

Libera traduzione del documento *Battle of the Grids* disponibile all'indirizzo:
<http://www.greenpeace.org/international/Global/international/publications/climate/2011/battle%20of%20the%20grids.pdf>

A cura del *Comitato Difesa Ambiente*, Livorno 19 marzo 2011

La Battaglia delle Reti

Rapporto 2011



Come l'Europa può arrivare al 100% di energia rinnovabile ed eliminare progressivamente l'energia sporca

Greenpeace

Cambiamento climatico

immagine di copertina Turbina eolica con cumulo di carbone in primo piano, Vlissingen, Paesi Bassi.

©GREENPEACE/PHILIP REYNAERS

immagine Foto aerea dell'impianto termodinamico PS10 a concentrazione solare (CSC). La radiazione solare, nell'impianto progettato a specchi, è in grado di produrre 23 GWh di elettricità, sufficienti per fornire energia elettrica a 10.000 persone.

© GREENPEACE/MARKEL REDONDO

La Battaglia delle Reti

rapporto 2011

Introduzione

Principali risultati

La evoluzione/evoluzione dell'energia in Europa

Come funziona il sistema elettrico

La Battaglia delle Reti: che cosa è la grande barriera?

Nuova ricerca: Europa rinnovabile 24/7

La nuova mappa energetica per l'Europa

Sei passi per costruire la rete per un'Europa rinnovabile 24/7

Il rigido, sporco modello energetico per il 2030

Casi di studio

Implicazioni per gli investitori

Raccomandazioni politiche

Appendice

Tipi di tecnologie per la produzione di energia elettrica rinnovabile

4 Per maggiori informazioni contattare:
enquiries@greenpeace.org

5 **Autori:**
Jan Van De Putte e Rebecca Short

6 **Co-autori:**
Jan Beránek, Frauke Thies, Sven Teske

8 **Edito da:**
Alexandra Dawe e Jack Hunter

10 **Ideazione e impaginazione:**
www.onehemisphere.se, Svezia.

13

16 Pubblicato da
Greenpeace International

20 Ottho Heldringstraat 5
1066 AZ Amsterdam
Paesi Bassi

24 Tel: +31 20 7182000
Fax: +31 20 7182002

25 greenpeace.org

27

28

29

30

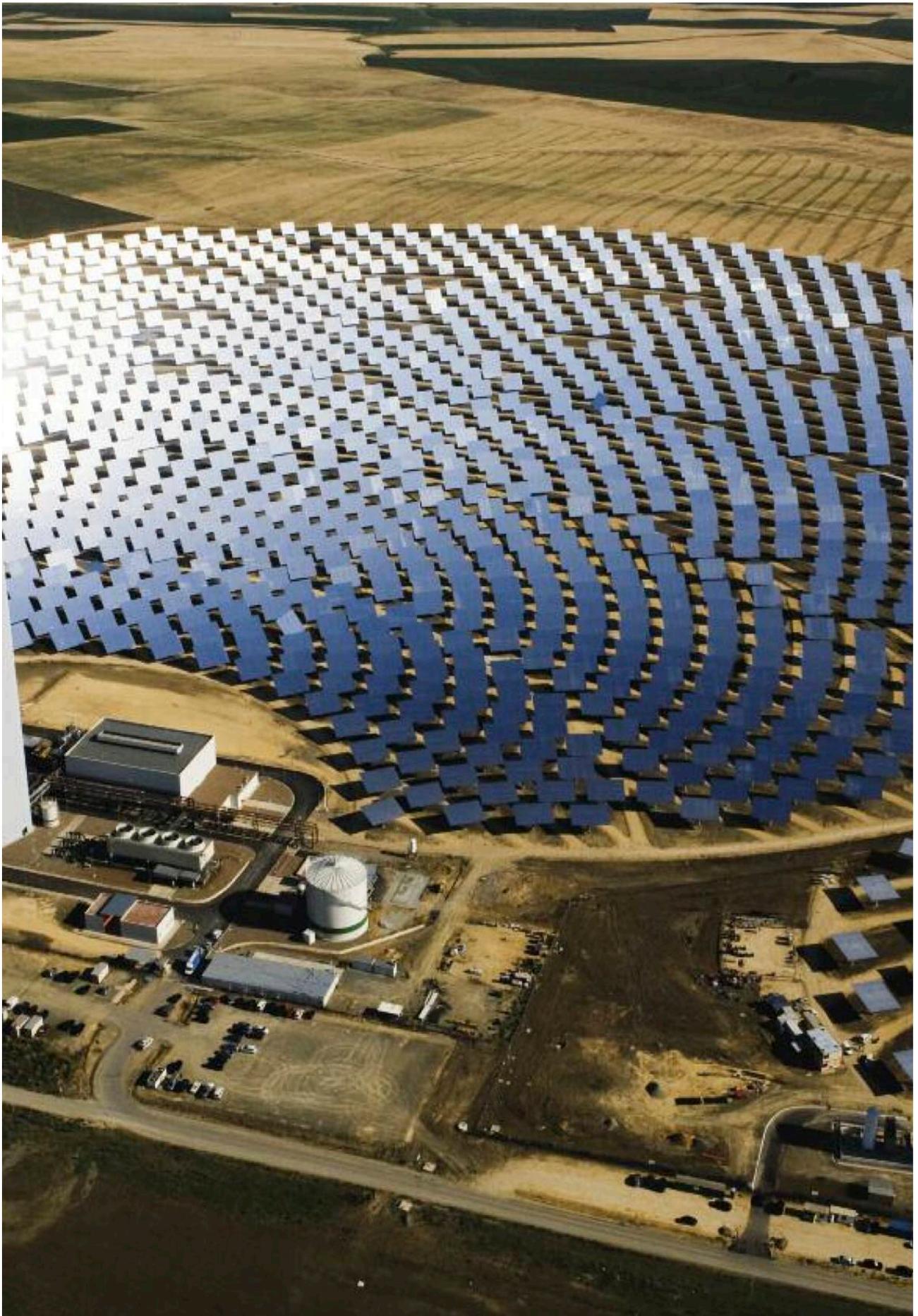
Progetto GPI Numero 343

Rapporto disponibile a:
www.greenpeace.org
www.energyblueprint.info

Questo rapporto è basato su una ricerca di Energynautics GmbH e pubblicato in un rapporto tecnico 'European Grid Study 2030/2050', commissionato da Greenpeace International.

Autori: Dr.-Ing. Eckehard Tröster, MSc. Rena Kuwahata, Dr.-Ing. Thomas Ackermann. Per informazioni e contatti:
www.energynautics.com





Introduzione

I sistemi energetici e di trasporto che forniscono elettricità al mondo industrializzato stanno alimentando un pericoloso cambiamento climatico. Situazioni atmosferiche estreme, declino della produzione agricola e innalzamento del livello del mare saranno sentiti da tutti, ricchi e poveri. Siamo in grado di scongiurare i peggiori impatti, ma solo se ripensiamo il nostro sistema energetico.

Oggi la rete elettrica in Europa è caratterizzata da grandi centri inquinanti che emettono energia in quantità costante, indipendentemente dalla necessità dei consumatori, lungo una dispendiosa rete A/C (a corrente alternata). Il mosaico di reti nazionali unite insieme nel corso degli anni è un incastro scomodo e antieconomico.

La politica climatica e la domanda dei consumatori ci stanno spingendo velocemente verso una più intelligente e più efficiente rete a livello europeo che già sta aprendo immense opportunità per nuove tecnologie, affari e opportunità per gli utenti. Questo tipo di rete potrebbe garantire la fornitura nonostante condizioni meteorologiche estreme e potrebbe fornire energia verde per l'Europa mediante efficienti cavi DC (a corrente continua) interrati in profondità. Tuttavia, il titolo del rapporto, *La Battaglia delle Reti*, allude al fatto che siamo a un bivio politico.

A dispetto della notevole crescita delle fonti rinnovabili - l'anno scorso hanno prodotto più investimenti che ogni altro settore - stiamo velocemente arrivando a una resa dei conti tra energia verde e sporca. Migliaia di turbine eoliche che stavano fornendo energia quasi gratuita sono state disattivate nel 2010 per consentire agli inquinanti e fortemente sovvenzionati impianti nucleari e a carbone di fare i loro usuali affari. Si stima che l'anno scorso la Spagna abbia dovuto gettar via circa 200GWh di energia. Il brusio sulle labbra degli specialisti dell'industria, dei lobbisti e nei consigli di amministrazione riguarda lo scontro di sistema e i costi di costruzione e di gestione di quello che diventa sempre più un sistema doppio. Questo innovativo rapporto illustra il problema su scala europea. Prova inoltre che l'Europa è in grado di muoversi gradualmente verso un sistema che fornisce quasi il 100 per cento di energia rinnovabile ventiquattro ore su ventiquattro.

Insieme al rapporto *Energy [R]evolution* [evoluzione/evoluzione dell'energia] 2010 di Greenpeace, il rapporto *La Battaglia delle Reti* si basa sul precedente studio di Greenpeace *Renewables 24/7* [Rinnovabili 24/7]. E' un manuale 'come per' sul tipo di sistema di cui abbiamo bisogno, capace di fornire il 68 per cento di energia rinnovabile entro il 2030 e quasi il 100 per cento entro il 2050.

L'industria leader Energynautics è stata incaricata di sviluppare un esteso modello e ha consegnato una proposta di lavoro per l'Europa, basata su modelli di consumo e di produzione di elettricità per ogni ora dei 365 giorni dell'anno, ai 224 nodi di interconnessione elettrica da una parte all'altra di tutti i 27 paesi dell'UE, più Norvegia, Svizzera e Stati Balcanici non-UE.

La caratteristica principale è lo schema centro-diffusivo, che indica con precisione quanta energia rinnovabile è possibile per ogni tipo di tecnologia e quanto deve essere speso nelle infrastrutture per fornire energia elettrica dove serve, in tutta Europa. La mappa è il primo studio del suo genere - nessun altro ha tentato di tracciare seriamente una futura rete europea di un qualche tipo.

Per essere in grado di realizzare questo nuovo approccio alla fornitura di energia si richiede un nuovo modo di affrontare il problema e in effetti un nuovo glossario. Il riquadro dei termini chiave riassume i concetti trattati ne *La Battaglia delle reti*.

Riquadro 1

Carico base è il concetto secondo il quale ci deve essere in qualsiasi momento una minima, ininterrotta erogazione di energia nella rete, tradizionalmente fornita dalle centrali a carbone o nucleari. Questo rapporto contesta questa idea, mostrando come anche una varietà di fonti energetiche 'flessibili' collegate su una vasta area può tenere le luci accese, mediante l'invio di energia nelle zone di forte domanda. Attualmente, il 'carico base' è parte del modello, motivo di affari per il nucleare e per le centrali a carbone, secondo il quale l'operatore può produrre energia elettrica tutto il giorno, indipendentemente dal fatto che sia o non sia effettivamente necessario.

Potenza vincolata si riferisce a quando vi è una sovrapproduzione locale di gratuita energia eolica e solare che deve essere disattivata, o perché non può essere trasferita (per strozzature) in altre sedi, oppure perché è in competizione con la non regolabile energia nucleare o da carbone, a cui è stata data la priorità di accesso alla rete. La potenza vincolata è disponibile anche per lo stoccaggio, una volta che sia disponibile l'opportuna tecnologia.

Potenza variabile è l'elettricità prodotta dal vento o dall'energia solare in dipendenza delle condizioni meteorologiche. Alcune tecnologie possono rendere inviabile (vedere sotto) la potenza variabile, per esempio con l'aggiunta dell'accumulo di calore alle centrali solari a concentrazione (CSC).

Inviabile è un tipo di energia che può essere immagazzinata e 'inviata' in caso di necessità verso le zone di forte domanda, ad esempio quella fornita da centrali elettriche a gas o generata dai biocarburanti.

Interconnessione è una linea di trasmissione che collega le diverse parti della rete elettrica.

Curva di carico è il tipico andamento del consumo di energia elettrica durante il giorno, che ha prevedibili picchi e flessioni che possono essere previsti sulla base delle temperature esterne e dei dati storici.

Nodo è un punto di connessione nella rete elettrica tra regioni o paesi, in cui può pure esserci un collegamento locale.

immagine Piloni di stazione elettrica.



Principali risultati

Dopo ampio utilizzo di modelli al computer¹, ivi comprese previsioni dettagliate su quanta elettricità può provenire da impianti di energia solare ed eolica in ogni ora dell'anno, *La Battaglia delle Reti* mostra che:

1. L'integrazione su larga scala di elettricità da fonti rinnovabili nella rete europea (68 per cento entro il 2030 e 99,5 per cento entro il 2050) è fattibile sia tecnicamente che economicamente con un elevato livello di sicurezza degli approvvigionamenti, anche nelle condizioni climatiche più estreme, con poco vento e bassa radiazione solare. Ciò conferma ulteriormente la fattibilità di una visione del 100 per cento di elettricità rinnovabile. Rafforza anche i risultati di *Energy [R]evolution*² di Greenpeace, che dimostra che soddisfare nel 2050 la domanda con il 97 per cento di energia elettrica rinnovabile costerebbe il 34 per cento in meno rispetto allo scenario di riferimento dell'IEA, e che entro il 2030 il 68 per cento di energia elettrica rinnovabile potrebbe produrre 1,2 milioni di posti di lavoro, 780.000 in più rispetto allo scenario di riferimento.

2. Questo richiede cambiamenti significativi nel mix energetico:

- nel 2030, gli impianti a gas dovranno fornire la maggior parte dell'energia elettrica non rinnovabile e servire come riserva flessibile per l'energia eolica e solare. Tra il 2030 e il 2050, il gas naturale come combustibile è progressivamente eliminato e sostituito da energie rinnovabili invariabili, come l'energia idroelettrica, geotermica, da impianti a concentrazione solare (CSC) e da biomasse.
- per il fatto che le centrali a carbone e quelle nucleari sono troppo rigide e non possono sufficientemente rispondere alle variazioni dell'energia eolica o solare, entro il 2030 il 90 per cento degli impianti a carbone e nucleari esistenti devono essere gradualmente dismessi e completamente eliminati entro il 2050.

3. Sono necessari, entro il 2030, circa 70 miliardi di € di investimenti in infrastrutture di rete per assicurare, con un mix del 68 per cento di energia rinnovabile, la fornitura di elettricità 24 ore al giorno, 7 giorni alla settimana. Investendo entro il 2030 altri 28 miliardi di € nel potenziamento delle reti, le fonti rinnovabili vincolate potrebbero essere ridotte all'1 per cento. Il costo totale di rete è limitato a meno dell'1 per cento della bolletta elettrica.

4. Nel presente rapporto sono stati analizzati due diversi scenari tra il 2030 e il 2050. In uno scenario di 'Rete Forte', la rete europea potrebbe essere collegata al Nord Africa per trarre vantaggio dall'intensa radiazione solare. Ciò ridurrebbe il costo per produrre energia elettrica ma aumenterebbe, tra il 2030 e il 2050, fino a 581 miliardi di € gli investimenti necessari nelle linee di trasmissione. Nello scenario 'Rete Debole', più energia rinnovabile è prodotta vicino alle regioni con elevata domanda (grandi città e industria pesante). Questo abbassa l'investimento nella trasmissione a soli 74 miliardi di € nel periodo 2030-50, ma aumenta i costi per produrre energia elettrica perché più pannelli solari saranno installati nelle regioni meno soleggiate. Tra questi due scenari molto distinti di Rete Forte e Rete Debole sono possibili molte combinazioni intermedie.

5. Attualmente le turbine eoliche sono spesso disattivate durante i periodi di alta fornitura di energia elettrica, per dare la priorità all'energia elettrica delle centrali nucleari e a carbone. Per vincere *La Battaglia delle Reti* sarà necessario riservare all'energia rinnovabile la priorità di invio sulle reti europee, compresa la priorità nelle interconnessioni tra i paesi, affinché il surplus di produzione possa essere esportato in altre regioni con risultante domanda di energia.

6. Conseguenze economiche per il nucleare, il carbone e gli impianti a gas:

- Anche se adeguamenti tecnici potrebbero consentire agli impianti a carbone e nucleari di diventare più flessibili e 'inseribili' nel mix di rinnovabili, questi impianti entro il 2030 sarebbero necessari per solo il 46 per cento dell'anno, per diminuire ulteriormente in seguito; risulterebbero così fortemente antieconomici gli investimenti in un reattore nucleare dal costo di circa 6 miliardi di €. Costruire un nuovo reattore nucleare è un rischio molto alto per gli investitori.
- in uno 'scenario Sporco' del futuro con una quota, di rigidi impianti a carbone e nucleari, vicina nel 2030 a quella installata oggi, le fonti rinnovabili dovranno essere disattivate più spesso e il costo di questa perduta produzione rinnovabile salirà a 32 miliardi di € all'anno.
- impianti flessibili a gas richiedono minori investimenti di capitale rispetto alle centrali nucleari ed entro il 2030 potrebbero ancora produrre in modo economicamente vantaggioso con un fattore di carico del 54 per cento, funzionando come riserva per la variabile energia rinnovabile.

