodotta ad altri, chi la acquista deve pagare i costi di produzione, di trasferimento, le tasse e le commissioni agli operatori di rete, ovvero alle aziende energetiche.

Si tratta dell'esatto opposto del sistema adottato dalle autorità tedesche e in dozzine di altri paesi, dove esistono incentivi per stimolare la compravendita di energia solare.

In Germania, ad esempio, le aziende energetiche sono state in passato obbligate ad acquistare energia dalle centrali a pannelli solari a circa quattro volte il prezzo di mercato. In Norvegia, invece, i proprietari degli impianti solari preferiscono utilizzare l'energia prodotta, per evitare di venderla a basso prezzo all'azienda energetica.

L'associazione di categoria (**Norsk Solenergiforening**, www.solenergi.no) spera che siano adottate a breve misure volte a stimolare la vendita di energia solare tra privati, creando ad esempio dei "distretti energetici autonomi", o che i gestori di rete vengano obbligati a pagare un prezzo più alto per l'energia solare che acquistano dai proprietari di impianti solari.

Inoltre - sempre secondo l'associazione di categoria - dovrebbe essere posta maggiore enfasi sulla promozione dell'installazione di pannelli solari anche nelle aree urbane, al fine di garantire non solo un migliore approvvigionamento di energia rinnovabile, ma anche come misura ambientale a lungo termine. Anche delle procedure più semplici e degli stimoli economici mirati hanno avuto un grande effetto in altri paesi nella promozione dell'energia solare.

Un problema da risolvere è quello del ritorno sul capitale investito: un investimento in un impianto solare richiede più anni per essere ammortizzato rispetto ad altri impianti. Un altro ostacolo sono i prezzi dell'energia elettrica in Norvegia, che sono i più bassi d'Europa, e di conseguenza non inducono i proprietari di case a investire in fonti alternative di energia.

Inoltre nel paese è molto diffuso il teleriscaldamento, che ha prezzi concorrenziali.



Da non dimenticare è anche un aspetto culturale: chi vive in aree urbane e sub-urbane in Norvegia cambia casa molto spesso e non è interessato a investire a lungo termine in sistemi energetici alternativi. Il Governo, inoltre, non è interessato a incentivare il fotovoltaico, perchè il 95% della produzione di energia elettrica in Norvegia proviene già da fonti rinnovabili come quella idroelettrica. Negli ultimi anni è stata anche incentivata la produzione energetica tramite turbine eoliche.

Per questo motivo esiste al momento un unico parco a pannelli solari, in Norvegia, presso **Romerike Avfallsforedling**.

Il maggiore produttore di energia solare in Norvegia è **Statkraft** (www.statkraft.no). Nel novembre 2020 Statkraft ha acquisito la società Solar Century, pioniere dell'energia solare. Attraverso questa acquisizione Solkraft ha accesso a un portafoglio di impianti con una produzione di 6 GW in Spagna, Paesi Bassi, Regno Unito, Francia, Grecia, Italia e Cile. Statkraft controlla 42 impianti solari con 1.300 MW di effetto installato e si prevede che nel 2035 sarà il maggiore produttore di energia solare del pianeta.

Energeia (www.energeia.no) è tra le imprese che intendono costruire nuovi parchi solari. Con più di 20 anni di esperienza nel settore, Energeia ha uffici in Norvegia, Paesi Bassi e Italia. La società utilizza impianti dotati di "inseguitori" solari che aumentano l'esposizione alla radiazione solare del 64% e consentono una produzione annua di 1.250-1.300 kWh per kWp di potenza installata. L'impianto solare di Seval Skog di Energeia, se realizzato, sarà il più grande impianto solare in Norvegia con una capacità installata di ca. 100 MW e una produzione annua di ca. 130 GWh.

Energeia ha inoltre sottoscritto una lettera di intenti con i proprietari terrieri e il comune di Søndre Land per costruire un'altra centrale solare a Øistadmarka presso Hasvalsætra.

1.5. Incentivi e crescita del settore

Si prevede che la combinazione di impianti a pannelli solari, parchi solari e centrali solari galleggianti raggiungerà un giro d'affari di 6-11 miliardi di euro nel 2030, generando 10.000 posti di lavoro in Norvegia, se si include tutta la filiera, dall'industria di processo che fornisce le materie prime come il silicio, al consumo.

La crescita dell'industria solare in Norvegia incontra però alcuni ostacoli normativi, nonostante sia chiaro che l'energia solare abbia il potenziale di ridurre le emissioni di CO₂, garantire una maggiore sicurezza di approvvigionamento energetico e un'edilizia più sostenibile.

La crescita dell'industria solare non dipende solamente dall'accesso alle materie prime, ma anche alla possibilità di accedere alle competenze necessarie, allo sviluppo tecnologico e a manodopera qualificata.

La crescita della domanda di energia solare ha portato alla nascita di una grande industria a livello globale, con un fatturato annuo di circa 100 miliardi di euro. Circa 400 milioni di pannelli solari vengono installati all'anno - più di un milione al giorno. In Norvegia, per ora, il settore impiega soltanto 2.000 persone.

Esistono diverse aziende norvegesi che costruiscono e gestiscono grandi centrali solari in altri paesi, come la **Scatec Solar**, **Statkraft** e **Equinor**. Un grande numero di aziende energetiche norvegesi sta investendo nello sviluppo di centrali, anche scollegate dalla rete.

Anche le aziende responsabili della produzione di silicio hanno forti ambizioni di crescita, assieme ai produttori di impianti galleggianti e di pannelli solari integrati negli edifici, tecnologie relativamente nuove che possono ridurre i costi di installazione dei pannelli solari e aumentare radicalmente l'impiego di energia solare nell'edilizia.

1.6. La produzione delle centrali solari in futuro

La capacità produttiva installata degli impianti solari in Norvegia è cresciuta rapidamente negli ultimi dieci anni e ha raggiunto i 120 MWp.

La produzione effettiva di elettricità delle centrali solari è invece pari a 100 GWh all'anno.

La capacità installata è quintuplicata nel 2019 rispetto all'anno precedente. Questo dimostra che le misure prese dal Governo per stimolare la crescita, come ad esempio il supporto fornito da Enova, funzionano. Finora, quasi tutta la capacità è installata su edifici, spesso situati in località lontane dalla rete elettrica, come i cottage di montagna o i fari.

Anche grazie a costi di installazione in diminuzione e ad una maggiore consapevolezza per il risparmio energetico e i benefici ambientali dell'energia solare, si prevede una

forte crescita del settore. Le stime mostrano un potenziale di crescita di 30-50GWp di capacità installata in Norvegia all'anno.

È sempre più comune installare impianti a pannelli solari anche in agricoltura, dove è facile trovare grandi spazi sui tetti dei capannoni.

Un tipo di regolamentazione che potrebbe avere un effetto positivo sulla crescita del settore è l'introduzione di requisiti ambientali più severi negli edifici, oltre a incentivi all'installazione e una maggiore sensibilizzazione dell'opinione pubblica sulla produzione e la condivisione dell'energia solare.

Nonostante i costi di installazione siano bassi (1 euro/Wp), gli impianti fotovoltaici richiedono un periodo di ammortamento relativamente lungo (fino a 20 anni).