Dopo il 2030, gli impianti a gas possono essere convertiti progressivamente a biogas, evitando così investimenti non recuperabili sia negli impianti di produzione che nelle reti per il gas.

¹ Questa analisi è basata su "Renewables 24/7 – Infrastructure needed to save the climate", febbraio 2010.

² Energy [R]evolution. Towards a fully renewable energy supply in the EU-27. <http://energyblueprint.info/1233.0.html>

La evoluzione/evoluzione dell'energia in Europa

Possiamo determinare il futuro

Il mondo sa che ci stiamo muovendo verso gravi impatti climatici globali a causa di oltre due secoli di sviluppo industriale basato sulla combustione di combustibili fossili. Conosciamo anche la soluzione: è a dir poco una rivoluzione nel nostro modo di procurarci e distribuire l'energia. *Energy [R]evolution*, ora nella sua terza edizione, è realizzato da Greenpeace in collaborazione con l'Istituto di Termodinamica Tecnica presso il Centro Aerospaziale Tedesco (DLR) e con più di 30 scienziati e ingegneri di università, istituti e industrie di energia rinnovabile in tutto il mondo. È un modello per fornire energia pulita ed equa che, riguardo le emissioni di gas a effetto serra, soddisfa gli obiettivi fissati dalla scienza, piuttosto che dalla politica.

La situazione in Europa oggi è:

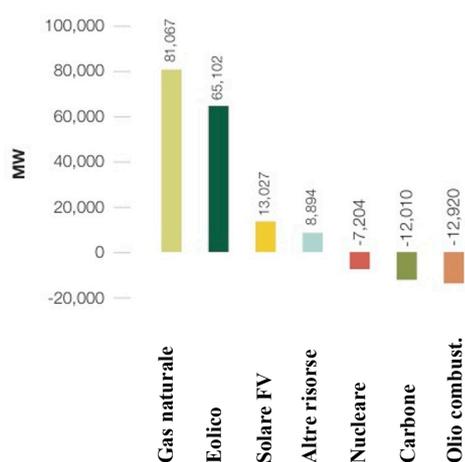
- l'energia rinnovabile è in forte espansione. Negli ultimi dieci anni, più della metà della nuova capacità installata è stata energia rinnovabile, non basata sui combustibili fossili.
- l'energia rinnovabile ha continuato a crescere durante il 2009 nonostante la crisi economica.
- l'energia eolica è ora indiscutibilmente la tecnologia leader in Europa, con il gas in seconda posizione e il solare fotovoltaico (FV) in terza. Gli investimenti in nuove centrali eoliche europee nel 2009 sono arrivati a 13 miliardi di € per 10.163 MW di capacità di potenza eolica, il 23 per cento in più rispetto all'anno precedente.
- le turbine eoliche costruite nel 2009 produrranno tanta elettricità quanto 3-4 grandi centrali nucleari o a carbone, operanti annualmente a carico base³.
- nel frattempo, sia il nucleare che il carbone sono in declino; negli ultimi dieci anni sono stati più gli impianti chiusi di quelli nuovi aggiunti al mix.

Un lunga strada di crescita

Noi possiamo utilizzare le attuali tendenze del mercato dell'energia elettrica per fare proiezioni affidabili su ciò che potrebbe essere il mix energetico con il giusto sostegno e le giuste politiche. Greenpeace per un decennio ha pubblicato gli scenari futuri del mercato, basati su dettagliati studi della capacità industriale. In tutto questo periodo, la reale crescita di energia eolica e di solare fotovoltaico ha costantemente superato le nostre stesse proiezioni.

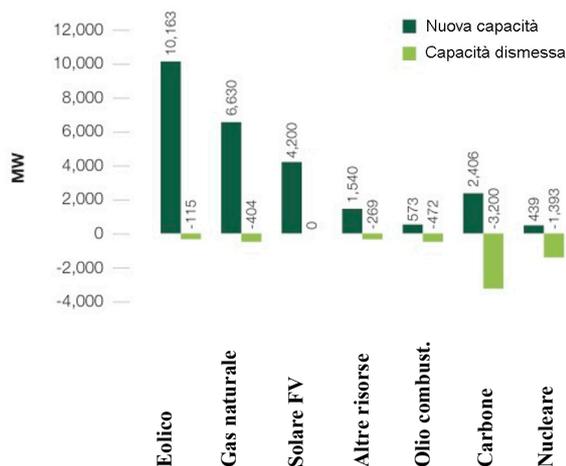
I rapporti forniscono, per l'Europa, un dettagliato scenario che è prudentemente basato solo su tecnologie già esistenti e collaudate.

Figura 1 Capacità produttiva netta installata nell'UE a 27 nel periodo 2000-2009



Fonte: EWEA, Platts.

Figura 2 Capacità produttiva installata e dismessa nell'UE a 27 nel 2009



Fonte: EWEA, Platts.

³ Impianti eolici da 10.160 MW con un fattore medio di carico di 0,29 genereranno circa 26TWh, comparabilmente con 3,5 grandi impianti termici da 1.000MW ciascuno, operanti con un fattore di carico di 0,85.

immagine Scorte di carbone scaricate dalle stive di navi nel porto di Gijon.



Il rapporto utilizza un'analisi dall'alto verso il basso della fornitura totale di energia a livello europeo, oltre a studi dal basso verso l'alto sullo sviluppo tecnologico e sui tassi di crescita, e inoltre curve di apprendimento, analisi dei costi e potenzialità delle fonti di energia rinnovabile. *Energy [R]evolution* entra negli scenari basilari e avanzati, che si basano sulla popolazione e il PIL previsto nel *World Energy Outlook 2009* dall'Agencia Internazionale dell'Energia.

Lo scenario avanzato dà una riduzione di CO₂ del 95 per cento entro il 2050 per l'intero settore energetico. Comprende, per l'energia elettrica, una graduale uscita dal carbone e dall'energia nucleare per il 90 per cento entro il 2030 e interamente entro il 2050. Le fonti rinnovabili di energia elettrica fornirebbero, sotto queste condizioni, il 43 per cento entro il 2020, il 68 per cento entro il 2030 e il 98 per cento entro il 2050. Lo studio mostra che è tecnicamente ed economicamente fattibile entro il 2050 una transizione verso una fornitura di energia completamente rinnovabile.

Una vera *Energy [R]evolution* sfrutterebbe l'enorme potenziale europeo relativo al risparmio energetico e all'energia rinnovabile e lo indirizzerebbe sulla strada giusta per fornire energia pulita, sicura e conveniente, e per creare milioni di posti di lavoro.

Tabella 1 Che cosa accade nell'UE con una *Energy [R]evolution*

Efficienza	<ul style="list-style-type: none"> • La domanda di energia primaria scende da 78.880 PJ/a nel 2007 a 46.030 PJ/a nel 2050 	<ul style="list-style-type: none"> • La domanda totale di energia è ridotta di un terzo
Energia	<ul style="list-style-type: none"> • Nel 2050 i combustibili fossili saranno sostituiti da biomasse, collettori solari e geotermico. • Pompe di calore geotermiche e solare termico forniranno una produzione di calore industriale 	<ul style="list-style-type: none"> • Le fonti rinnovabili copriranno il 92 per cento della domanda finale di energia, compresa la fornitura per riscaldamento e i trasporti
Elettricità	<ul style="list-style-type: none"> • 1.520 GW di potenza producono 4.110 TWh all'anno di elettricità rinnovabile entro il 2050. • La domanda totale di elettricità sale da 2.900 TWh nel 2007 a quasi 4.300 TWh nel 2050, a causa di un maggior uso nei trasporti e nelle pompe di calore geotermico 	<ul style="list-style-type: none"> • L'energia rinnovabile costituisce il 97 per cento delle forniture
Trasporti	<ul style="list-style-type: none"> • Anche un maggior numero di sistemi di trasporto pubblico usano elettricità e vi è uno spostamento del trasporto merci dalla strada alla ferrovia 	<ul style="list-style-type: none"> • I veicoli elettrici costituiscono il 14 per cento del mix entro il 2030 e fino al 62 per cento entro il 2050
Costi	<ul style="list-style-type: none"> • Nel 2050, nello scenario avanzato, un kWh costerà 6,7 centesimi di euro rispetto ai 9,5 centesimi di euro in quello di riferimento. • Il risparmio medio di 62 miliardi di euro all'anno nel costo del carburante nel settore elettrico rispetto allo scenario di riferimento dell'IEA, compensa il costo medio degli investimenti aggiuntivi di 43 miliardi di € all'anno (2007-2050) 	<ul style="list-style-type: none"> • Nel 2030, l'elettricità costa 1,2 cent/kWh di più che nello scenario IEA. • Nel 2050, l'elettricità costa 2,8 cent/kWh di meno che nello scenario di riferimento dell'IEA
Occupazione	<ul style="list-style-type: none"> • Una avanzata <i>Energy [R]evolution</i> crea nel 2050 circa 1,2 milioni di posti di lavoro nel settore dell'energia elettrica 	<ul style="list-style-type: none"> • 780.000 posti di lavoro in più, nel settore energetico, rispetto allo scenario di riferimento dell'IEA

Come funziona il sistema elettrico

La ‘rete’ significa tutti i cavi, i trasformatori e le infrastrutture che trasportano energia elettrica da impianti di potenza agli utenti. Attualmente operiamo sulla base di un modello di rete centralizzata che è stato progettato e programmato fino a 60 anni fa. Gli impianti hanno favorito una massiccia industrializzazione nelle città e hanno portato l’elettricità nelle zone rurali delle parti più sviluppate del mondo. Ma ora dobbiamo ripensare e rimodellare la rete per fornire un sistema di energia pulita. È un cambiamento che ci porterà alla prossima fase di evoluzione tecnologica della società.

La vecchia via

Tutte le reti sono state costruite con grandi centrali elettriche collocate nel centro e collegate mediante linee di potenza ad alta tensione a corrente alternata (AC). Una rete di distribuzione più piccola porta l’energia ai consumatori finali. Il sistema è molto dispendioso, con molta energia persa durante il trasporto.

La nuova via

La differenza principale nel produrre energia pulita è che questa richiede molti piccoli generatori, alcuni con quantità variabili di potenza prodotta. Un grande vantaggio è che questi possono essere posizionati all’interno della rete, vicino a dove la potenza è utilizzata. I piccoli generatori comprendono turbine eoliche, pannelli solari, microturbine, celle a combustibile e impianti di cogenerazione (produzione combinata di calore ed energia).

La sfida che sta davanti è integrare i nuovi decentrati generatori di energia rinnovabile, mentre viene gradualmente dismessa la maggior parte delle più grandi e obsolete centrali elettriche. Questo richiederà una nuova architettura per i sistemi energetici.

Il concetto generale consiste nel bilanciare le fluttuazioni nella domanda energetica e nel provvedere a ripartire efficacemente l’elettricità tra gli utenti. Ciò è reso possibile da nuove misure, come la gestione della domanda (GDD) da parte dei grandi utenti o l’utilizzo delle previsioni meteorologiche e lo stoccaggio di energia per coprire i periodi con minore vento o sole. Avanzate tecnologie di comunicazione e di controllo aiutano ulteriormente a fornire energia elettrica in modo efficace.

Gli elementi principali della architettura del nuovo sistema elettrico sono le **micro reti**, le **reti intelligenti** e un certo numero di dispositivi di interconnessione sufficienti per una effettiva **super rete**. I tre tipi di sistemi sono di supporto l’uno con l’altro e interagiscono tra loro.

Opportunità tecnologiche

Entro il 2050 il sistema elettrico verso cui è necessario guardare è molto diverso da quello di oggi. Ciò crea enormi opportunità di affari per l’informazione, la comunicazione e la tecnologia (ICT), settore che aiuta a ridefinire la rete elettrica. Poiché una rete intelligente riceve energia da una vasta gamma di fonti e di posti, si basa sulla raccolta e l’analisi di molti dati. Le reti intelligenti richiedono reti software, hardware e reti di dati in grado di fornire i dati in modo rapido, e di rispondere alle informazioni che questi contengono. Diversi importanti operatori ICT fanno a gara per rendere intelligenti le reti energetiche in tutto il mondo e centinaia di società potrebbero essere coinvolte nelle reti intelligenti.

Riquadro 2 Definizioni

Le **micro reti** provvedono alle necessità di potenza elettrica locale. Il termine si riferisce ai luoghi dove infrastrutture di monitoraggio e di controllo sono incorporate all’interno di reti di distribuzione e utilizzano generatori locali di energia. Esse possono rifornire isole, piccoli centri rurali o distretti. Un esempio potrebbe essere una combinazione di pannelli solari, micro turbine, celle a combustibile, efficienza energetica e tecnologia di informazione/comunicazione per gestire i carichi e provvedere affinché le luci rimangano accese.

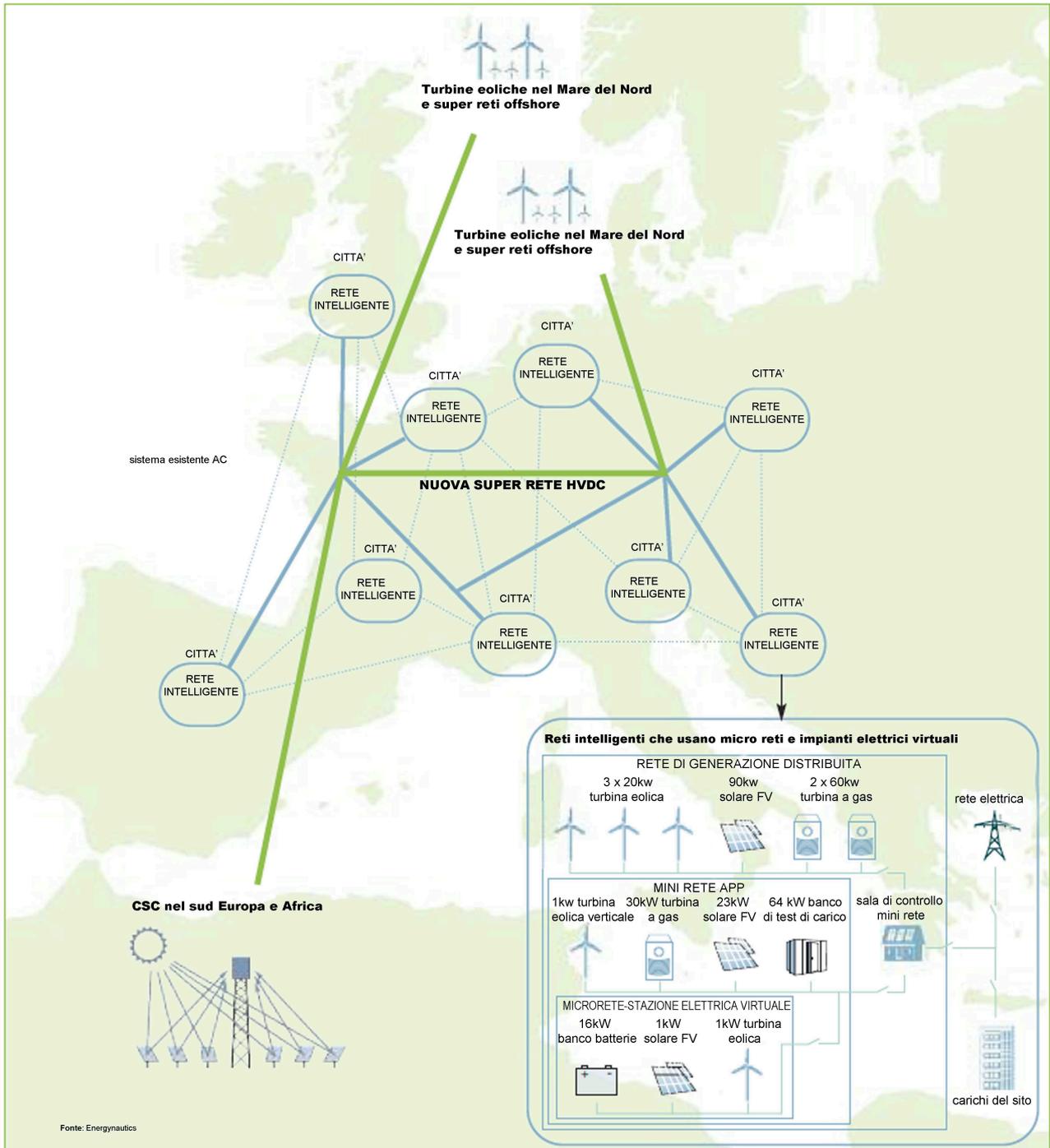
Le **reti intelligenti** bilanciano la domanda di una regione. Una rete elettrica ‘intelligente’ collega fonti decentrate di energia rinnovabile e da cogenerazione e distribuisce molto efficientemente l’elettricità. Reti intelligenti sono un mezzo per riuscire a immettere nel sistema grandi quantità di energia rinnovabile senza emissioni di gas serra e per permettere la disattivazione delle vecchie fonti elettriche centralizzate. Tipi avanzati di tecnologie di controllo e gestione della rete elettrica possono anche farla funzionare complessivamente in modo più efficiente. Un esempio potrebbero essere i contatori elettrici intelligenti che mostrano in tempo reale i consumi e i costi, consentendo così ai grandi utenti di energia di poter decidere se staccarsi o diminuire il consumo a seguito di un segnale dal gestore della rete ed evitare così prezzi più alti.

Le **super reti** trasportano grande quantità di energia tra le regioni. Il termine si riferisce a una grande interconnessione - in genere basata su tecnologia HVDC - tra paesi o zone con grande disponibilità di energia e paesi o zone con grande domanda. Un esempio potrebbe essere l’interconnessione di tutti i grandi impianti di energia rinnovabile nel Mare del Nord oppure una connessione tra l’Europa meridionale e l’Africa, dove l’energia rinnovabile potrebbe essere esportata da quei luoghi con grandi risorse locali disponibili, verso le più grandi città e paesi.

immagine Costruzione di turbine eoliche offshore.



Figura 3 Panoramica del futuro sistema elettrico, con un'alta percentuale di energia rinnovabile



La Battaglia delle Reti: che cosa è la grande barriera?

La potenza di alcuni impianti di energia rinnovabile, come l'eolico e il solare, varia nel corso della giornata e della settimana. Alcuni vedono questo come un problema insormontabile, perché fino ad ora abbiamo fatto affidamento sul carbone o sul nucleare per fornire in ogni momento una quantità fissa di potenza. Il titolo di questo rapporto si riferisce alla lotta per stabilire quale tipo di infrastrutture o di gestione noi dobbiamo scegliere e quale deve essere il mix energetico che ci aiuta ad allontanarci da un sistema energetico inquinante ad elevata presenza di carbonio.

Alcuni fatti importanti comprendono:

- la domanda di energia elettrica fluttua in un modo prevedibile.
- una gestione intelligente può operare con i grandi utenti di energia elettrica, in modo che la loro domanda di picco si sposti in un'altra parte del giorno, la sera fuori del periodo di maggior carico per il sistema.
- l'energia elettrica da fonti rinnovabili può essere stoccata e 'inviata' dove è necessario in un certo numero di modi, utilizzando avanzate tecnologie di rete.

Paesi europei ricchi di vento stanno già sperimentando l'incompatibilità tra potenza rinnovabile e convenzionale. In Spagna, dove molto eolico e solare è ora collegato alla rete, si sta ricorrendo al gas per colmare il divario tra domanda e offerta. Questo accade perché un impianto a gas può essere spento o utilizzato a potenza ridotta, per esempio quando c'è una scarsa domanda di elettricità o un'alta produzione eolica. Mentre passiamo a un sistema elettrico prevalentemente rinnovabile, gli impianti a gas saranno necessari come riserve per i periodi di alta domanda e bassa produzione di rinnovabili.

Effettivamente un kWh di una turbina eolica sostituisce efficacemente un kWh di un impianto a gas, evitando emissioni di anidride carbonica. Le fonti rinnovabili di elettricità, quali impianti solari termici a concentrazione (CSC), geotermia, idroelettrico, biomasse e biogas possono gradualmente eliminare le necessità di gas naturale. (per maggiori dettagli vedere Casi di studio). Gli impianti a gas e i gasdotti potrebbero poi essere progressivamente convertiti per trasportare biogas.

Il progresso blocca il carico base

In generale, gli impianti a carbone e nucleari lavorano nella modalità così detta 'carico base' nel senso che operano la maggior parte del tempo alla massima potenza, indipendentemente da quanta energia elettrica i consumatori richiedono. Quando la domanda è bassa l'energia viene sprecata. Quando la domanda è alta è necessario del gas addizionale come integrazione.

Carbone e il nucleare non possono essere ridotti nelle giornate ventose. Saranno invece disattivate turbine eoliche per evitare di sovraccaricare il sistema.

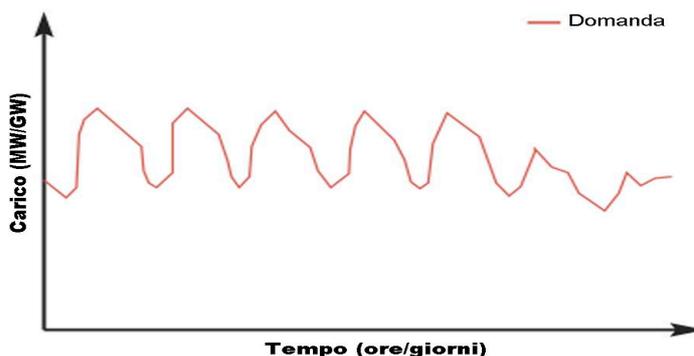
Il calo della domanda elettrica che ha accompagnato la recente crisi economica globale ha rivelato il conflitto di sistema tra la rigida potenza del carico base, soprattutto nucleare, e le fonti rinnovabili variabili, in particolare l'energia eolica, con gli operatori dell'eolico che hanno raccontato di aver disattivato i loro generatori. Nel nord della Spagna e in Germania, questo scomodo mix sta già mostrando i limiti della capacità della rete. Se l'Europa continua a sostenere l'energia nucleare e il carbone a fianco di una crescita nelle fonti rinnovabili, gli scontri si verificheranno sempre di più, rendendo la rete ingolfata e inefficiente.

A dispetto dei pretesi svantaggi accumulati contro le energie rinnovabili, queste hanno iniziato a sfidare la redditività dei più vecchi impianti. Dopo i costi di costruzione, una turbina eolica che produce energia elettrica è quasi senza costi e non brucia alcun combustibile. Nel frattempo, gli impianti a carbone e nucleari utilizzano combustibili costosi e altamente inquinanti.

Anche dove le centrali nucleari sono mantenute operative e le turbine eoliche sono disattivate, c'è motivo di preoccupazione per i fornitori di energia convenzionale. Come accade con qualsiasi merce, un eccesso di offerta ne riduce il prezzo sul mercato. Nei mercati energetici, questo riguarda anche il nucleare e il carbone. Possiamo aspettarci nei prossimi anni più intensi conflitti per l'accesso alle reti. Un esempio è la tensione in Germania sull'opportunità di estendere di 8-14 anni la durata della vita dei reattori nucleari. La federazione tedesca delle energie rinnovabili (BEE) ha avvertito il suo governo che questo danneggerebbe seriamente l'ulteriore espansione delle energie rinnovabili. Prevede che l'energia rinnovabile potrebbe provvedere a metà della fornitura della Germania entro il 2020, ma ciò avrebbe senso economico soltanto se metà delle centrali nucleari e a carbone fosse gradualmente dismessa entro tale data⁴.

Questo spiega perché le società che usano carburanti convenzionali sono sempre più critiche verso una crescita continua e stabile delle fonti rinnovabili oltre il 2020⁵.

Figura 4 Una tipica curva europea di carico mostra, su base giornaliera, il consumo di elettricità con picchi e flessioni.



4 Fraunhofer-IWES, Dynamische Simulation der Stromversorgung in Deutschland.

http://www.bee-ev.de/downloads/publikationen/studien/2010/100119_BEE_IWE_SSimulation_Stromversorgung2020_Endbericht.pdf

5 Riferimento allo scenario energetico di Eurelectric. http://www2.eurelectric.org/DocShareNoFrame/Docs/1/PMFIMPIBJHEBKNOIEMIEGEBKHyDyC5K46SD6CFG14OJ/Eurelectric/docs/DIS/Power_Choices_FINAIREPORTCORRECTIONS-2010-402-0001-01-E-2010-402-0001-01-E-2010-402-0001-01-E.pdf

immagine Il PS10, impianto a torre a concentrazione solare a Siviglia, Spagna.



Il campo di battaglia per la rete

Figura 5 Sistema di fornitura di corrente con bassa quota di fluttuante energia rinnovabile

Questo grafico riassume il modo in cui attualmente viene fornita l'elettricità. La potenza 'carico base' è nella parte inferiore del grafico. Il contributo delle energie rinnovabili costituisce uno strato 'variabile' - che riflette il modo in cui cambia l'intensità del sole e del vento durante il giorno. La parte superiore del grafico è coperta dalla potenza, fornita da gas e idroelettrico, che può essere attivata o disattivata su domanda. Questo è sostenibile grazie all'uso delle previsioni meteorologiche e di un'intelligente gestione della rete.

Con il carico base fornito da nucleare e carbone, la corrente elettrica fornita dalla variabile energia rinnovabile ha spazio per circa il 25 per cento.

Tuttavia, per contrastare il cambiamento climatico è necessario molto di più del 25 per cento di energia elettrica rinnovabile.

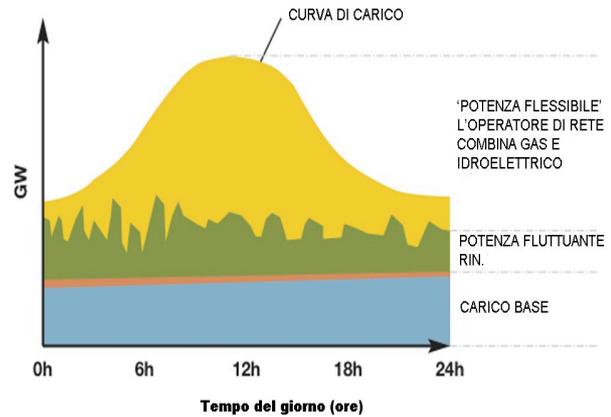


Figura 6 Sistema di fornitura di corrente con oltre il 25% di fluttuante energia rinnovabile – priorità al carico base

Approccio: Più energia rinnovabile, con priorità al carico base?

Giacché le forniture di energia rinnovabile crescono, supereranno la domanda in alcuni momenti della giornata, creando un surplus di potenza. In un caso del genere, questa difficoltà può essere superata stoccando l'energia, muovendola tra le aree, spostando la domanda nell'arco della giornata o disattivando i generatori di rinnovabili nei momenti di picco. Questi metodi non funzionano quando le energie rinnovabili superano il 50 per cento del mix.

Non sostenibile per il 90-100 per cento di elettricità rinnovabile

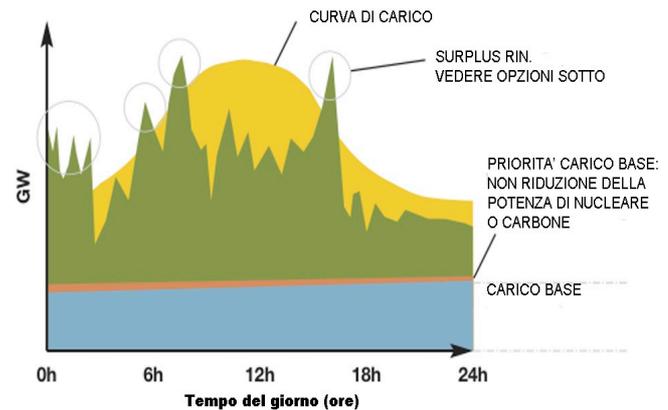
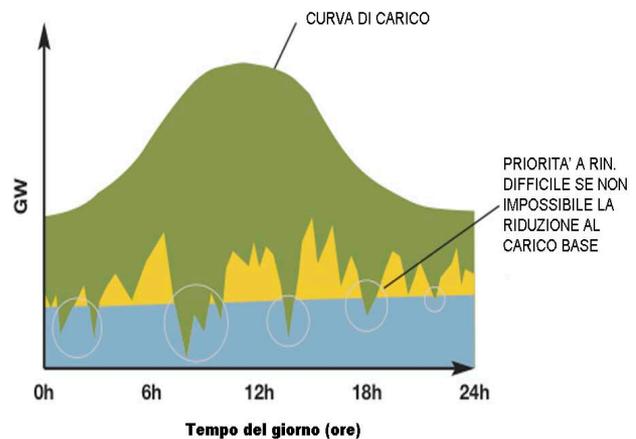


Figura 7 Sistema di fornitura di corrente con oltre il 25% di energia rinnovabile fluttuante – priorità a energie rinnovabili

Approccio: Più rinnovabili con priorità all'energia pulita?

Se nella rete è data la priorità all'energia rinnovabile, ciò "taglia" la potenza del carico base. Questo teoricamente significa che nucleare e carbone devono operare a capacità ridotta o essere del tutto disattivati nei momenti di picco di produzione di potenza (molto sole o vento). Questa non è una soluzione poiché, per impianti nucleari e a carbone di tipo CCS, vi sono limitazioni tecniche e di sicurezza alla velocità, alla scala e alla frequenza delle variazioni di potenza prodotta.

Tecnicamente difficile.



Graduale eliminazione pianificata del nucleare e del carbone

Se vogliamo cogliere i vantaggi di una crescita continua e rapida delle tecnologie per le energie rinnovabili, queste necessitano di un accesso prioritario alla rete e noi dobbiamo urgentemente eliminare il nucleare che è di rigida gestione.

Energy [R]evolution è una dettagliata analisi del mercato che mostra come possiamo raggiungere il 68 per cento di elettricità rinnovabile entro il 2030 e quasi il 100 per cento entro il 2050. Essa inoltre prevede uno scenario futuro in cui la domanda di elettricità continua a crescere anche con efficienza su larga scala, dal momento che le auto diventeranno veicoli elettrici. Questo obiettivo del 2030 per le fonti rinnovabili richiede:

- una graduale eliminazione quasi totale (90 per cento) della potenza fornita dal carbone e dal nucleare entro il 2030.
- il perdurare dell'uso di impianti a gas, che emettono circa la metà della CO₂ per kWh rispetto agli impianti a carbone.

Il risultato: Le emissioni di CO₂ nel settore dell'energia elettrica nel 2030 possono cadere del 65 per cento rispetto ai livelli del 2007. Tra il 2030 e il 2050 il gas può essere gradualmente eliminato e si arriva quasi al 100 per cento di fornitura di energia elettrica rinnovabile e senza emissioni di CO₂.

Disattivare turbine eoliche e dare priorità al nucleare o al carbone è un fondamentale errore economico ed ecologico



immagine Parco eolico offshore, Middelgrunden, Copenhagen, Danimarca.

immagine Perforazione di ricerca geo-termica nel Schorfheide fatta da GeoForschungsZentrum Potsdam, Germania.



Nuova ricerca: Europa rinnovabile 24/7

È necessaria **una strategia d'intero sistema** per risolvere i problemi dei vari tipi di fornitura elettrica in competizione. Per trovare una soluzione, Greenpeace ha commissionato una ricerca innovativa che ha elaborato modelli dell'intera rete europea per operare completamente nel 2050 con la capacità dell'energia rinnovabile, combinata con schemi di previsione meteo basati su 30 anni di dettagliata documentazione. Le pagine seguenti mostrano come ciò si può fare.

Implicazioni del sistema elettrico europeo

La rete elettrica europea ha almeno 50 anni. Nel corso del tempo ha connesso sempre più paesi, fino al punto in cui la maggior parte della rete opera come se i sistemi nazionali di energia elettrica non esistessero più⁶.

I mercati integrati sono ormai comuni, come la regione centro-occidentale europea, composta da Germania, Francia, Olanda, Belgio e Lussemburgo. Gli investitori, ossia le grandi società europee, prendono decisioni sulla base delle loro strategie di vendita in Europa e non delle politiche energetiche nazionali. Gli investimenti in un nuovo impianto non sono legate alle vendite in quel paese ma sono determinate dal mercato, almeno regionale.

Da un punto di vista ecologico, la rete dovrebbe operare per aiutarci a soddisfare forti obiettivi internazionali, volti a fermare il cambiamento climatico. Lo scenario di *Energy [R]evolution* fornisce un modello economicamente e tecnicamente realizzabile, basato su obiettivi climatici europei, per abbandonare gradualmente l'energia nucleare e gli impianti a combustibile fossile. Combina i richiesti obiettivi di politica dall'alto verso il basso con informazioni sulle proiezioni 'dal basso verso l'alto' di quello che le industrie sono in grado di fornire.