Capacità accumulata in GW_p

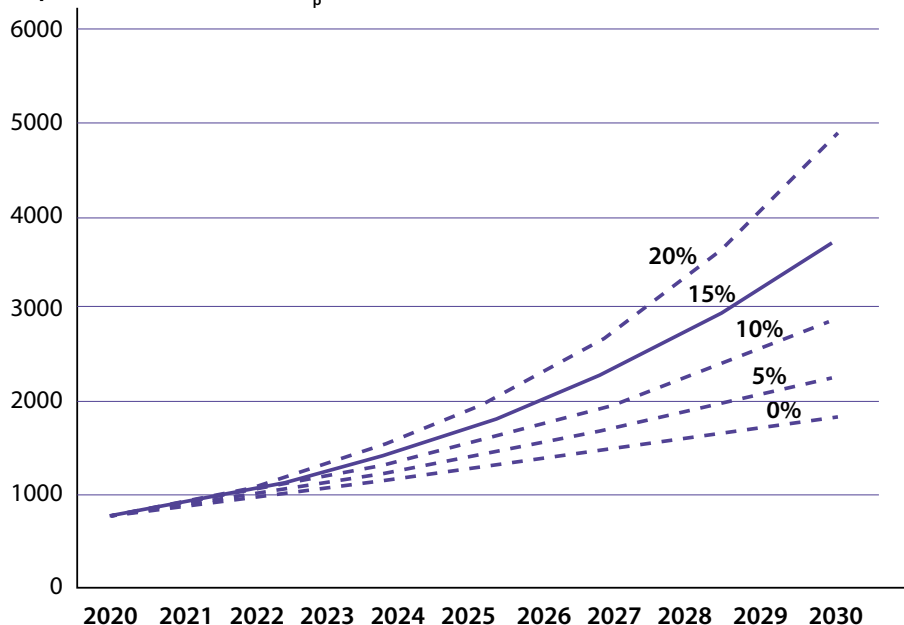


Figura 3. Previsioni di sviluppo della capacità accumulata nella produzione (in GWp) di energia solare verso il 2030, con diverse probabili percentuali di crescita.

La stima più probabile sembra essere una crescita annua del 15% a livello globale.

Fonte: NVE.

L'energia solare non può che assumere un ruolo sempre più significativo in Norvegia, sia a causa dei processi di elettrificazione industriale in atto, sia per la necessità di produrre sempre maggiori quantità di energia rinnovabile in settori come quello edile e dei trasporti.

È probabile che i primi grandi parchi solari in Norvegia, con una capacità di diverse centinaia di MWp, saranno operativi entro il 2030.

La produzione di energia solare nelle aree agricole (agrivoltaico) o l'installazione di parchi solari sotterranei inutilizzabili, come vecchie discariche, sono esempi di soluzioni che funzionano in diversi paesi europei.

A livello internazionale, l'energia solare ha superato l'energia eolica nel 2020 per capacità installata.

1.7. Innovazioni tecnologiche nel solare

Le centrali solari di domani saranno centrali integrate con altri impianti e in grado di offrire una serie di servizi aggiuntivi come l'accumulo di energia tramite batterie e soluzioni digitali di automazione. Ciò include la necessità di fare scelte - posizione geografica, accesso alle risorse, logistica, funzionamento, manutenzione, finanziamento e competenza - per sviluppare progetti redditizi.

Il ciclo di vita di un parco solare eolico è di circa 30 anni, quindi la manutenzione può allungarne la vita, mentre i costi operativi sono minimi.

Una possibilità importante per la crescita del settore è il coordinamento e l'integrazione della produzione di energia solare con altri tipi di energia rinnovabile - eolica e idroelet-

trica - al fine di produrre energia anche in periodi di siccità o con scarsità di vento. Tramite la co-locazione o l'ibridazione di impianti solari e eolici si ottiene un migliore utilizzo dell'elettronica di potenza e della rete, con conseguente riduzione dei costi e della necessità di accumulo.

L'emergere di impianti fotovoltaici intelligenti o integrati (BIPV) negli edifici, e di altre soluzioni innovative, potrebbero rappresentare incentivi importanti a lungo termine.

La Norvegia ha importato istituti di ricerca nel settore, tra cui la [FME SUSOLTECH](#).

Il **cluster dell'energia solare** conta oltre 100 aziende associate in Norvegia.

Un gran numero di aziende si dedicano all'installazione di impianti fotovoltaici, come **Solar Cell Specialist**, [FUSen](#) e [Otovo](#). Quest'ultima ha usato la Norvegia come trampolino di lancio per diventare uno dei fornitori leader di impianti fotovoltaici in Europa e Sud America, e punta a restare il più grande attore in Europa nel segmento al dettaglio.

L'enorme quantità di silicio superpuro richiesta dal solare offre una grande opportunità all'industria estrattiva norvegese. Per produrre pannelli solari con una capacità totale di 3.000 GWp servono 10 milioni di tonnellate di silicio. Un chilo di silicio costa 0,6-1 euro, quindi parliamo di un valore compreso tra 6 e 10 miliardi di euro.

La [Norsun](#) è un produttore leader di wafer di silicio monocristallino di altissima qualità utilizzato nei pannelli solari più efficienti al mondo. L'azienda è in procinto di raddoppiare la capacità produttiva nel suo stabilimento di Årdal a 1 GWp all'anno.

Anche la **Norwegian Crystals** produce silicio monocristallino nella sua fabbrica a Glomfjord.

La **REC Solar** produce silicio proveniente da materiale riciclato dall'industria dei pannelli solari a Kristiansand e Herøya con una capacità di 2,5-3 GWp all'anno. La produzione totale di silicio di Norsun, Norwegian Crystals e REC Solar ammonta a più di 1GWp/anno, un volume che può fornire ricavi pari a 500 milioni di euro all'anno.

L'industria solare produce pannelli solari sempre più efficienti, costruiti con wafer di silicio di alta qualità e a prezzi concorrenziali, la cui elevata efficienza riduce anche i costi operativi. Una chiara indicazione di questa svolta è come il mercato si sia allontanato dalla tecnologia multicristallina, che in precedenza era dominante nel settore, passando a quella monocristallina – un processo impegnativo e costoso.

Nonostante la produzione di silicio sia ad alta intensità energetica, quella dell'industria norvegese è notevolmente sostenibile, grazie all'utilizzo dell'energia idroelettrica. La REC Solar riutilizza ad esempio 100.000 tonnellate di silicio all'anno, con una riduzione di consumo di energia dell'85%.

1.8. I parchi solari galleggianti

I parchi solari galleggianti sono un settore nuovo e in rapidissimo sviluppo, che sfrutta aree poco utilizzate, ma che richiede strutture di supporto e logistiche innovative. Collegando i parchi solari galleggianti a centrali idroelettriche è inoltre possibile raffreddare i pannelli solari utilizzando l'acqua. La capacità installata dei parchi galleggianti a livello mondiale è al momento di 2.-3.000 MWp. Sistemi di ancoraggio e di montaggio robusti, che garantiscano prestazioni a lungo termine, sono però ancora da sviluppare.

Per quanto invece riguarda l'energia solare offshore, si tratta di un campo potenzialmente molto interessante: esso consente sia di produrre energia per comunità insulari isolate che per creare soluzioni ibride assieme a turbine eoliche galleggianti.

Statkraft, Equinor, Scatec Solar, Fred Olsen e Hydro stanno investendo in campi solari offshore al fine di studiarne il potenziale e facilitarne l'espansione.

Anche l'impresa di consulenza **Multiconsult** si afferma nelle competizioni internazionali in questo campo, in particolare per la progettazione di centrali ibride solari e idroelettriche.