Questo rapporto prevede passi dettagliati per cambiare l'attuale sistema di erogazione di energia elettrica in un sistema basato sul 100 per cento di fonti rinnovabili. Definisce gli ampliamenti della rete europea necessari per rendere ciò possibile.

Greenpeace non è l'unica organizzazione che sostiene un approccio europeo 'dall'alto verso il basso'. La recente bozza di comunicazione sulle infrastrutture della Commissione europea⁷ ha messo a fuoco i requisiti di rete e le misure politiche necessarie per sostenere tre obiettivi:

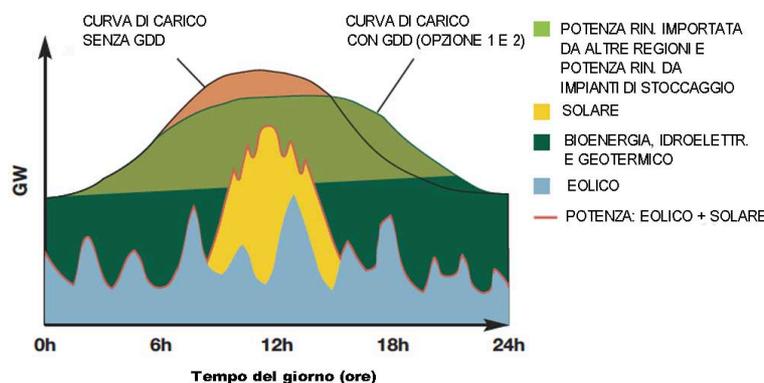
- l'integrazione su scala europea delle fonti rinnovabili,
- la sicurezza della fornitura di energia elettrica, e
- l'ulteriore integrazione del mercato dell'energia elettrica.

Questo rapporto è uno studio approfondito su come raggiungere i primi due obiettivi.

Figura 8 La soluzione: un sistema ottimizzato con oltre il 90% di fornitura di energia rinnovabile

La soluzione

Una rete completamente ottimizzata, dove il 100 per cento delle energie rinnovabili opera mediante lo stoccaggio, la trasmissione di energia elettrica ad altre regioni, la gestione della domanda (GDD) e la riduzione della potenza solo quando è necessario. La gestione della domanda è una tecnica che sposta efficacemente il picco più alto e 'appiattisce' la curva del consumo di elettricità nell'arco della giornata.



⁶ Con alcune eccezioni, come la penisola iberica.

⁷ Energy Infrastructure Priorities. Novembre 2010.

http://ec.europa.eu/energy/infrastructure/strategy/2020_en.htm

Nuova ricerca: Europa rinnovabile 24/7— continua

Un modello per il futuro energetico dell'Europa

Energynautics ha impostato un modello delle fluttuazioni energetiche prodotte dalle fonti rinnovabili nella rete elettrica nel 2030 e nel 2050. In primo luogo ha costruito un modello di fornitura, con i seguenti dati:

- la rete europea consistente in 224 nodi nell'UE, Norvegia, Svizzera e Paesi balcanici, rappresentati da punti sulla mappa (centri di diffusione).
- i dati meteo storici, a ciascuno di tali nodi, della radiazione solare e del vento, per ogni ora, in un periodo di 30 anni.
- le capacità delle rinnovabili e non rinnovabili ad ogni nodo, stimate per il 2030 e il 2050 in base allo scenario di *Energy [R]evolution*⁸.

Il modello è stato utilizzato per calcolare la produzione di energia elettrica rinnovabile per ogni ora dell'anno ad ogni nodo e per mostrare dinamicamente i picchi e le flessioni della produzione di energia elettrica nel corso di un intero anno.

In secondo luogo Energynautics ha costruito un modello della *domanda*, sulla base dei dati derivanti dei gestori di rete⁹. I due modelli sono stati combinati per calcolare:

- se la fornitura uguaglia la domanda per ogni ora e in ogni nodo.
- quando rinnovabili 'inviabili', come biomasse o impianti idroelettrici, dovrebbero essere attivate come riserve.
- i tempi di sovrapproduzione, ad es. quando turbine eoliche devono essere disattivate perché la loro energia elettrica non può essere immessa in rete a causa di strozzature (per la limitata capacità di trasportare l'elettricità verso zone con una risultante domanda).

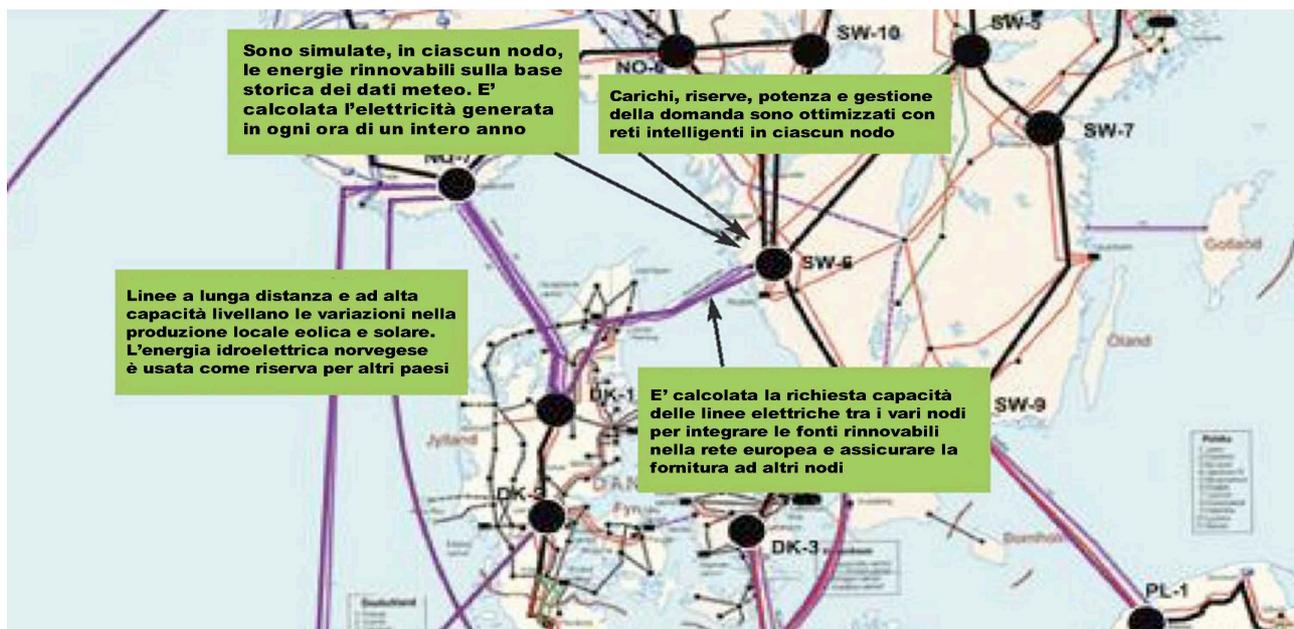
Ottimizzazione

Greenpeace chiede una rete capace di gestire circa il 68 per cento di elettricità rinnovabile entro il 2030 e il 100 per cento entro il 2050.

Per fare questo, i ricercatori hanno avuto un approccio all'ottimizzazione, che mette a confronto i costi di una nuova capacità di rete con quelli per rendere più flessibile il mix produttivo, mediante l'aumento del mix di rinnovabili e l'utilizzo dello stoccaggio e della gestione della domanda (GDD). Ottimizzazione significa sia garantire la fornitura energetica 24/7 anche con una elevata penetrazione di fonti di variabili, sia limitare pure la loro riduzione. La riduzione c'è quando una locale sovrapproduzione di elettricità per abbondanza di vento e sole deve essere fermata perché non può essere trasferita in altri luoghi.

L'ottimizzazione del sistema richiederà che sia aggiunta alla rete più capacità di quella strettamente necessaria per garantire la fornitura, al fine di evitare la riduzione dell'elettricità eolica e solare. Nelle simulazioni sono state aggiunte progressivamente linee di energia elettrica supplementari fintantoché il costo delle nuove infrastrutture è risultato più basso del costo della riduzione di elettricità (vedere illustrazione). In questo modo si crea una solida rete elettrica con una maggiore sicurezza di fornitura.

Figura 9 Illustrazione esemplificativa di nodi e interconnessioni nel Nord Europa



Fonte: Energynautics, Greenpeace.

⁸ Greenpeace, UE-27 *Energy [R]evolution*. <http://www.energyblueprint.info/1233.0.html>

⁹ ENTSO-E statistics. <https://www.entsoe.eu/index.php?id=67>

immagine Carico di cavi marini.



Il processo di ottimizzazione consiste nel:

- rendere più flessibile la capacità delle fonti non rinnovabili, mediante la graduale eliminazione delle centrali nucleari e a carbone, e l'utilizzo invece di impianti a gas come riserva per la fluttuante produzione rinnovabile.
- aumentare la capacità di rete per evitare la riduzione delle fonti di energia eolica e solare.
- migliorare il mix di fonti rinnovabili in modo che si completino a vicenda.
- migliorare la diffusione geografica delle fonti rinnovabili, o collocando le fonti di energia rinnovabili in aree ad alta produzione (ad es. in zone ventose o molto soleggiate), oppure vicino agli utenti elettrici per minimizzare i costi di trasmissione.

Percorsi verso il 100 per cento di energia rinnovabile nel 2050

Questo studio definisce un chiaro percorso fino al 2030 per arrivare, a seguito di questo processo di ottimizzazione, al 68 per cento d'integrazione di rinnovabili, con un investimento di 100 miliardi di € in reti e con un 90 per cento di graduale eliminazione delle centrali nucleari e a carbone (vedere illustrazione).

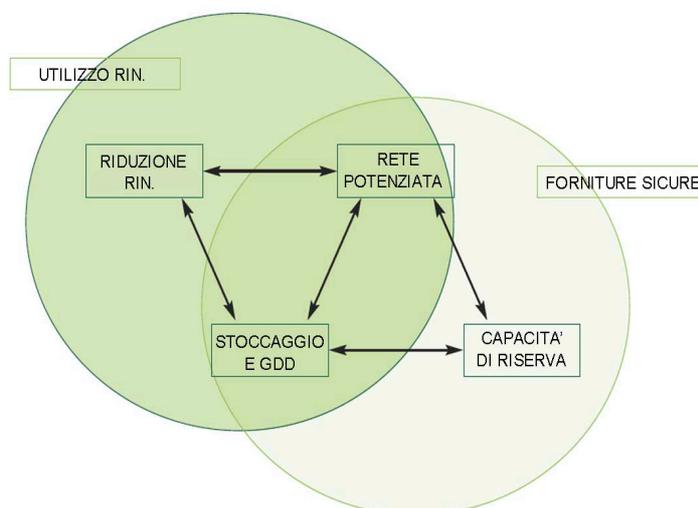
L'approccio finale (2050) dipenderà da ulteriori sviluppi tecnologici, da scelte politiche e da ulteriori ricerche. Gli investimenti infrastrutturali, in particolare in reti elettriche, richiedono tempi lunghi per le decisioni sugli investimenti, sicché è necessario almeno un decennio per la loro attuazione.

Tra il 2030 e il 2050, abbiamo definito due diverse strade per il futuro sviluppo:

• **'Rete debole' - Europa centrale.** Questa strada dovrebbe cercare di produrre energia rinnovabile il più vicino possibile alle aree con alta domanda di elettricità. È particolarmente focalizzata sul centro dell'Europa: Germania, Olanda, Belgio e Francia. In queste zone viene aumentata la capacità solare FV, anche se tali pannelli solari potrebbero fornire più energia elettrica se installati nel sud dell'Europa. Questo approccio farebbe aumentare il costo di produzione per kWh, ma abbasserebbe l'investimento di rete, che tra il 2030 e il 2050 è limitato a 74 miliardi di €. La sicurezza di approvvigionamento dipende meno dalla rete elettrica e dalla trasmissione a lunga distanza. Sono invece usati più intensamente i gasdotti per il trasferimento della biomassa gassificata da una regione all'altra, ottimizzando in tal modo l'uso della biomassa come fonte di bilanciamento. Con la gassificazione della biomassa, i preesistenti impianti di gas possono essere convertiti dal gas naturale al biogas, evitando in tal modo nel settore del gas investimenti non recuperabili.

• **'Rete forte' - Nord Africa.** Questo approccio installerebbe un massimo di fonti di energia rinnovabile nelle aree a più alta produzione di elettricità, in particolare energia solare nel Sud dell'Europa e interconnessioni tra l'Europa e il Nord Africa. Questa strada minimizzerebbe i costi di produzione dell'elettricità, mentre aumenterebbe la quantità di elettricità da trasferire su lunghe distanze tramite la rete. Il risultato è un più elevato costo di interconnessione (un investimento di 581 miliardi di € tra il 2030 e il 2050), e grande sicurezza dell'approvvigionamento 24/7 in quanto la capacità della super rete supera la domanda. Ciò bilancia anche la produzione di energia solare nel sud e la produzione eolica nel nord d'Europa.

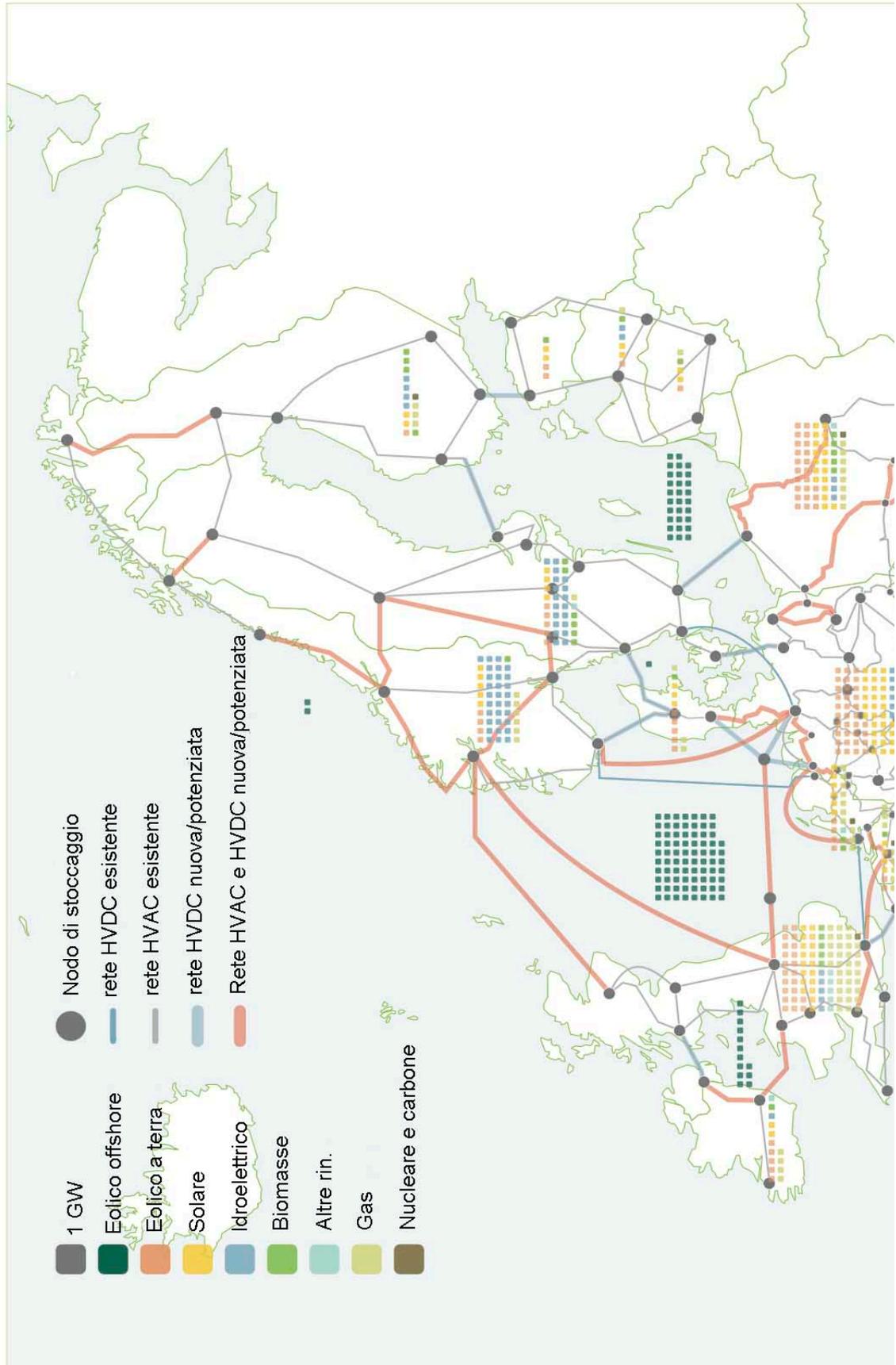
Figura 10 Processo di ottimizzazione

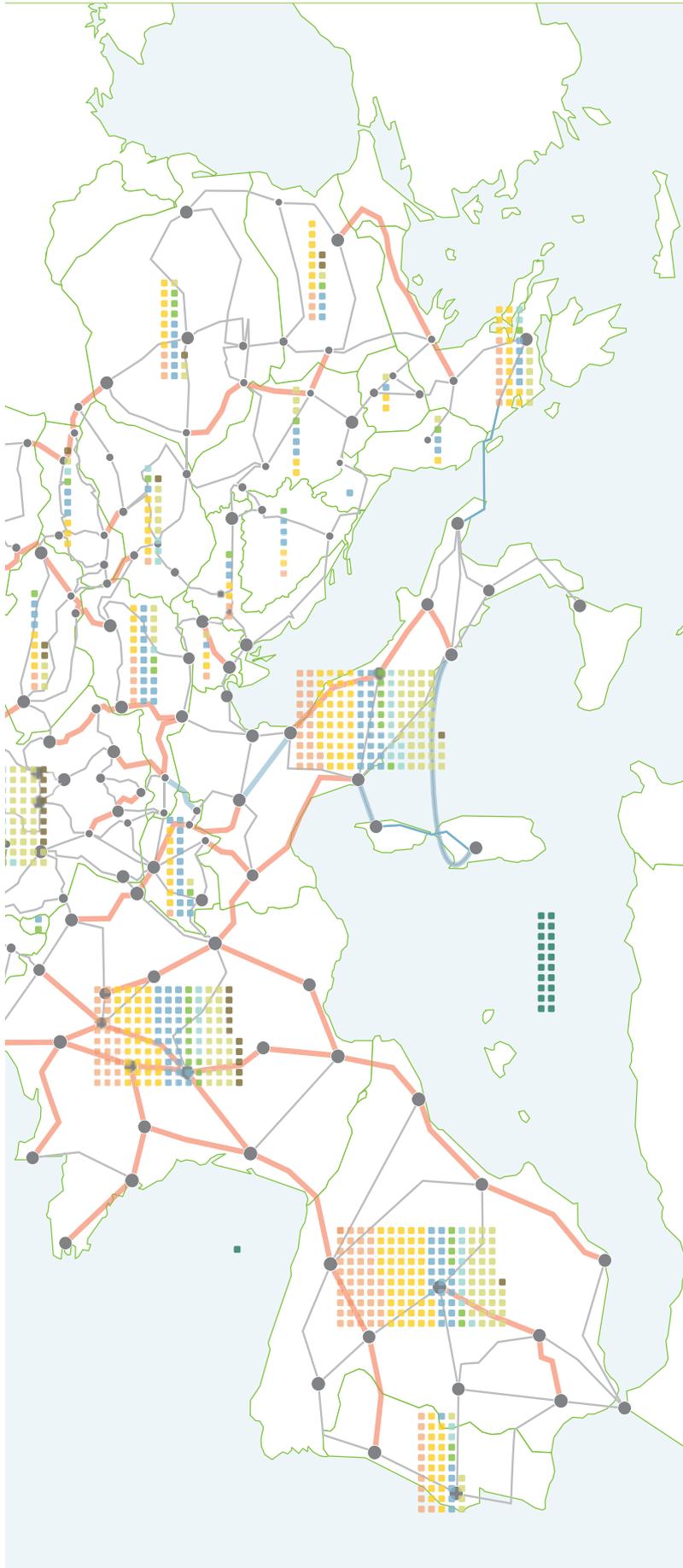


Fonte: Energynautics.

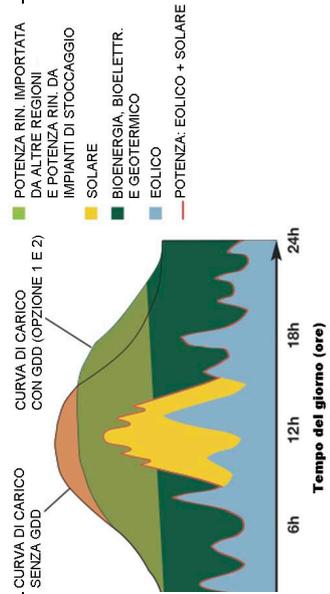
La nuova mappa energetica per l'Europa

Figura 13 Prospetto del sistema energetico futuro con il 68% di elettricità rinnovabile nel 2030





Questa carta rappresenta un sistema con il 68% di elettricità rinnovabile nel 2030, come passo intermedio verso il 100% di elettricità rinnovabile nel 2050



Una rete completamente ottimizzata, dove il 100 per cento di energie rinnovabili opera con lo stoccaggio, la trasmissione di energia elettrica ad altre regioni, la gestione della domanda (GDD) e la loro riduzione solo quando è necessario. La gestione della domanda è una tecnica che sposta efficacemente il picco più alto e 'appiattisce' la curva di utilizzo di elettricità nell'arco della giornata.

La soluzione

Fonte: Greenpeace International.

Nuova ricerca: Europa rinnovabile 24/7 – continua

Va sottolineato che tra questi scenari 'Rete Debole' e 'Rete Forte' dopo il 2030, vi è una vasta area di fattibilità per combinare diversi livelli di sviluppo della rete e delle capacità produttive delle rinnovabili. Nel prossimo decennio, la politica europea deve essere meglio formulata per fornire una visione più chiara del mix energetico dopo il 2030.

Entrambi gli scenari 2050 confermano un unico scenario per il 2030. In entrambi gli scenari di Rete Debole o Rete Forte post 2030, è comunque necessario prima del 2030 un investimento di 100 miliardi di € per la rete, anche se i tempi potrebbero essere leggermente diversi e una parte degli investimenti di rete previsti per il periodo 2010-30 potrebbe essere rimandata a dopo il 2030 nello scenario di Rete Debole. In termini di investimenti in capacità produttiva, le capacità programmate per il 2030 sono necessarie in entrambi gli scenari post 2030.

Lo scenario Rete Debole richiederà una continua forte crescita delle energie rinnovabili in Europa dopo il 2030, mentre nello scenario Rete Forte, la crescita rallenterà in Europa dopo il 2030 grazie all'aumento delle importazioni di elettricità rinnovabile dal Nord Africa.

Figura 11 Tabella di marcia verso il 100 per cento di elettricità rinnovabile nel 2050¹⁰

2007	2020	2030	2050
16%	≈40%	≈70%	≈100%
Mix produzione EU:	Mix produzione EU:	Mix produzione EU:	Mix produzione EU:
<ul style="list-style-type: none"> Eolico: 57GW Solare FV: 5GW Solare CSC: - Idroelettrico: 140GW Biomasse: 10GW Geotermico: 1GW Mare: - Gas: 105GW Carbone: 148GW Nucleare: 132GW 	<ul style="list-style-type: none"> Eolico: 251GW Solare FV: 144GW Solare CSC: 15GW Idroelettrico: 155GW Biomasse: 13GW Geotermico: 5GW Mare: 3 GW Gas: 122GW Carbone: 196GW Nucleare: 59GW 	<ul style="list-style-type: none"> Eolico: 376GW Solare FV: 241GW Solare CSC: 43GW Idroelettrico: 157GW Biomasse: 77GW Geotermico: 34GW Mare: 21GW Gas: 228GW Carbone: 17GW Nucleare: 17GW 	<ul style="list-style-type: none"> Eolico: 667GW Solare FV: 974GW Solare CSC: 99GW Idroelettr.: 163GW Biomasse: 336GW Geotermico: 96GW Mare: 66GW Importazioni: 0GW
			Produzione:
			<ul style="list-style-type: none"> Aumento RIN. vicino ai centri di domanda Mix ottimizzato di RIN. Passaggio da gas naturale al biogas

Produzione:

- 90% di graduale dismissione di carico base (nucl. + carbone)
- Massiccia adozione delle RIN.
- Aumento capacità del flessibile gas

Crescita RIN. + graduale dismissione del Carico Base →

Reti:	Investimenti di rete (2030):
<ul style="list-style-type: none"> • Priorità RIN. a livello europeo • 'Collegamenti mancanti' (HVAC) • Reti eoliche offshore • Primo passo di super rete a terra 	<ul style="list-style-type: none"> • AC: € 20 miliardi • offshore DC: € 20 miliardi • DC a terra: € 49 miliardi • Totale: € 98 miliardi

Scenario regionale 'rete Debole' →

Reti:	Investimenti di rete (2030-2050):
<ul style="list-style-type: none"> • Rete gas (biogas) per equilibrio regioni EU • Ridurre al minimo gli investimenti di rete 	<ul style="list-style-type: none"> • AC: 10 miliardi di € • DC: 64 miliardi di € • Totale: 74 miliardi di €
Produzione:	Mix - produzione UE:
<ul style="list-style-type: none"> • Minimizzare i costi • Più solare al Sud, più eolico nelle regioni ventose • Più bassi costi complessivi di produzione 	<ul style="list-style-type: none"> • Eolico: 497GW • Solare FV: 898GW • solare CSC: 99GW • Idro: 165GW • Biomasse: 224GW • Geotermia: 96GW • Mare: 66GW • RIN. importate: 60GW

Risultato:
99,5% di elettricità rinnovabile

Area di fattibilità

Connessione 'rete Forte' con il nord Africa →

Reti:	Investimenti di rete (2030-2050):
<ul style="list-style-type: none"> • Super rete per equilibrare le regioni UE • Interconnessione 'Media' con il nord Africa • Investimenti per rete più forte 	<ul style="list-style-type: none"> • AC: € 39 miliardi • DC offshore: € 20 mil. • Totale: € 581 mil.

Risultato:
98% di elettricità rinnovabile

Fonte: Energnautics, Greenpeace.

¹⁰ Le capacità di generazione di Norvegia, Svizzera e Paesi balcanici sono incluse nel modello, ma sono omesse in questo schema per rendere i dati più comparabili con altri studi. Gli investimenti di rete sono per l'Europa.

immagine Primo piano di un cavo sottomarino.



I parametri di questo studio

Questa simulazione della produzione elettrica nell'intera rete europea presenta alcune limitazioni dovute alla complessità dei calcoli richiesti per sviluppare i concetti presentati qui. In particolare, è raccomandato uno studio supplementare nelle seguenti aree, che erano fuori dei limiti di questa ricerca:

- Idealmente i risultati dei tre scenari descritti in questo rapporto dovrebbero essere inseriti nello scenario di *Energy [R]evolution*, al fine di definire i costi economici complessivi, la creazione di posti di lavoro e l'interazione con gli altri settori energetici, come i trasporti, il riscaldamento e l'industria. Una ulteriore integrazione tra i modelli dinamici di questo rapporto e gli scenari di mercato di *Energy [R]evolution* ottimizzerebbe i costi economici complessivi.
- Lo scenario 2030 non include una ottimizzazione della capacità di generazione vicina alla domanda. È quindi più in linea con lo scenario 2050, Rete Forte. Possiamo supporre che attualmente sia sottovalutata la potenzialità degli investimenti in rinnovabili per il 2030 nel centro d'Europa, dove nel corso dell'anno vi è una forte domanda e di conseguenza dove vi sono risultanti importazioni di energia elettrica sia dal Nord che dal Sud Europa. Inoltre, le capacità in rinnovabili assegnate a ciascun paese o a ogni nodo, nel modello 2030 non dovrebbero essere considerate come obiettivi nazionali. È necessaria più ricerca per definire per il 2030 una ripartizione più ottimale delle capacità in rinnovabili in ciascun nodo.

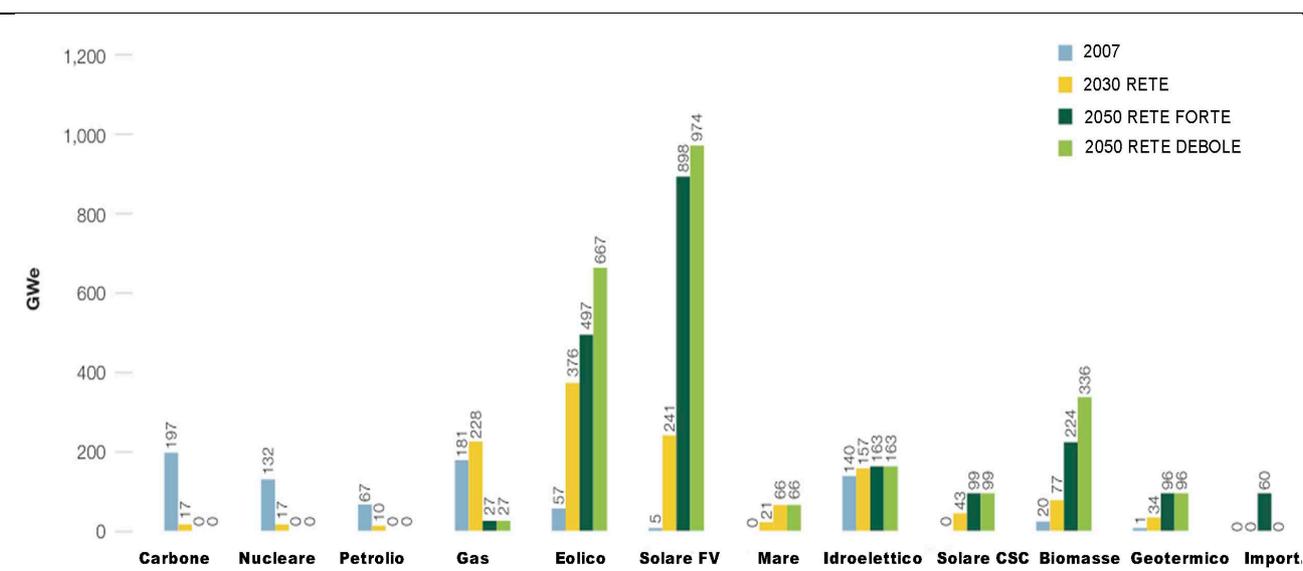
Capacità energetiche utilizzate nel modello di rete europea

Nello scenario avanzato *Energy [R]evolution* 2030 vi sono 949GWe di capacità energetiche rinnovabili installate che producono il 68 per cento di tutta l'elettricità. Entro il 2050, la capacità installata aumenta ulteriormente a 1.518 GWe, fornendo così il 97 per cento dell'energia elettrica.

Queste capacità dell'UE a 27, che sono utilizzate come dati di partenza per questo rapporto, sono a livello europeo e non sono assegnate a ciascuno Stato membro dell'UE. Per creare il nostro modello basato su 224 nodi nella UE-27, Norvegia, Svizzera e Stati balcanici, i risultati di *Energy [R]evolution* sono stati assegnati a ciascun nodo ed estesi ai Paesi non appartenenti all'UE. Ciò è stato fatto da Energynautics sulla base di studi della letteratura¹¹ e di ulteriori modelli.

Lo scenario 2050 a 'Rete Debole' applica alcune modifiche alternative ai risultati di *Energy [R]evolution*, in particolare, un aumento del fotovoltaico e delle capacità dell'eolico, e un aumento della capacità degli impianti a biomassa, mentre mantiene costante la biomassa sostenibile, disponibile ogni anno.

Figura 12 Capacità di potenza per l'UE-27 utilizzate in questo rapporto¹² per le simulazioni



Nota: Queste capacità sono utilizzate per simulare nel modello al computer la produzione elettrica ad ogni nodo della rete europea per ogni ora nel corso dell'anno, sulla base dei dati meteo storici (radiazione solare, velocità del vento). Entro il 2030, il 90 per cento degli impianti nucleari e a carbone sono stati gradualmente eliminati. Dopo il 2030, gli impianti a gas sono progressivamente convertiti dal gas naturale al biogas, cosicché la capacità di biomassa per il 2050 è costituita per una gran parte da impianti a gas convertiti.

Fonte: Greenpeace, Energynautics.

¹¹ DLR, Trans-CSC. <http://www.dlr.de/tt/desktopdefault.aspx/>

¹² In questo grafico sono state omesse le capacità, incluse nel modello, di Norvegia, Svizzera e dei paesi balcanici per rendere i dati più comparabili con altri studi riguardo l'UE a 27.