Anche il settore della fornitura sta crescendo rapidamente. Aziende come la **Ocean Sun**, la **Current Solar**, la **Global Maritime**, la **Sunlit Sea** e la **Moss Maritime** si dedicano alla costruzione di parchi solari galleggianti. Esiste inoltre una vasta gamma di fornitori: fornitori di cavi (come **Nexans**), di sistemi di ancoraggio e di altri materiali.

Statkraft, Hydro e Scatec Solar hanno recentemente acquisito SN Power e stanno valutando se installare centrali solari galleggianti adiacenti alle centrali idroelettriche di loro proprietà.

1.9. I pannelli solari integrati (BIPV)

I pannelli solari integrati negli edifici (BIPV) fanno risparmiare al costruttore sui costi per l'acquisto di materiale, per l'installazione e la manodopera. I pannelli solari BIPV possono anche essere utilizzati come balaustre o ringhiere, non solo per ricoprire i tetti degli edifici o le facciate.

Spesso non è sufficiente installare pannelli solari sul tetto dell'edificio per coprirne il fabbisogno energetico, e diventa necessario utilizzare anche lo spazio sulla facciata - e quindi

l'estetica diventa molto importante. La progettazione di pannelli integrati che risponda sia a esigenze estetiche che tecniche diventa fondamentale e apre nuove possibilità commerciali. Imprese norvegesi come la **BIPV Norway, Isola, Sagstuen e Skarpnes** stanno sviluppando nuove soluzioni.

L'industria edile è sempre più attenta all'impatto ambientale, fattore che rende particolarmente interessante considerare l'impiego di pannelli BIPV. Tuttavia non sono ancora presenti sul mercato prodotti di qualità, sicuri e a basso costo.

Tramite incentivi mirati e la collaborazione tra istituti di ricerca, industria e edilizia si possono sviluppare soluzioni nuove e che possono essere prodotte su larga scala, al fine di ridurre i costi. Esistono anche significative opportunità di sviluppo della produzione e dell'installazione di impianti solari per la produzione di calore.

Anche i produttori di componenti per il riscaldamento solare cercano di cooperare con l'industria edile per sviluppare soluzioni integrate di riscaldamento. I collettori solari, ad esempio, possono fornire energia ai sistemi di distribuzione per il teleriscaldamento, come in quello di **Akershus Energi** a Leirsund. Anche l'utilizzo del calore solare in agricoltura è un segmento interessante. Esistono inoltre possibilità di produrre acqua calda in paesi dove non esiste un'infrastruttura adeguata.

Produttori norvegesi come **Inaventa Solar** e **Cattura Solare** hanno investito diversi milioni di euro nella costruzione di nuovi impianti industriali per produrre grandi quantità di pannelli solari per l'esportazione.

Per celebrare l'inaugurazione del parco solare sperimentale presso l'**IFE** (Centro di Ricerca sulla tecnologia energetica) a Kjeller, la Ministra del petrolio e dell'energia Marte Mjøs Persen, alla Conferenza sulla ricerca energetica presso il Consiglio della ricerca norvegese, ha dichiarato:

"[...] La trasformazione verde si traduce in un marcato aumento del consumo di energia, che ci obbliga da un lato ad intensificare la produzione di energia rinnovabile a basso costo e dall'altro a sviluppare l'industria e allo stesso tempo elettrificare la società senza danneggiare le nostre risorse naturali.

Una stretta collaborazione con la comunità scientifica è fondamentale per il successo dell'industria nazionale.[...] L'obiettivo di questo Governo è dunque quello di creare un piano di sviluppo comune per l'energia idroelettrica, eolica e solare al fine di aumentare la produzione sostenibile di energia rinnovabile, agevolando gli investimenti in progetti di ricerca nei settori dell'idrogeno, dell'eolico offshore e della produzione di batterie su larga scala."

2. IL SETTORE DELL'ENERGIA EOLICA

2.1. I parchi di turbine eoliche in Norvegia

I parchi a turbine eoliche sono di tre tipi:

- parchi eolici onshore
- parchi eolici offshore fissati al fondale marino
- parchi eolici offshore montati su strutture galleggianti

Secondo il [Norwegian Offshore Wind Cluster](#), esistono attualmente 52 parchi eolici e 1.164 turbine eoliche nel paese. 15 nuovi parchi sono in fase di costruzione (la lista completa dei parchi si trova [qui](#)). La lista completa delle imprese associate al Cluster si trova [qui](#).

Le stime di **NVE** (<https://www.nve.no/>), l'Ente Nazionale per l'energia rinnovabile, mostrano che nel 2020 in Norvegia sono stati prodotti 9,9 TWh di energia eolica. La capacità installata totale a fine anno è stata di 3.977 MW. L'eolico rappresenta poco più del 11% della produzione totale di energia in Norvegia.

Nel 2019 il settore dell'eolico offshore aveva un fatturato di circa 1 miliardo di euro, e secondo stime recenti potrebbe raggiungere i 5 miliardi nel 2030. Le esportazioni rappresentano oltre l'80% delle vendite.

2.2. Sviluppo del settore e sfide verso il 2030

Secondo le stime dell'Agenzia Internazionale dell'Energia (IEA), la domanda di energia elettrica soddisfatta dall'eolico aumenterà da 1.270 TWh nel 2018 a 17.840 TWh nel 2050.

La produzione eolica offshore passerà da circa 70 TWh nel 2018 a 7.400 TWh nel 2050. Per produrre questo volume di elettricità serve una capacità produttiva di 1.800 GW di eolico offshore. Questo significa che l'energia eolica offshore aumenterà la sua quota di mercato occupando il 40% dell'energia eolica totale prodotta, con una crescita



maggiore in Europa e Cina. Oggi l'energia eolica occupa il 5% della produzione di elettricità a livello globale, ma dovrebbe raggiungere il 15% nel 2050.

Entro il 2050 l'eolico offshore diventerà dunque il pilastro della transizione energetica mondiale. Mentre nel 2018 l'80% della capacità eolica offshore a livello globale si trovava in Europa e il 19% in Cina, a partire dal 2030 si prevede che la Cina supererà l'Europa nella produzione.

Per quanto riguarda l'energia eolica onshore, esistono al momento solamente tre parchi eolici in via di costruzione: a Lillesand, a Sørøya (Hammerfest) e a Skinansfjellet (Sandnes). Il parco di Lillesand comprenderà tre turbine e fornirà energia elettrica rinnovabile ai nuovi autocarri utilizzati da ASKO, grossista della catena di supermercati

NorgesGruppen. Il piccolo parco di Sørøya, la quarta isola norvegese per estensione, dovrebbe entrare in funzione quest'anno, come quello di Skinansfjellet, nel Rogaland, che fa parte del cluster di Bjerkreim, comprendente tre parchi eolici confinanti, che forniscono energia elettrica ai data center di Facebook.

La Norvegia occupava nel 2020, con 1.532 MW, il quarto posto nella classifica dei paesi che hanno installato più energia eolica onshore, dopo la Cina (48.940 MW), gli USA (16.913 MW) e il Brasile (2.297 MW). Nel 2021, però, i partiti politici hanno mostrato scetticismo nei confronti dell'energia eolica a seguito delle critiche da parte dell'opinione pubblica alla costruzione dei parchi di Fosen e Frøya.

La **Norwegian Wind Energy Association (NORWEA)**, <https://norwea.no/>, che si impegna a promuovere l'energia

eolica, sostiene che se la Norvegia condivide l'ambizione di molti altri paesi in Europa per diventare "Fit for 55" entro il 2030 e "carbon neutral" nel 2050, serve un'enorme espansione nell'uso dell'elettricità e della produzione di energia rinnovabile nel paese. Secondo le stime del cluster, nonostante il forte incremento nella costruzione di parchi eolici negli ultimi 20 anni, se la Norvegia vuole raggiungere i suoi obiettivi è necessario riaprire alla vendita di licenze sia nel settore eolico onshore che in quello offshore.

Costruendo altri parchi eolici onshore, assieme a modifiche del sistema fiscale che assicurino alle comunità locali una quota maggiore delle entrate derivanti dall'eolico terrestre e all'accelerazione della costruzione di parchi eolici offshore, le associazioni di categoria ritengono che si possa contenere l'aumento dei prezzi dell'energia elettrica nel paese.

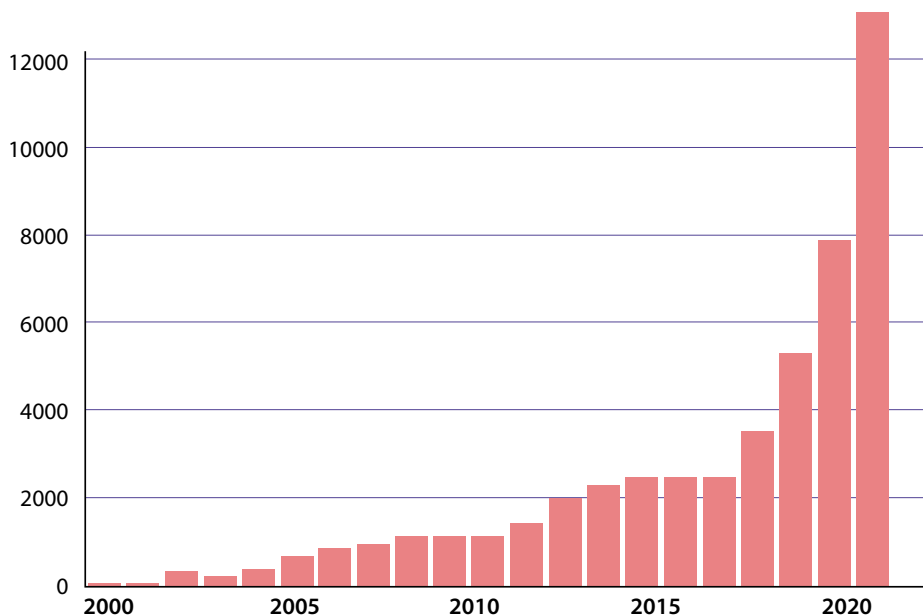


Figura 5. Produzione annuale del settore eolico in GWh. Fonte: NVE.

Si stima infatti che la Norvegia avrà bisogno di 45 TWh di energia rinnovabile nell'arco dei prossimi otto anni e al momento non esiste una tecnologia in grado di produrli (in Norvegia vengono prodotti circa 150 TWh di energia elettrica all'anno e circa 10 TWh sono in eccedenza e vengono esportati). I nuovi 45 TWh di energia necessari entro il 2030 corrispondono alla costruzione di 30 parchi eolici con 150 MW di potenza.

Secondo i rapporti di Statnett e DNV (www.dnv.no), l'eccedenza di energia prodotta in Norvegia avrà fine nel 2026 (come illustrato nella figura). Ciò significa che la Norvegia dovrà iniziare ad importare energia tra pochi anni. Senza l'attuale surplus di energia, necessario in un sistema energetico dipendente dalle condizioni meteorologiche e dalla produzione di energia idroelettrica e eolica, diventerà difficile contenere i prezzi, soprattutto se si pensa che il 53% del consumo di energia in Norvegia è elettrico ed è destinato a crescere.

Se la Norvegia non ricomincia a dare nuove concessioni per la costruzione di parchi eolici onshore, DNV stima che il

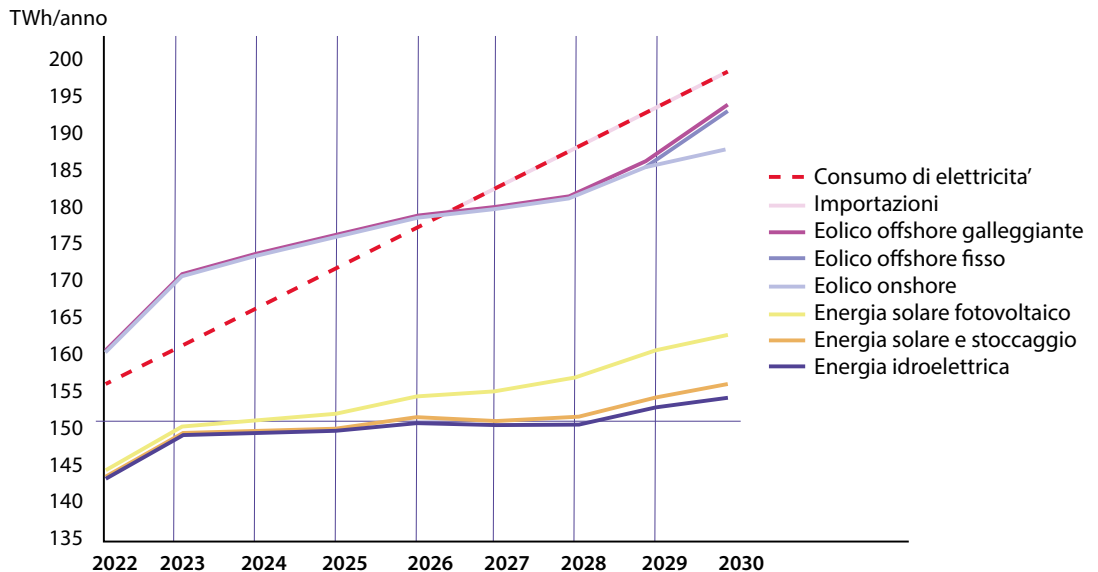
paese diventerà dipendente dall'importazione di energia già dall'anno prossimo.

Per alleggerire la pressione energetica, il Governo norvegese a inizio 2021 ha autorizzato concessioni nelle aree del Mare del Nord settentrionale II (**Sørliche Nordsjø II**) e di **Utsira Nord** per l'apertura di nuovi parchi eolici. Numerose sono state le aziende interessate, sia nel settore petrolifero che estrattivo e energetico.

La Norvegia ha infatti un vantaggio competitivo in questo campo: possiede un settore marittimo molto sviluppato e una lunga esperienza maturata nel settore petrolifero.

Il più grande parco eolico onshore della Norvegia, a Storheia nel Trøndelag, ha una capacità installata di 0,28 GW. Se verranno costruiti nuovi parchi offshore (pari a una produzione di 4,5 GW), questi potrebbero produrre da soli un terzo della capacità eolica offshore dell'intera UE. Il Regno Unito ha sviluppato una produzione di 10 GW, per fare un paragone.

Figura 5. Prognosi del consumo di energia elettrica in Norvegia (linea rossa tratteggiata) e della produzione fino al 2030. Nella prognosi il consumo supera la produzione e l'importazione nel corso del 2026. Fonte: DNV, Den Norske Veritas.