Sei passi per costruire la rete per un'Europa rinnovabile 24/7

PASSO 1 Più linee per fornire energia elettrica rinnovabile dove è necessario:

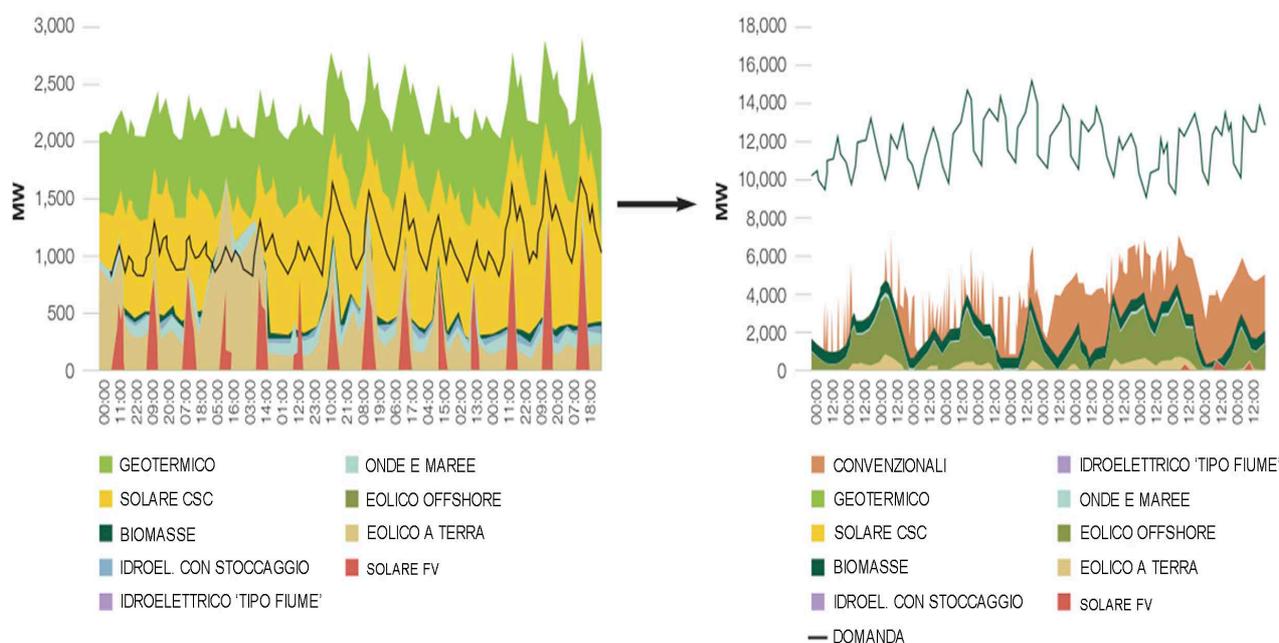
Il primo passo nella nostra metodologia di sviluppo di un sistema con il 100 per cento di elettricità rinnovabile è quello di aggiungere altre linee elettriche alle principali linee della rete ad alta tensione esistente nel 2010. Saranno necessarie soprattutto linee dalle aree con sovrapproduzione, come ad esempio dal sud d'Europa in estate, dirette verso le aree con forte domanda come la Germania. Questo permette un uso più efficiente della potenza solare installata. Nei mesi invernali potrebbe accadere l'opposto, quando una forte sovrapproduzione di energia eolica viene trasportata dal nord d'Europa verso i centri abitati del sud. E' normale che in tutta Europa vari simultaneamente sia la velocità del vento che la radiazione solare così che, interconnettendo le fonti rinnovabili variabili, in effetti vengono 'smorzate' le variazioni nelle varie zone. L'aggiunta di ulteriori infrastrutture di rete aumenta la sicurezza dell'approvvigionamento e rende migliore l'utilizzo delle fonti energetiche rinnovabili. Ciò significa anche che la capacità europea di riserva può essere utilizzata più economicamente perché la capacità da biomassa, idroelettrica o da impianti a gas, esistente in una regione può essere trasferita in un'altra regione.

In questa prima fase, le linee sono aggiunte a un nucleo che è detto Modello Base, la fornitura di energia elettrica è assicurata in tutta Europa, 24 ore al giorno, sette giorni alla settimana.

Riquadro 3 Corrente continua ad alta tensione (HVDC)

Questa tecnologia può essere utilizzata come una struttura sovrapposta di rete per trasmettere grande quantità di potenza, ovvero grande capacità, a grande distanza verso le aree in cui è necessaria energia. Le linee di questo tipo hanno circa la metà di perdite di trasmissione rispetto a quelle convenzionali ad alta tensione in corrente alternata (HVAC). Su lunghe distanze (oltre 500 km) le linee HVDC sono più economiche, ma il costo dei convertitori va su.¹³ Un altro vantaggio delle linee HVDC è che rendono più facile interrare l'intera super-rete. Anche se questo approccio sarà più costoso, seguendo le vie già esistenti di trasporto, posando i cavi lungo le autostrade o le ferrovie, si può ottenere una rapida posa delle infrastrutture di super rete HVDC e una riduzione dell'impatto visivo dell'impianto.

Figura 14 Fornitura e domanda di energia rinnovabile in una città italiana e del Regno Unito durante lo stesso periodo



Fonte: Energynautics.

13 Renewables 24/7: Infrastructure needed to save the Climate. Greenpeace 2010.
<http://www.greenpeace.org/international/en/publications/reports/renewables-24-7/>

immagine Tecnologia di energia elettrica dalle onde che utilizza una colonna d'acqua per azionare una turbina.



Il trasporto su lunga distanza per arrestare la perdita di energia

Il Modello Base è focalizzato solo sull'assicurare la fornitura di elettricità tutto il giorno. Il nostro modello ha rivelato l'inaspettato problema consistente nel fatto che grandi quantità di fonti rinnovabili variabili non possono essere fornite sempre, a causa delle strozzature nella rete. Questo problema si manifesta quando periodi di forte vento o di sole si combinano con scarsa domanda locale. Poiché questo eccesso di offerta non può essere utilizzato nella regione stessa, gli impianti eolici o solari devono essere disattivati.

Nel Modello Base, le perdite di rinnovabili ammontano a 346TWh all'anno, o al 12 per cento di ciò che queste fonti di energia avrebbero potuto produrre senza alcun vincolo nella rete. Ciò significa perdite economiche per 34,6 miliardi di € all'anno.

Tuttavia, le perdite di rinnovabili possono essere ridotte in Europa mediante il trasporto di elettricità su lunghe distanze dalle zone di eccesso di offerta a quelle con una risultante domanda elettrica. La Figura 14 mostra un grande eccesso di offerta di fonti rinnovabili a un nodo italiano, mentre nello stesso periodo c'è nel Regno Unito una insufficiente fornitura. La trasmissione di elettricità dal nodo italiano verso il Regno Unito spiana le differenze e rende più economico l'uso delle fonti rinnovabili installate.

PASSO 2 Priorità per le energie rinnovabili sulla rete europea per ridurre le perdite

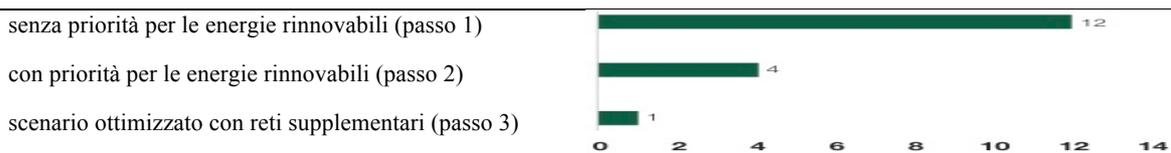
Il Modello Base presume una chiara priorità di accesso per le energie rinnovabili in ciascuno dei nodi. Ciò riflette la situazione in molti paesi europei che danno un certo grado di priorità al livello nazionale. Tuttavia, non ci sono regole chiare di priorità a livello europeo, anche nelle interconnessioni tra i Paesi. Ad esempio, le turbine eoliche in Germania attualmente non hanno una priorità, nel fornire energia alla rete europea, rispetto alle centrali nucleari in Francia.

Questo studio esamina anche l'effetto del cambio delle regole, che non richiede alcun investimento aggiuntivo, per dare priorità alle fonti rinnovabili in tutta Europa, comprese tutte le interconnessioni. In questo scenario, l'utilizzo di fonti rinnovabili aumenterebbe notevolmente e le perdite di potenza vincolata sarebbero fortemente ridotte (vedere Figura 15). Proprio grazie al miglioramento di questo tipo di normativa, le perdite da rinnovabili possono essere ridotte dal 12 al 4 per cento senza mettere a rischio la sicurezza dell'approvvigionamento, il che significa un risparmio annuo di energia elettrica di 248TWh o 24,8 miliardi di € all'anno.

Seguendo una nuova simile modalità di invio, la produzione di energia da solare fotovoltaico (FV) ed eolica potrebbe aumentare dal 10 per cento al 32 per cento nel 2030, rispetto allo scenario di base senza priorità di trasmissione. E con una accresciuta generazione di energia da fonti pulite, la produzione da combustibili fossili rallenterà ancor di più. Questo è particolarmente significativo per l'elettricità generata da gas, che sarebbe minore del 5 per cento rispetto allo scenario base.

Per avere nel 2050 il 100 per cento di rinnovabili, sono necessarie anche regole di priorità tra le varie fonti rinnovabili. Fonti rinnovabili variabili come il vento e il fotovoltaico (FV) avranno la priorità sulle fonti rinnovabili 'inviabili' come l'idroelettrico stoccato o le biomasse, che serviranno come riserve.

Figura 15 Quota di energia elettrica rinnovabile vincolata nel 2030 (%)



Fonte: Energynautics 2011.

PASSO 3 Linee aggiuntive per far passare le energie rinnovabili attraverso le strozzature

Anche con una chiara priorità di invio per le fonti rinnovabili a livello europeo, vi è ancora un significativo livello di perdite di rinnovabili, particolarmente per l'eolico offshore che perde il 17 per cento rispetto a quello che potrebbe essere prodotto senza alcuna strozzatura nella rete. Per tutte le fonti rinnovabili questa perdita è di 98TWh, il 4 per cento del totale, e una perdita economica di quasi 10 miliardi di € all'anno.

Per portar fuori questa sovrapproduzione dalle loro regioni, sarebbe necessario un ulteriore ampliamento della rete, in particolare linee di potenziamento tra il nord e il sud dell'Europa. Vi è anche una necessità di maggiori linee tra le grandi città, come Londra, e la rete eolica offshore.

A questo proposito, Energynautics ha studiato a quale livello le reti dovrebbero essere incrementate al fine di limitare le perdite di produzione di elettricità rinnovabile dovute a strozzature. Entro il 2030, un ammodernamento da € 28 miliardi (scegliendo l'opzione più costosa) ridurrebbe le perdite dal 4 all'1 per cento, o un risparmio netto di 66TWh all'anno o € 6,5 miliardi di € all'anno. Questo livello di investimento aggiuntivo nella rete sarebbe recuperato in pochi anni. Le perdite dell'eolico offshore sarebbero più significativamente ridotte dal 17 per cento al solo 4 per cento. Un approccio simile è seguito per il 2050.

L'investimento complessivo richiesto si aggirerebbe su 98 miliardi di € fino al 2030 e su ulteriori 74 miliardi di € oppure 581 miliardi di € fino al 2050 negli scenari Rete Debole e Rete Forte. Questo consente l'approccio più costoso alle linee interrate e alle nuove tecnologie, come quelle ad alta tensione in corrente continua (HVDC, vedere riquadro 3). Infrastrutture come queste hanno una vita di 40 anni, perciò per il 2030 questo investimento equivale a meno dell'1 per cento del costo totale di energia elettrica¹⁴.

¹⁴ Calcoli basati su 3.553TWh all'anno nel 2030, un costo di rete di 98 miliardi di € e un costo di energia elettrica di €100/MWh.

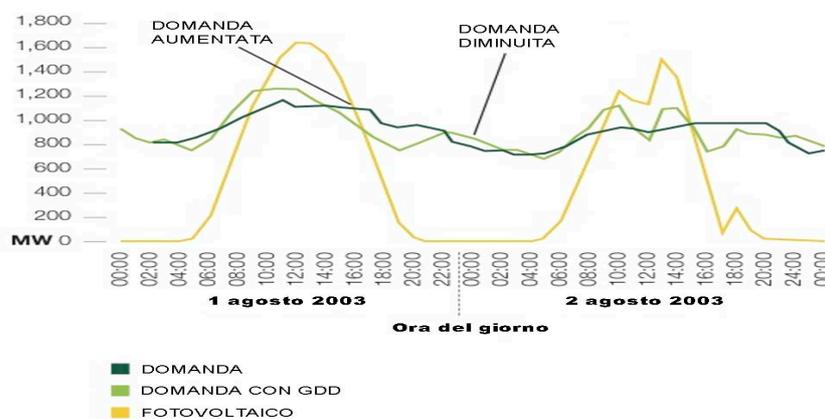
PASSO 4 Gestione della domanda e reti intelligenti per ridurre le perdite di trasmissione (solo 2030)

La gestione della domanda (GDD) e lo stoccaggio (passo 5) hanno un impatto molto simile sul sistema elettrico. La gestione della domanda sposta parte della domanda dai periodi con scarsa disponibilità di fonti rinnovabili verso periodi di maggiore produzione, mentre lo stoccaggio può immagazzinare energia elettrica derivante da una sovrapproduzione di fonti rinnovabili affinché possa essere utilizzata nei periodi con insufficiente fornitura.

Definito anche come gestione della domanda (GDD), questo approccio fa uso della gamma di tecnologie in una rete intelligente (vedere le definizioni nel riquadro 2). La gestione della domanda è già una pratica comune in molti settori dell'industria, ma potrebbe essere ulteriormente estesa alle famiglie mediante le tecnologie di gestione delle reti. Ad esempio, è possibile comunicare con i frigoriferi in modo che questi non attivino i compressori durante i tipici picchi di domanda delle ore 18. Con il coinvolgimento di intere regioni questo può fare la differenza per la domanda o la curva di carico. La gestione della domanda contribuisce anche a limitare le perdite di trasporto di energia elettrica (che si perde sotto forma di calore) su lunghe distanze.

In questo studio sono state fatte simulazioni di gestione della domanda solo per il 2030. Per il 2050, sono utilizzate simulazioni di stoccaggio per studiare i diversi gradi di gestione della domanda (GDD). Questa semplificazione è legittima, date le somiglianze tra le simulazioni per la gestione della domanda e quelle per lo stoccaggio.

Figura 16 Una curva di carico, tipica in tutta l'Europa, mostra su base quotidiana i picchi e le flessioni del consumo di energia elettrica



Fonte: Energynautics.



immagine Parco eolico offshore, Middelgrunden, Copenhagen, Danimarca.

immagine Turbine eoliche e cavi elettrici.



PASSO 5 Aggiunta di carico nel sistema (2030 e 2050)

Un altro modo fondamentale per pareggiare fornitura e domanda consiste nell'aggiungere capacità di stoccaggio, ad esempio mediante pompaggio in impianti idroelettrici, batterie dei veicoli elettrici o stoccaggio di sale fuso per impianti a concentrazione solare. Anche se lo stoccaggio è relativamente costoso, questo studio ha ottimizzato il bilanciamento dei costi tra gli investimenti in stoccaggio e estensione delle reti. È necessario un punto di equilibrio tra estensione della rete e aggiunta di maggiore stoccaggio. Questo studio ha utilizzato l'ottimizzazione dei costi per determinare quel punto.

Come indicato al passo quattro, sono utilizzate anche simulazioni di stoccaggio per studiare l'impatto della gestione della domanda (GDD) nel 2050. Lo stoccaggio è conteggiato a livello europeo, quindi un eccesso di offerta in un nodo può essere stoccato in un altro, e questa elettricità stoccata può quindi essere utilizzata come riserva in qualsiasi nodo della rete europea, fintantoché è disponibile capacità di trasporto.

Stoccaggio e gestione della domanda combinati hanno un impatto piuttosto limitato sulla rete ad alta tensione nel 2030. Possiamo sopportare un qualche impatto a livello di distribuzione (la rete più locale), ma questo non è studiato in questo rapporto. Questo impatto relativamente basso entro il 2030 è una conseguenza dei 98 miliardi di € di investimenti in reti, previsti nei modelli di questo rapporto, che permettono un agevole inserimento di energie rinnovabili fino al 68 per cento, purché il 90 per cento di 'carico base' di carbone e nucleare sia stato gradualmente eliminato.

Tuttavia l'integrazione, per il 2050, di quasi il 100 per cento di energia rinnovabile è di gran lunga più impegnativa, per il sistema elettrico, del 68 per cento nel 2030; lo stoccaggio e la gestione della domanda svolgono quindi un ruolo sostanziale nel bilanciare domanda e offerta. Specialmente nello scenario Rete Debole, che presuppone un'alta produzione regionale vicina ai centri di domanda, lo stoccaggio e la gestione della domanda possono diminuire l'energia elettrica rinnovabile ridotta, dal 13 per cento al 6 per cento. Riteniamo che entro il 2050 sarà possibile utilizzare una parte significativa di questa energia elettrica ridotta sia per lo stoccaggio che per altri usi elettrici.