Nell'area di Utsira Nord il fondale è molto profondo e l'unica possibilità è quella di costruire parchi eolici galleggianti, che purtroppo non sono ancora commercialmente redditizi. Tuttavia il Governo norvegese intende dare incentivi allo sviluppo dell'intera catena del valore dell'eolico offshore galleggiante, dalla produzione di fondazioni per le turbine galleggianti, alla manutenzione e alla formazione di tecnici specializzati.

Si sta lavorando a una serie di soluzioni tecniche che non sono ancora testate su larga scala.

Equinor (www.equinor.no) è ad esempio impegnata in test strutturali nel parco eolico offshore galleggiante di **Hywind Tampen** in Scozia. Le 11 turbine galleggianti che sono in fase di costruzione forniranno energia ai giacimenti di petrolio e gas di Snorre e Gullfaks. La **McGregor**, ex-Aker, fornisce al parco eolico sistemi di ancoraggio adattati e che sono già in uso nel settore oil&gas. Hywind Tampen diventerà il parco eolico offshore galleggiante più grande al mondo, grazie a 230 milioni di euro di finanziamenti ricevuti da Enova.

Equinor ha confermato che la società spenderà 5 miliardi di euro per l'elettrificazione delle piattaforme petrolifere e delle strutture onshore al fine di ridurre le emissioni nocive. Ciò richiederà grandi quantità di energia rinnovabile - 10-12 TWh in più rispetto ad oggi. I campi di Johan Sverdrup e Troll A sono già elettrificati, e saranno a breve seguiti da Gina Krog e Martin Linge.

La **NorSea** e la **Parkwind** prevedono la realizzazione di un gigantesco bacino di carenaggio a Norsk Stein, all'ingresso del fiordo di Sauda, e di produrre fondamenta per turbine galleggianti.

Un'altra questione importante è quali soluzioni prevede il Governo per il trasporto dell'elettricità generata.

La Norvegia continentale ha attualmente accesso a una quantità di elettricità sufficiente, ma si stanno elettrificando le piattaforme petrolifere con energia proveniente dall'eolico offshore e il fabbisogno di energia pulita dell'Europa è destinato ad aumentare.

Secondo alcuni osservatori lo sviluppo dell'energia eolica onshore è avanzata troppo in fretta negli anni passati, e non è stata data sufficiente considerazione agli interessi ambientali. Le proteste di alcune comunità locali sono state forti, alcuni parchi onshore sono stati chiusi e le concessioni ritirate. Pertanto il Governo vuole procedere con cautela, questa volta.

L'eolico offshore è più costoso dell'eolico onshore, ma ha il vantaggio di essere "invisibile" ai consumatori – se si escludono le proteste degli operatori del settore ittico.



Figura 6. Le nuove concessioni per l'eolico offshore nel Mare del Nord: Utsira Nord e Sørlike NordsjøII. Fonte: NVE.

I vantaggi dell'eolico sono la ridotta necessità di manutenzione, la possibilità di riciclare i materiali utilizzati, l'alto payback-time e la mancanza di emissioni nocive.

Gli svantaggi sono gli alti costi per il trasporto e l'installazione degli impianti, l'alta variabilità delle correnti d'aria e il disturbo arrecato sia ai volatili che agli organismi marini.

NVE stima che il costo per produrre un kilowattora in installazioni eoliche offshore fisse sia pari a 0,06 euro e di 0,08 euro per le installazioni galleggianti. Le centrali idroelettriche, al contrario, hanno costi di produzione pari a 0,01 euro per kilowattora, ovvero un quinto del costo della produzione eolica offshore.

La logica è semplice: la Norvegia può svolgere un ruolo di primo piano a livello internazionale nell'eolico, ma lo Stato deve fornire aiuti economici per agevolare lo sviluppo e costruire cavi sottomarini che potrebbero permettere l'esportazione nel Regno Unito, dove i prezzi dell'energia sono più alti (anche se questa proposta è in realtà oggetto di un acceso dibattito).

Dei 23 GW prodotti dall'eolico offshore a livello globale, l'80% viene prodotto in Europa, e proviene per la maggior parte da Regno Unito e Germania. Solamente 55 MW di energia provengono da progetti pilota eolici offshore galleggianti.

Con profondità marine superiori ai 60 metri devono essere impiegate piattaforme galleggianti per il montaggio delle turbine. La costruzione di turbine galleggianti in Norvegia ha costi più elevati rispetto alla media europea perché le concessioni si trovano a maggiore distanza dalla terraferma e in tratti di mare più profondi. I parchi eolici offshore

necessitano di una stazione di trasformazione nei pressi delle turbine eoliche, le cui fondamenta hanno lo stesso design di quelle che si utilizzano nell'industria petrolifera.

Al contrario, i costi di costruzione dell'eolico offshore fisso sono diminuiti drasticamente grazie a turbine più grandi ed efficienti e a miglioramenti nella progettazione delle fondamenta. La dimensione media delle turbine eoliche offshore installate in Europa nel 2018 era di 6,8 MW, contro i 4 MW precedenti. Vengono anche testate turbine eoliche offshore da 12 MW. L'utilizzo di turbine di grandi dimensioni

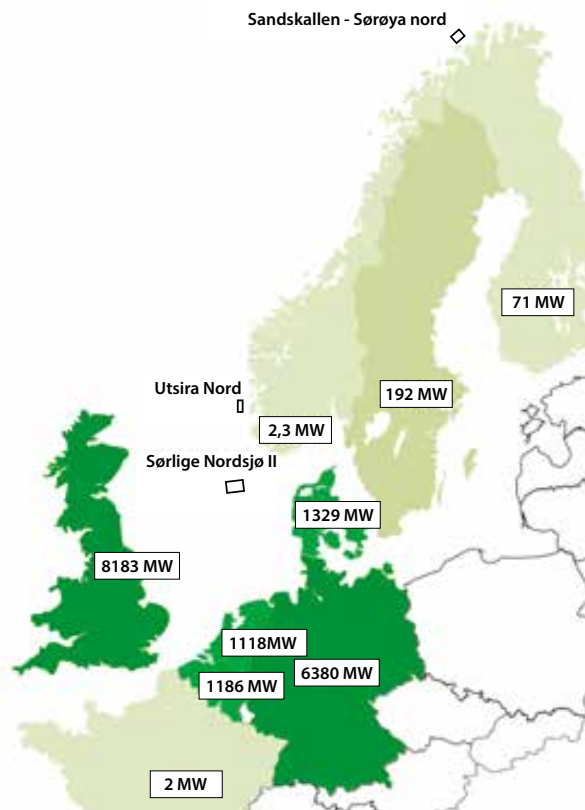


Figura 7. Potenza installata nell'eolico nei diversi paesi del Nord Europa. Fonte: NVE.

riduce anche i costi infrastrutturali, come quelli per i cavi sottomarini.

La dimensione media delle turbine offshore è maggiore rispetto a quella delle turbine onshore, perché è più facile trasportare i componenti via mare.

Nei parchi di grandi dimensioni si riducono ovviamente i costi per le infrastrutture e la manutenzione, che vengono suddivisi per più unità. Al contrario, essi aumentano con l'aumento della distanza del parco dalla terraferma perché la lunghezza dei cavi e del trasporto via mare aumentano in proporzione.

Le operazioni di cablaggio e di ormeggio sono critiche nel processo di installazione delle turbine e sono le fasi con il maggior rischio e con un alto potenziale di riduzione dei costi.