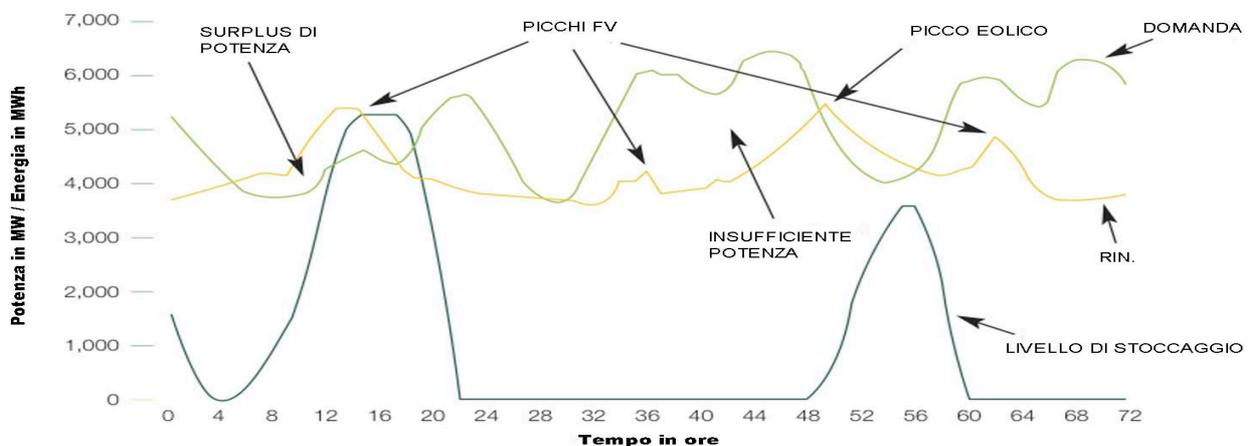
PASSO 6 Sicurezza della fornitura: elettricità, 24 ore su 24 per 7 giorni alla settimana, anche se il vento non soffia

Aggiunta di linee, stoccaggio e gestione della domanda (GDD), tutti questi provvedimenti aumentano la sicurezza di approvvigionamento, poiché anche nel caso di un estremo evento atmosferico con vento debole combinato con bassa irradiazione solare durante l'inverno, può essere importato da un'altra regione l'eccesso di potenza eolica. Per testare il sistema inserito nel modello, sono stati individuati e conteggiati gli eventi più estremi degli ultimi 30 anni. Questi tipicamente si manifestano nel periodo invernale con vento debole, quando anche la radiazione solare è bassa e la domanda è tipicamente alta.

Il modello può poi dire se il sistema ottimizzato sia in grado di superare la prova, o se ci sarebbero da aggiungere più linee elettriche.

Per i modelli 2030 e il 2050, le simulazioni provano che il modello ottimizzato è abbastanza forte per sopportare anche le vicende climatiche più estreme.

Figura 17 Utilizzo dello stoccaggio in una località in Spagna



Fonte: Energynautics.

Il rigido, sporco modello energetico per il 2030

Come parte di questo studio, è stato chiesto a Energynautics di sviluppare anche un 'Modello Sporco', per trovare cosa potrebbe accadere se cerchiamo di mantenere il sistema elettrico con le centrali a carbone e nucleari operanti in modalità di carico base.

Questo modello presuppone che la metà della capacità di gas nello scenario *Energy [R]evolution* sia stato sostituito dai rigidi impianti a carbone e nucleari o da 114GW aggiuntivi. Questo rappresenta l'equivalente di circa 114 centrali a carbone di grandi dimensioni o nucleari da 1.000 MW. La rigida capacità totale del carico base è quindi di 148GW, vicina ai 158GW di oggi (2007).

Come discusso in precedenza, l'utilizzo dei rigidi impianti a carbone e nucleari a 'carico base' pone problemi per l'integrazione su vasta scala delle variabili fonti rinnovabili. Questa parte della ricerca è stata fatta per indagare sulle affermazioni di alcune società nucleari secondo cui il nucleare e il carbone possono perfettamente integrare le fonti rinnovabili.

Si sostiene, da parte di alcune società nucleari, che adeguamenti tecnici dei reattori nucleari potrebbero migliorare la loro flessibilità¹⁵. Tuttavia, aumentando la flessibilità nucleare si riduce la sicurezza del reattore; ci sono poi limitazioni tecniche per la velocità e la frequenza dei cambiamenti nella sua potenza in uscita. Inoltre, anche presupponendo che gli impianti nucleari e a carbone siano teoricamente completamente 'inseribili' e complementari con le energie rinnovabili variabili, come sostenuto da E.ON, i costi del nucleare e del carbone peggiorerebbero drammaticamente. Il fattore medio di carico per un ipotetico impianto flessibile nucleare sarebbe entro il 2030 di circa il 50 per cento. Questo significa che investire oggi in una nuova centrale nucleare dal prezzo di circa 6 miliardi di € comporterebbe gravi perdite economiche (vedere maggiori dettagli nel capitolo Implicazioni per gli investitori). La rigidità di un molto costoso reattore nucleare o di un impianto a carbone con cattura del carbonio non è quindi solo una questione tecnica e di sicurezza, ma anche un problema economico.

Lo studio ha trovato che anche mantenendo il nucleare e il carbone molto vicini ai livelli di oggi ci sarebbe un significativo impatto economico negativo sul sistema elettrico complessivo. A causa della loro rigidità, andrebbe perduta una maggiore quantità di elettricità rinnovabile, perché il sistema elettrico non può rispondere efficacemente alle variazioni di fornitura dell'energia elettrica rinnovabile. Si stimano perdite per 316TWh all'anno o 32 miliardi di € all'anno. Il maggior uso di carbone ed energia nucleare comporterebbe un costo, in soli quattro anni, maggiore del costo complessivo di 98 miliardi di € previsto per il potenziamento di rete nello scenario *Energy [R]evolution* fino al 2030.

La prospettiva di una quota costantemente crescente di energie rinnovabili nel mix di produzione va quindi aumentando i rischi di investimento per gli impianti nucleari. Anche se le società nucleari riuscissero a rallentare la crescita delle energie rinnovabili al fine di proteggere i loro interessi acquisiti in carbone e nucleare, un elevato fattore di carico rimane altamente improbabile. Solo gli investitori spericolati confideranno su un fattore di carico del 85 per cento per tutta la vita del reattore, come prospettato dagli sviluppatori di progetti nucleari.

Anche se è possibile che l'industria sostenga che l'energia nucleare ha un ruolo da giocare in Europa, questo è lontano dalla realtà. Due progetti energetici nucleari, "fiori all'occhiello" in costruzione in Finlandia e in Francia, si trovano ad affrontare gravi problemi tecnici che causano notevoli ritardi e costi aggiuntivi di circa 3 miliardi di € l'uno. Grandi società nucleari come RWE e E.ON stanno ora chiedendo sovvenzioni massicce nel Regno Unito prima di impegnarsi in un altro costoso progetto di reattore nucleare.

¹⁵ IER, *Verträglichkeit von erneuerbaren Energien und im Kernenergie Erzeugungsportfolio*. Commissionato da E.ON, 2009.

immagine cantiere in costruzione di turbina eolica, Regno Unito.



Casi di studio

Caso di studio tedesco

La Germania nel 2009 ha prodotto con fonti rinnovabili il 16,1 per cento del suo fabbisogno di energia elettrica, fornendo con l'energia eolica il 6,5 per cento della domanda. La Germania ha perciò più che raddoppiato la propria quota di energie rinnovabili in soli sei anni, rispetto al 7,5 per cento nel 2003¹⁶.

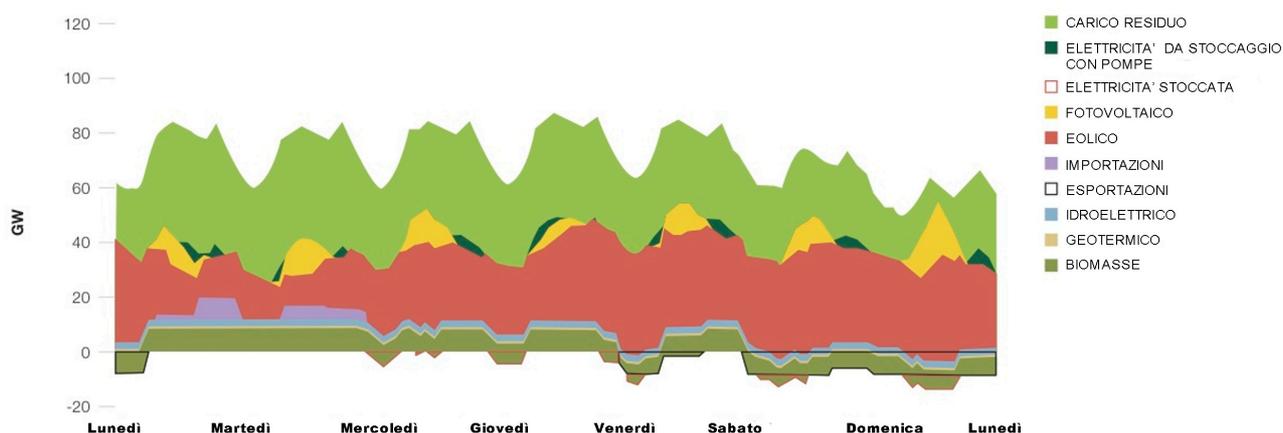
La Federazione tedesca delle energie rinnovabili (BEE) prevede che una continuazione di questa forte crescita di rinnovabili in Germania aumenterebbe ulteriormente la sua quota dal 16,1 per cento al 47 per cento nel 2020, quasi la metà di tutta la domanda di elettricità¹⁷. A causa della quota elevata dei variabili vento e solare FV nel mix 2020 di energie rinnovabili (68 per cento), la loro integrazione richiede adeguamenti al sistema elettrico.

Simulazioni effettuate dall'istituto di ricerca tedesco Fraunhofer-IWES, commissionate dalla BEE, dimostrano che entro il 2020 la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili potrebbe superare, durante i periodi con forti venti o forte radiazione solare, la domanda totale in Germania. Un impressionante 47% della produzione energetica annuale deriverebbe da fonti rinnovabili; la produzione potrebbe quindi salire a 70GW, mentre la domanda globale sarebbe solo di 58GW. La potenza di 12GW in eccesso potrebbe essere stoccata in stazioni di pompaggio o essere esportata in altri paesi (vedere figura 18)¹⁸.

Fraunhofer ha inoltre calcolato che entro il 2020 circa la metà della capacità di carico base esistente (nucleare e carbone) in Germania dovrebbe essere dismessa in modo da consentire un'agevole integrazione dell'elettricità rinnovabile.

Questi risultati sono in netta contraddizione con la decisione del governo tedesco del settembre 2010 di estendere la durata di vita dei reattori nucleari della Germania per un periodo medio di 12 anni (8 anni per gli impianti commissionati fino al 1980, 14 anni per quelli più giovani). Questa estensione di vita tuttavia non è ancora scolpita nella pietra e sarà contestata per vie legali da Greenpeace e da diversi stati tedeschi alla Corte Costituzionale del Paese.

Figura 18 Simulazione, su base settimanale, della produzione di elettricità da fonti rinnovabili nel 2020 in Germania. La domenica, la produzione totale di rinnovabili supera la domanda totale e viene utilizzata per lo stoccaggio e l'esportazione



Fonte: Fraunhofer-IWES, 2009.

¹⁶ Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU), Renewable Energy Sources in Figures - National and International Development, giugno 2010. http://www.erneuerbareenergien.de/files/english/pdf/application/pdf/broschuere_ee_zahlen_en_bf.pdf

¹⁷ Fraunhofer-IWES, Dynamische Simulation der Stromversorgung in Deutschland. Im Auftrag des BEE. Dicembre 2009. http://www.bee-ev.de/_downloads/publikationen/studien/2010/100119_BEE_IWES-Simulation_Stromversorgung2020_Endbericht.pdf

¹⁸ Ibidem.

Caso di studio spagnolo

Il settore elettrico rinnovabile spagnolo è cresciuto in modo impressionante negli ultimi anni. La capacità di potenza eolica in quattro anni è più che raddoppiata da 8,7GW nel 2005 a 18,7GW entro la fine del 2009¹⁹. Nel 2010 l'eolico ha prodotto il 16% di elettricità e tutte le rinnovabili insieme hanno prodotto più elettricità (35%)²⁰ delle centrali nucleari (21%) e a carbone (8%) messe insieme. Si prevede che se le fonti rinnovabili continuano con questo tasso di crescita, dovrebbero fornire il 50 per cento entro il 2020.

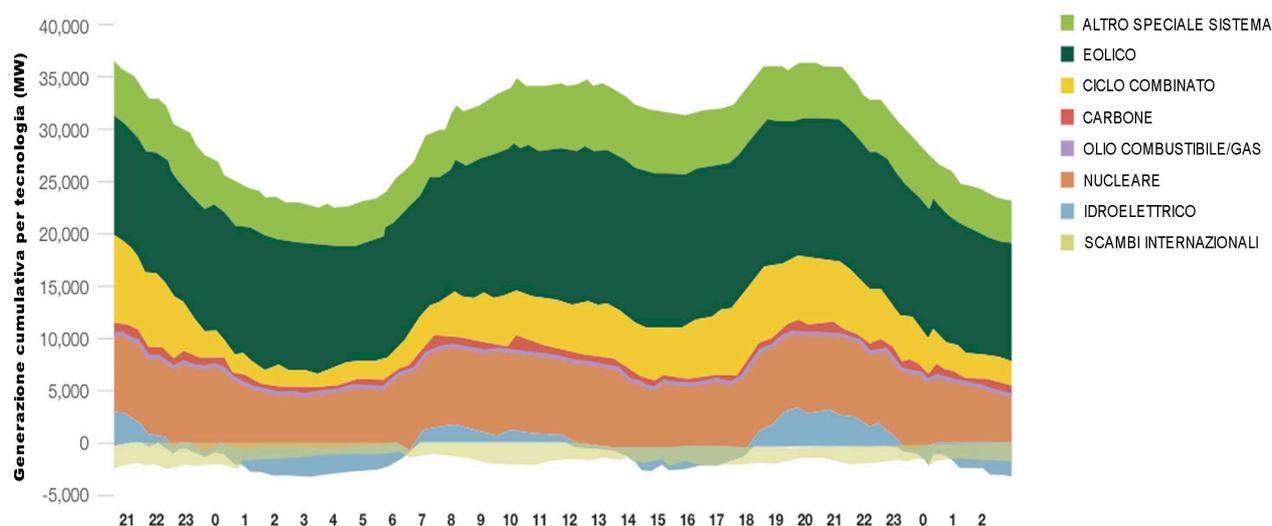
Tuttavia, mentre il mercato ha mostrato ancora una crescita molto dinamica rispetto al 2005 e il 2006 con circa 3 GW di potenza eolica installata ogni anno, da allora in poi la crescita è rallentata. Per il 2010, si prevede di rimanere intorno a 1GW²¹. Ciò è dovuto a una combinazione di vincoli governativi sulle nuove installazioni e di una elevata incertezza sulla regolamentazione.

I provvedimenti del governo spagnolo per rallentare la crescita delle rinnovabili sono venuti dopo le critiche delle grandi società. Queste aziende hanno registrato una caduta nei profitti dei loro impianti a carbone e a gas a seguito di una combinazione della riduzione della domanda di energia elettrica dovuta alla crisi economica, della crescita delle nuove forniture rinnovabili e di una rigida produzione nucleare di carico base. Mentre la capacità degli impianti a gas è aumentata del 6 per cento nel 2009, la loro produzione annuale è stata ridotta del 14 per cento, riducendo così il loro fattore medio di carico al 38 per cento.

La rigidità della produzione di energia nucleare è chiaramente illustrata dall'evento del 9 novembre 2010, quando una produzione eolica eccezionalmente alta ha raggiunto quasi 15GW di potenza e ha coperto quasi la metà di tutta la domanda di energia elettrica spagnola. Come si può vedere nel grafico che rappresenta la produzione di energia elettrica di quel giorno, il forte aumento della produzione di energia rinnovabile, a fronte di una rigida (invariata) produzione del carico base nucleare, ha costretto gli impianti a gas a cessare quasi del tutto la loro produzione di energia. Ripetendosi eventi simili nel corso degli ultimi due anni, le turbine eoliche hanno dovuto essere fermate, non a causa di limitazioni di rete al trasporto dell'energia eolica verso i centri della domanda, ma a causa dell'eccesso di offerta causato dalla condizione privilegiata 'devono funzionare' degli impianti nucleari spagnoli²². Si stima per il 2010 che circa 200GWh di elettricità eolica saranno ridotti per dare priorità agli impianti nucleari²³.