I costi per il funzionamento e la manutenzione delle turbine offshore sono significativamente superiori a quelli per i parchi onshore, perché dipendono da condizioni climatiche e ambientali più difficili. Questo può causare ritardi nella riparazione dei guasti con conseguenti lunghi periodi di inattività.

La maggior parte delle nuove turbine offshore fisse è dotata di una piattaforma per elicotteri, cosa che rende il trasporto da e per la terraferma più veloce, ma più costoso.

Altre innovazioni tecnologiche sono l'esecuzione dell'assemblaggio e di eventuali riparazioni alle turbine in bacini di cabotaggio portuali anziché in mare aperto, oppure la possibilità di effettuare riparazioni tramite sensori e telecomandi a distanza, anche prevenendo eventuali guasti prima che si presentino. Si tratta però di soluzioni ancora in fase di sperimentazione.

Soprattutto nel Mare del Nord esiste una forte competizione spaziale tra i diversi settori: ittico, petrolifero, eolico e marittimo. La sovrapposizione di questi settori ha un notevole impatto ambientale, soprattutto nelle aree costiere adiacenti ai porti principali dell'Ovest del paese: Bergen, Stavanger e Haugesund.

Questa "pressione" è maggiore laddove i fondali sono poco profondi, ovvero dove l'attività estrattiva o eolica entra in conflitto con gli habitat di molluschi e alghe.

2.3. Le navi WTIV

La flotta di imbarcazioni al servizio del settore oil&gas dovrà essere gradualmente trasformata per essere impiegata nel settore eolico a causa del rallentamento della produzione petrolifera verso il 2050.

Le navi per l'installazione di turbine eoliche fisse (WTIV) utilizzano un sistema di fissaggio sul fondo del mare che fornisce loro la stabilità sufficiente per l'installazione delle turbine eoliche.

I nuovi parchi eolici galleggianti richiedono invece metodi di installazione nuovi e nuovi tipi di WTIV. Le navi WTIV sono impiegate anche per la posa di cavi, per operazioni di connessione alla rete e per lo scarico di rocce attorno alle fondamenta delle turbine eoliche e ai cavi, al fine di proteggerli da eventuali danni causati dalle correnti marine.

Dalla figura nella pagina seguente si nota come le stime indichino un aumento enorme del numero di navi dedicate a operazioni offshore (curva verde) - soprattutto nel settore eolico - verso il 2050.

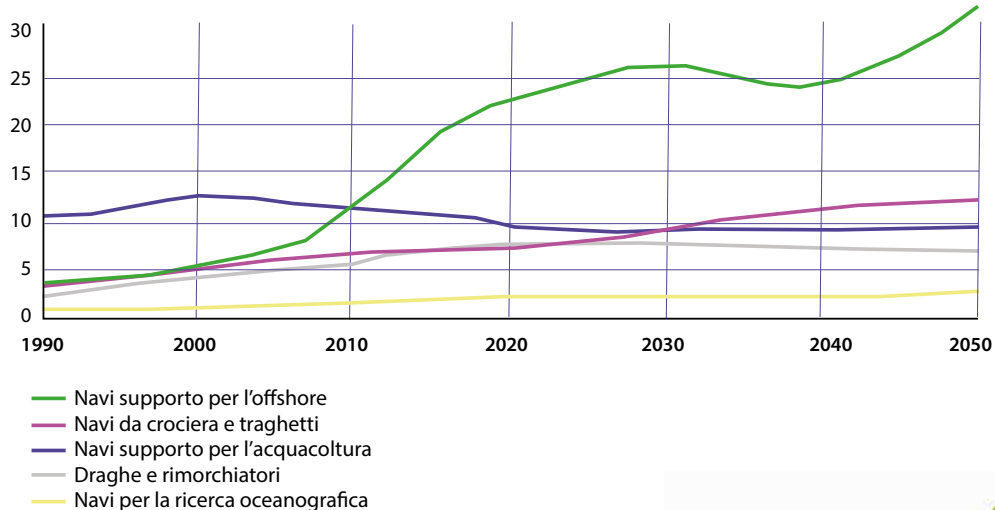


Figura 9. Flotta di navi a livello globale e tipo di impiego dal 1990 al 2050 (milioni di tonni di portata lorda). Fonte: DNV.

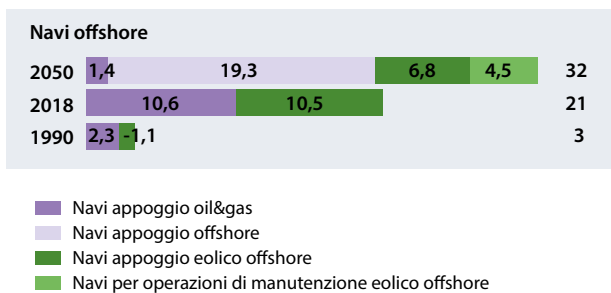


Figura 10. Percentuale di navi impiegate nelle attività offshore a livello mondiale dal 1990 al 2050 (prognosi). Fonte: DNV.



Figura 4. Parchi eolici in Norvegia. I parchi eolici in verde sono in produzione. I parchi di colore verde chiaro sono in fase di costruzione. Fonte: NVE.

2.4. Impatto ambientale

Come abbiamo visto i parchi eolici offshore producono un surplus di energia durante il loro ciclo di vita e possono anche funzionare come barriere per proteggere le risorse marine dalla pesca indiscriminata.

D'altro canto, i parchi eolici posizionati in aree sbagliate o costruiti in maniera errata possono causare un'alta mortalità tra uccelli e pipistrelli per collisione con le pale delle turbine, la migrazione di specie autoctone, disturbi sonori durante l'installazione e la manutenzione, effetti barriera ai movimenti regolari delle specie marine e cambiamenti idrodinamici al vento lungo la costa.

Da sottolineare il fatto che l'installazione dei parchi eolici è regolata da licenze, che si tratta in realtà di installazioni temporanee e che le concessioni hanno una durata massima di 25 anni. Allo scadere della licenza il costruttore è obbligato a ripristinare l'area marina o terrestre interessata, per quanto possibile.

Un'ultima considerazione è che una produzione pari a 10 TWh in più di energia eolica in Norvegia potrebbe ridurre le emissioni europee di gas serra di circa 5 milioni di tonnellate di CO₂ all'anno.

2.5. Il settore in numeri

Le analisi del ciclo di vita mostrano come le nuove turbine eoliche producano 60-80 volte l'energia necessaria per produrle, installarle e smontarle. Il break-even si raggiunge già dopo 5 mesi di produzione. In 25 anni una turbina eolica produce 75 volte il consumo che ha generato.

Da considerare ci sono anche altri aspetti economici: il fatto che un parco eolico di medie dimensioni (con 20 turbine) versi alle autorità locali circa 500.000 euro di tasse all'anno, in Norvegia, entrate che la comunità locale può investire in altre infrastrutture, e che un parco eolico crei posti di lavoro e garantisca un reddito da locazione ai proprietari delle aree interessate.

Il solo sviluppo del parco eolico di Fosen ha creato entrate a livello locale e regionale pari a 270 milioni di euro.

L'ampliamento del settore eolico in Norvegia crea inoltre un surplus di energia e fa in modo che la Norvegia possa esportare la sua energia idroelettrica nei paesi limitrofi (ad esempio quando c'è carenza di vento in Danimarca). Al contrario, quando l'elettricità è a basso costo in Danimarca, la Norvegia può acquistarla risparmiando la propria energia idroelettrica.

3. LA PRODUZIONE DI ENERGIA IDROELETTRICA

L'energia idroelettrica è una fonte di energia rinnovabile in cui l'energia potenziale dell'acqua viene utilizzata per la produzione di energia.

Mentre in Norvegia il 95% dell'energia prodotta è idroelettrica, nel resto del mondo essa rappresenta circa il 17% della produzione totale di energia. Sia la morfologia che il clima fanno della Norvegia il paese ideale per lo sviluppo di centrali idroelettriche, che al momento sono circa 1.73, producono 137 TWh di energia e hanno un effetto installato di 33.000 MW. Ciò rende la Norvegia il più grande produttore di energia idroelettrica in Europa.

L'energia idroelettrica è una fonte di energia non inquinante, stabile - l'acqua può essere immagazzinata in serbatoi durante i periodi di eccedenza - e flessibile (le centrali idroelettriche possono avviare e interrompere la produzione con breve preavviso). L'energia idroelettrica è flessibile anche per il fatto che può essere integrata con l'eolico e il solare. Quasi il 50% della capacità degli impianti presenti in Europa si trova in Norvegia e Statkraft ne possiede circa la metà.

Secondo i calcoli di NVE, solo l'ammodernamento delle turbine presenti nelle centrali idroelettriche norvegesi può aumentare la produzione di circa 4 TWh. Un aumento ulteriore della produzione è da escludere, se non si vuole intervenire su aree protette. La metà delle centrali idroelettriche ha inoltre già registrato lavori di ristrutturazione o ampliamento negli ultimi 20 anni (Statkraft spende più di 100 milioni di euro all'anno per l'ammodernamento delle centrali idroelettriche esistenti).

In Norvegia la produzione di energia idroelettrica è solitamente collegata ai fiumi. Esistono tre tipi di centrali elettriche:

- Centrali a serbatoio (ad alta pressione) – sfruttano l'energia prodotta dalla caduta dell'acqua, che viene immagazzinata in serbatoi per un uso successivo.
- Centrali fluviali (a bassa pressione) - sono costruite direttamente sul corso di fiumi con portata d'acqua elevata. L'energia prodotta viene utilizzata immediatamente. La produzione di energia aumenta durante le piene.
- Centrali a pompa – si basano sull'accumulo di energia: l'acqua in eccesso viene immagazzinata in due serbatoi, dove viene conservata e utilizzata in seguito. Queste centrali sono spesso integrate con parchi eolici.

I vantaggi della produzione idroelettrica sono numerosi: l'acqua è la risorsa rinnovabile per eccellenza, poiché può essere facilmente riutilizzata; la produzione può essere regolata in base alle esigenze dei consumatori e non dipende dalle condizioni meteorologiche perché può anche essere immagazzinata; i costi gestionali sono bassi.

Ci sono anche alcuni svantaggi: la costruzione delle centrali idroelettriche produce emissioni nocive e spesso ha impatti ambientali importanti, danneggiando sia la fauna terrestre che quella ittica.

Se fosse possibile utilizzare ogni singola piccola cascata per la produzione di energia, il potenziale idroelettrico della Norvegia sarebbe di oltre 600 TWh (NVE, 2020). Il potenziale effettivamente sfruttabile è invece di circa 216 TWh, il 64% (138 TWh) del quale è già stato sviluppato, il 23% (circa 50 TWh) è protetto. Il restante 13% (circa 28 TWh) potrebbe essere sfruttato per costruire nuove centrali, ma dipende dall'emissione di nuove concessioni.

Capacità installata in GW

■ Idroelettrico

■ Eolico offshore galleggiante

■ Eolico offshore fisso

■ Eolico onshore

■ Solare

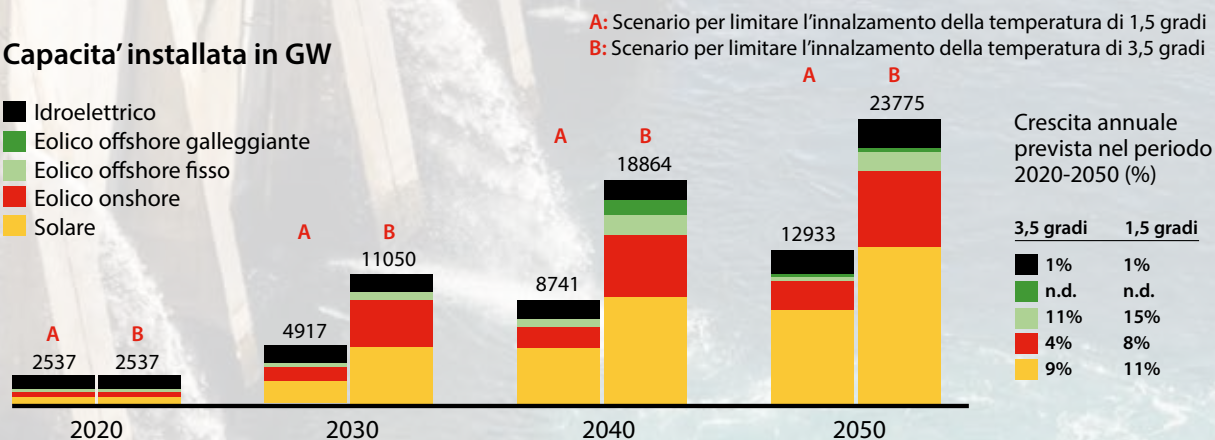


Figura 8. Capacità installata e stime di crescita della produzione di energia rinnovabile in due scenari. Fonte: McKinsey.

Il 30% dei 4.000 corsi d'acqua presenti in Norvegia è già utilizzato per scopi energetici, soprattutto nella Norvegia meridionale. La Norvegia ha un totale di 18 laghi con una superficie maggiore di 50 chilometri quadrati, di cui ben 13 sono utilizzati come serbatoi. Sette delle dieci maggiori cascate sono già utilizzate da centrali idroelettriche.

Il 90% della produzione di energia idroelettrica è di proprietà statale, provinciale o municipale. Il restante 10% è nelle mani di privati (soprattutto del colosso [Norsk Hydro](#)). La produzione di alluminio di Hydro si basa interamente su

energia rinnovabile. La bassa impronta di carbonio dell'alluminio prodotto da Hydro è infatti un vantaggio competitivo unico.

Dal 1990 anche la produzione idroelettrica globale è aumentata del 50%, con la crescita più alta registrata in Cina.

I sostenitori della produzione energetica idroelettrica ritengono che questa fonte di energia sia la più sicura e redditizia per la Norvegia a lungo termine.

A seguire una breve presentazione della nuove forme di energia rinnovabile. Secondo le stime di McKinsey saranno il solare, l'eolico e la produzione idroelettrica ad avere lo sviluppo maggiore nei prossimi 25 anni, anche se tale previsione non tiene conto di eventuali scoperte tecnologiche che potrebbero rivoluzionare l'intero settore.

Boa per la produzione di energia dal moto ondoso, [WaveEL](#).



4. LA PRODUZIONE DI ENERGIA DA MOTO ONDOSI

L'energia prodotta dal moto ondoso è l'energia rinnovabile più difficile da catturare. Il problema principale è assicurarsi che la centrale di produzione resista all'usura provocata dalle onde, soprattutto durante maremoti e tempeste. Numerosi tentativi sono stati fatti per risolvere questo problema, inclusa l'immersione automatica delle strutture galleggianti durante forti tempeste.

L'energia prodotta dal moto ondoso è in un certo senso una forma di energia solare, perché gli spostamenti d'aria (vento) che creano le onde sono causati dalla differenza di calore tra la terraferma e il mare, calore proveniente dai raggi solari.

Il vero problema di questa forma di energia è che nonostante il moto ondoso sia relativamente prevedibile e la produzione sia continua, essa è instabile e stagionale (è massima in inverno, quando si registra il maggior fabbisogno di energia).

Purtroppo la costruzione di questo tipo di centrali è costosa perché necessita di materiali che siano in grado di resistere alla forte usura causata dalle onde e dall'acqua salata. Dopo l'installazione, i costi operativi sono tuttavia bassi.

In Norvegia sono stati provati diversi tipi di centrali a moto ondoso, ma nessuno degli esperimenti ha avuto successo. Inoltre non è ancora chiaro in che modo le centrali a moto ondoso influenzino l'ambiente marino che le circonda.

5. LA BIOENERGIA

La bioenergia è energia immagazzinata nella materia organica, cioè tutto ciò che può deteriorarsi e marcire. Trasformando il biomateriale, cioè materiale vegetale e animale, si può creare energia. A differenza delle fonti di energia fossile che impiegano milioni di anni per formarsi, la bioenergia è una fonte di energia rinnovabile.

La bioenergia convenzionale comprende la biomassa, ad esempio la legna. Prima che l'energia idroelettrica e i combustibili fossili prendessero il sopravvento, questa era la risorsa energetica più importante sulla terra. La bioenergia tradizionale è ancora importante, e specialmente nei paesi in via di sviluppo.

La moderna bioenergia (biocarburanti avanzati) comprende un'ampia gamma di soluzioni tecnologiche: centrali che bruciano rifiuti biologici, oppure le stufe a pellet ad alta efficienza energetica.

La biomassa può essere bruciata direttamente in forni o centrali elettriche per produrre calore o elettricità e può essere convertita in sostituti del petrolio e del gas. Il biomateriale può quindi essere lavorato e utilizzato in

molti modi diversi per creare energia tramite tecniche come la combustione, la gassificazione, la pirolisi e la decomposizione anaerobica.

La bioenergia può essere utilizzata per il riscaldamento o per produrre elettricità: bruciando biomassa si crea vapore che può alimentare una turbina e produrre elettricità. La biomassa diventa anche biocombustibile (biodiesel e bioetanolo), biogas, biocarburante e bioprodotto.

Nonostante la bioenergia produca all'incirca la stessa quantità di emissioni di CO_2 del carbone, dal momento che si può generare continuamente nuovo materiale biologico (piantando alberi), la bioenergia è vista come neutrale a lungo termine, dal punto di vista delle emissioni di CO_2 . Si tratta tuttavia di una definizione che ad alcuni appare discutibile, sia perché non tiene conto della necessità di trasportare e di trasformare il biomateriale per produrre energia, sia per il fatto che la coltivazione di biomassa a scopo energetico può togliere spazio alla produzione alimentare.

La combustione di biocarburanti e le stufe a legna possono inoltre emettere monossido di carbonio (NO_x).

La bioenergia rappresenta il 4% del consumo totale di energia in Norvegia.



6. LA PRODUZIONE DI ENERGIA GEOTERMICA

L'energia geotermica è l'energia termica sotterranea, e si suddivide in calore immagazzinato nel suolo e energia geotermica ad alta temperatura.

La produzione di energia geotermica non è mai stata così diffusa: sia in Islanda che in El Salvador (i due paesi al mondo che più sfruttano questa forma di energia) il 25% dell'elettricità consumata viene prodotta in centrali geotermiche.

Il calore geotermico è una fonte di energia pulita, stabile e inesauribile, indipendente dalle condizioni atmosferiche e dal vento, ma mancano ancora la tecnologia e le risorse per utilizzarla in modo efficiente.

In teoria, un ammasso roccioso sotterraneo delle dimensioni di una montagna media contiene tanta energia quanta il mondo intero consuma in un anno. Il calore geotermico trovato dalla superficie fino a 10.000 metri contiene anche 50.000 volte più energia di tutte le risorse di petrolio e gas nel mondo.

L'energia geotermica profonda (ad alta temperatura) ha origine dalla formazione del nostro pianeta, dalla radioattività (processi di decomposizione) e dall'attività vulcanica. Le notevoli differenze di temperatura tra l'interno della terra e la superficie terrestre creano un flusso di calore continuo dal nucleo alla superficie, come avviene con i geysers.



L'energia geotermica sotto forma di calore presente nel sottosuolo (a bassa temperatura) proviene principalmente dall'energia solare immagazzinata nel terreno, fino a 300 metri sotto la superficie. Questa energia mantiene una temperatura stabile di circa 7 gradi.

Le pompe di calore che sfruttano l'energia geotermica utilizzano il calore geotermico per raffreddare edifici in estate e riscaldarli in inverno. Le pompe di calore di questo tipo sono molto efficienti dal punto di vista energetico.

L'energia geotermica profonda è utilizzabile da centrali geotermiche solo nelle vicinanze delle aree in cui si incontrano le placche tettoniche (come avviene in Islanda).

Teoricamente il calore del suolo potrebbe coprire il fabbisogno dell'intera Norvegia per il riscaldamento e il raffreddamento degli edifici, ma il suo utilizzo è limitato dagli alti costi associati allo sviluppo di pompe di calore geotermiche e alla perforazione dei pozzi.

Un aspetto negativo delle centrali elettriche basate su un ciclo binario con scambio termico è che per trasportare il calore vengono utilizzati gas HFC sintetici, che contribuiscono all'effetto serra.

Altri aspetti negativi sono che l'acqua calda proveniente da fonti geotermiche può contenere sostanze tossiche come mercurio, arsenico e antimonio, e il fatto che gli impianti geotermici sono molto rumorosi.

Secondo le stime di DNV è poco probabile che altre tecnologie impiegate per produrre energia sfruttando gli oceani, come il solare fotovoltaico offshore galleggiante o i dispositivi per catturare l'energia delle onde e delle maree abbiano successo entro il 2050, nonostante questi settori ricevano finanziamenti significativi per la ricerca e lo sviluppo.

7. FONTI

- [«Veikart for den norske solkraftbransjen mot 2030»](#), rapporto della Solenergiklyngen, il Cluster per l'energia solare norvegese
- [The Norwegian Solar Energy Cluster](#)
- [Intervento](#) della Ministra del petrolio e dell'energia, Marte Mjøs Persen
- Centro nazionale per la ricerca, [Conferenza sulla ricerca energetica 2021](#)
- Articolo [«Enorm interesse for norske havvindutbygginger»](#), E24
- Rapporto della Confindustria, NHO, [«Grønne elektriske verdikjeder»](#)
- Statkraft, articolo [«Utbygging av vindkraft vinner på pris»](#)
- Strøm.no, [www.strøm.no/vannkraft](#)
- NVE, rapporto [«Kraftproduksjonen i Norden til 2040»](#)
- Articolo [«Bare tre land bygger med vindkraft på land enn Norge»](#), E24

.....
Avvertenza: le informazioni contenute in questo documento vogliono costituire un primo orientamento al settore della produzione di energia rinnovabile in Norvegia. L'Ambasciata d'Italia a Oslo declina ogni responsabilità per le informazioni contenute in questa guida.

Oslo, marzo 2022. Tutti i diritti riservati.


**Ambasciata d'Italia
Oslo**