Questo problema causato dalla rigidità degli impianti nucleari aumenterà inevitabilmente nei prossimi anni con l'ulteriore crescita della potenza eolica e solare. Come dimostrato nelle nostre simulazioni per il 2030 di questo rapporto, è necessaria una progressiva rapida dismissione della potenza del carico base per evitare perdite economiche nel sistema elettrico. Se questo non avviene, è la gratuita, pulita elettricità rinnovabile che deve essere vincolata.

Figura 19 La fornitura di energia elettrica nel sistema spagnolo del 9 novembre 2010 mostra che oltre il 50% della domanda è coperta dall'energia eolica



Fonte: Red Electrica, 2009.

19 Red Electrica, The Spanish Electricity System 2009.

20 Red Electrica, The Spanish Electricity System, Preliminary report 2010.

21 Power In Europe 588, 15 novembre 2010.

22 Nelle prime ore del 30 dicembre 2009, la potenza eolica copriva il 54,1 per cento della domanda di energia elettrica e la potenza eolica ha dovuto essere ridotta di 600 MW, per dare la priorità alla produzione nucleare.

23 Red Electrica, Dificultades de integración eólica, Novembre 2010

immagine Torri di raffreddamento nella stazione di potenza di Didcot, Regno Unito.



Implicazioni per gli investitori

Una delle principali conclusioni di questa ricerca è che nei prossimi decenni le centrali elettriche tradizionali avranno sempre meno spazio per l'operatività in modalità carico base. Con l'aumento della penetrazione nella rete elettrica della generazione dei variabili eolico e fotovoltaico, la restante parte del sistema dovrà funzionare maggiormente in modalità 'secondo il carico', in modo da colmare istante per istante il divario tra domanda e produzione.

Ciò significa che l'economicità di impianti con carico base come il nucleare e il carbone cambierà in modo fondamentale, dal momento che sarà introdotta nella rete elettrica una generazione più variabile.

Le centrali elettriche a gas hanno costi fissi relativamente bassi (il costo di costruzione incide dal 15 al 20 per cento circa sul costo di generazione dell'energia) e alti costi di funzionamento poiché circa il 60 per cento del costo di produzione è determinato dal costo del combustibile, cioè il gas naturale. Questo significa che le centrali a gas possono rimanere economicamente convenienti anche a più bassi fattori di potenza, inferiori al 50 per cento.

Davvero opposta è la situazione dei reattori nucleari, e in qualche misura anche del carbone (lignite, o altro tipo di carbone con cattura e stoccaggio del carbonio). Con le centrali nucleari, i costi fissi sono elevati e costituiscono dal 65 all'80 per cento dei costi di generazione, mentre i costi di funzionamento vanno circa dal 15 al 20 per cento. La conseguenza immediata è che mentre può essere vantaggioso far funzionare un reattore nucleare a carico base per l'85 per cento o più dell'anno, la sua prestazione economica peggiora drasticamente se il carico scende anche solo di diversi punti percentuali, per non parlare se va sotto il 50 per cento.

Le simulazioni di questo rapporto per il 2030 mostrano che con il 68 per cento di elettricità rinnovabile, il fattore medio annuo di carico dei flessibili impianti a gas è del 46 per cento. I rigidi impianti nucleari e a carbone sono stati progressivamente dismessi per il 90 per cento. Se ipoteticamente gli impianti nucleari o a carbone potessero essere resi flessibili quanto gli impianti a gas, dovrebbero ancora adeguarsi al sistema e il loro fattore di carico sarebbe limitato a meno del 50 per cento entro il 2030 e diminuirebbe ulteriormente in seguito. Questo significa che ogni margine di redditività di nuove centrali nucleari o a carbone svanirebbe completamente.

Un modello di investimento sviluppato da PwC, commissionato da Greenpeace nel 2008 e basato su parametri standard del mercato elettrico in Europa, mostra chiaramente questo effetto. Il Valore Attuale Netto (VAN) di un nuovo reattore è meno di 2,3 miliardi di € per un tipico impianto di potenza di 1.000 MW e un fattore di capacità dell'85 per cento. Questo significa che un investitore perderebbe più di 2 miliardi di € per costruire questo nuovo reattore. Se il fattore di capacità scende al 33 per cento operando per un terzo dell'anno, la perdita finanziaria sarebbe più che doppia, dato che il valore attuale netto arriva a meno di 5 miliardi di €.

Il presupposto di questo calcolo è una centrale elettrica dalla potenza di 1.000 MW con circa 4.000 Euro per kW di costo capitale durante la notte. Per un confronto, nella tabella seguente è riportato il rischio finanziario per centrali di queste dimensioni che operano con altri tipi di combustibili fossili.

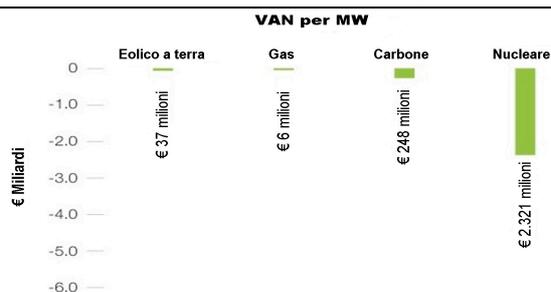
Tabella 2 Rischio finanziario per centrali di queste dimensioni che operano con altri tipi di combustibili fossili

Gas all'85% di capacità	VAN: zero
Gas al 33% di capacità	VAN: - 708 milioni di €
Carbone all'85% di capacità	VAN: - 240 milioni di €
Carbone al 33% di capacità	VAN: - 1.065 milioni di €

Fonte: Calcolo proprio con l'uso del modello di investimento e parametri di [PWC 2008].

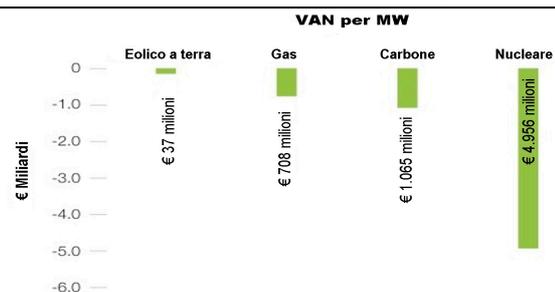
Questo è un forte allarme per un investitore che prende in considerazione la costruzione di nuove centrali nucleari. Il valore attuale netto si basa su una durata di vita degli impianti di 40 o 50 anni ed è chiaro che se i fattori di carico calano in modo significativo nel 2020 o nel 2030, ci sarebbe un imponente patrimonio bloccato e l'investimento non sarebbe mai ripagato.

Figura 20 Valore Attuale Netto di un investimento in una nuova centrale elettrica di 1.000 MW, basato su differenti tecnologie, assumendo fattori di carico del 85% (e del 25% per l'eolico)



Fonte: Calcolo di Greenpeace con l'uso del modello di investimento e parametri di [PWC 2008].

Figura 20 Valore Attuale Netto di un investimento in una nuova centrale elettrica di 1.000 MW, basato su differenti tecnologie, assumendo fattori di carico del 33% (e del 25% per l'eolico)



Fonte: Calcolo di Greenpeace con l'uso del modello di investimento e parametri di [PWC 2008].

Raccomandazioni politiche

Per guidare un sostenibile, robusto e redditizio sistema energetico, la politica UE dovrebbe mirare a introdurre la massima quota possibile di energia rinnovabile entro il 2050. La transizione del sistema elettrico deve essere guidata dai principi generali della flessibilità, efficienza e trasparenza del sistema. Greenpeace invita ad adottare le seguenti misure per modernizzare il sistema elettrico europeo.

1. Promuovere nuova energia rinnovabile e un mix flessibile di produzione elettrica

Una equilibrata diffusione regionale di energia rinnovabile

L'UE ha già adottato una Direttiva sulle energie rinnovabili. È necessaria una sua efficace attuazione per creare un sistema elettrico più sostenibile. Sono necessarie, a sostegno, stabili politiche nazionali a lungo termine per incoraggiare la produzione di energia rinnovabile in tutti i paesi europei.

Un mix produttivo flessibile

A complemento delle variabili fonti di energia rinnovabile, la politica energetica dell'Europa dovrebbe concentrarsi sullo sviluppo delle capacità di generazione di energia flessibile, tra cui le fonti di energia rinnovabile capaci di fornire energia inviabile e gli impianti a gas naturale, nonché efficaci tecnologie di stoccaggio a costi ragionevoli. Greenpeace raccomanda di introdurre un sistema di bonus di potenza al fine di sostenere l'investimento nelle più flessibili centrali elettriche (a gas).

La rinegoziazione giornaliera della produzione di energia elettrica dovrebbe tenere conto di tutti gli impianti generatori di elettricità, compresi quelli meno flessibili. Addebiti di congestione dovrebbero riflettere le inefficienze del sistema prodotte nella rete dalla produzione rigida (nucleare, carbone).

2. Una rete davvero europea e la gestione del mercato

Lo Sviluppo della rete per anticipare le quote crescenti di energie rinnovabili

La progettazione e lo sviluppo del sistema elettrico dell'Europa devono essere fatti con una visione d'insieme in modo da integrare quote crescenti di fonti energetiche rinnovabili.

Dieci anni di piani di sviluppo della rete da parte degli Operatori del Sistema Europeo di Trasmissione (ENTSO-E) dovrebbero riflettere previsioni sull'energia rinnovabile in linea con la direttiva sull'energia rinnovabile.

Allo stesso tempo, dovrebbe essere creato un organismo indipendente europeo per sovrintendere e coordinare la pianificazione europea della rete e degli sviluppi. I suoi compiti dovrebbero comprendere anche lo sviluppo e l'analisi degli scenari di lungo termine e opzioni di sviluppo della rete.

Un quadro legale e di regole su scala europea

È necessario un quadro di regole su scala europea per costruire e gestire un sistema di trasmissione transfrontaliera. Dovrebbe comprendere un approccio normativo per la trasmissione internazionale e per continuare ad armonizzare le regole di rete.

L'Europa ha bisogno anche di un'accelerata standardizzazione della tecnologia di trasmissione per muoversi verso un sistema elettrico veramente internazionale. Dovrebbero essere istituiti mercati transfrontalieri - giornalieri e del giorno prima - dell'energia per avere un mercato veramente integrato capace di valorizzare l'efficienza. Allo stesso tempo, i legislatori europei dell'energia dovrebbero consentire lo scambio internazionale e la contabilità della capacità di riserva.

Strumenti finanziari per eliminare le strozzature

In via prioritaria, i legislatori nazionali ed europei dovrebbero creare condizioni quadro adeguate per consentire gli aggiornamenti e gli sviluppi di rete. Inoltre, per superare le strozzature nella trasmissione internazionale, la Commissione Europea dovrebbe proporre meccanismi di finanziamento per progetti di trasmissione internazionale là dove gli interessi economici singoli non riflettono adeguatamente il beneficio economico più generale. A livello europeo e nazionale dovrebbero essere sostenuti progetti dimostrativi per approcci innovativi ad aggiornamenti di rete in terra ferma e alla costruzione di reti in mare. Questi progetti all'avanguardia sono necessari per contribuire allo sviluppo di reti transfrontaliere e per testare le condizioni tecniche e normative.

3. Infrastrutture intelligenti ed efficienti

Supportare la tecnologia della rete intelligente e della gestione della domanda

L'Unione europea dovrebbe concentrarsi sullo sviluppo di tecnologie per reti intelligenti e sulle misure per la gestione della domanda mediante il supporto a ricerca e sviluppo, la razionalizzazione e la standardizzazione della tecnologia, il sostegno a progetti dimostrativi.

Incentivi per ottimizzare le infrastrutture esistenti

I legislatori sull'energia dovrebbero dare la priorità alla ottimizzazione delle infrastrutture della rete esistente mediante la costruzione di nuove linee elettriche. Esempi dei molti metodi tecnici e operativi per ottimizzare le linee elettriche esistenti sono 'la valutazione dinamica delle linee elettriche' o la sostituzione di linee esistenti con altre di migliore tecnologia di trasmissione.

4. Trasparenza e pubblica accettabilità

Rispetto dell'ambiente e di ciò che è pubblico

Coloro che stabiliscono le regole per l'energia dovrebbero avere un mandato più ampio per includere, accanto alle considerazioni economiche, le considerazioni ambientali e il pubblico gradimento come criteri da adottare per l'autorizzazione di nuove linee elettriche. L'ottimizzazione delle infrastrutture elettriche esistenti dovrebbe avere la priorità assoluta. Dove si può accelerare il processo, dovrebbe essere data la preferenza ai cavi rispetto alle linee elettriche aeree e, dove possibile, nuove linee elettriche dovrebbero essere costruite lungo corridoi infrastrutturali esistenti.

La trasparenza dei dati della rete e del mercato

I gestori dei sistemi di trasmissione dovrebbero rendere disponibili i dati sui piani di sviluppo delle reti per consentire condizioni di mercato equo e il pubblico controllo. Le autorità di regolamentazione dovrebbero avere pieno accesso a tutte le informazioni utili riguardanti la rete elettrica e il funzionamento del mercato e dovrebbero disporre di risorse sufficienti per monitorare e verificare il potenziale abuso di potere da parte dei diversi operatori del mercato. L'Agenzia per la Cooperazione degli operatori dell'energia dovrebbe elaborare criteri trasparenti per stabilire un rendimento accettabile negli investimenti in infrastrutture.

Appendice A Capacità installata e massima domanda (ambidue in GW) per le importazioni nello scenario 'Rete Forte' 2050

Paese	eolico	Foto – voltaico	Geo- termico	Biomasse	Impianti CSC	Onde/ maree	Idro- elettrico	Gas	Carbone	Nucleare	Totale	Domanda massima
Europa	510,51	805,86	97,13	226,41	99,1	67,48	220,68	28,93	0,00	0,00	2056,10	931,36
Albania	0,26	2,06	0,00	1,43	0,00	0,00	1,56	0,17	0,00	0,00	5,48	3,07
Austria	6,83	10,98	2,57	4,72	0,00	0,00	13,90	0,45	0,00	0,00	39,45	10,43
Bosnia Erzegovina	1,07	3,58	0,00	0,86	0,00	0,00	3,25	0,00	0,00	0,00	8,76	3,89
Belgio	7,84	7,32	0,00	5,83	0,00	0,00	0,13	0,92	0,00	0,00	22,03	22,04
Bulgaria	3,43	10,73	0,51	1,13	0,00	0,00	2,95	0,11	0,00	0,00	18,87	12,91
Svizzera	0,79	16,52	0,00	2,03	0,00	0,00	13,72	0,16	0,00	0,00	33,22	15,03
Repubblica Ceca	2,38	8,54	0,00	3,39	0,00	0,00	2,58	0,34	0,00	0,00	17,24	17,52
Germania	88,89	60,98	19,13	32,87	0,00	3,04	7,52	3,74	0,00	0,00	216,16	120,10
Danimarca	11,57	5,63	0,00	3,44	0,00	0,75	0,01	0,41	0,00	0,00	21,81	11,08
Estonia	2,05	3,17	0,00	1,32	0,00	0,76	0,00	0,05	0,00	0,00	7,36	2,65
Spagna	66,67	149,30	15,30	20,65	57,09	12,15	24,00	4,01	0,00	0,00	349,17	85,87
Finlandia	5,08	3,66	0,00	6,86	0,00	0,68	3,88	0,38	0,00	0,00	20,54	19,31
Francia	71,43	76,80	9,50	27,41	5,00	11,39	28,62	3,05	0,00	0,00	233,19	137,56
Regno Unito	77,37	37,17	0,17	24,60	0,00	16,71	4,78	3,94	0,00	0,00	164,74	89,42
Grecia	8,94	58,96	3,98	3,78	7,76	2,28	5,49	0,68	0,00	0,00	91,87	20,57
Croazia	2,97	4,94	0,31	1,04	0,00	0,31	2,51	0,02	0,00	0,00	12,11	5,68
Ungheria	1,43	11,79	11,92	4,12	0,00	0,00	0,53	0,54	0,00	0,00	30,33	13,53
Irlanda	7,94	5,02	0,00	3,06	0,00	1,90	0,61	0,43	0,00	0,00	18,96	8,21
Italia	29,37	161,15	23,20	27,19	15,55	10,63	24,20	4,78	0,00	0,00	296,77	120,64
Lituania	1,76	3,66	0,00	1,42	0,00	0,38	0,22	0,07	0,00	0,00	7,51	3,36
Lussemburgo	0,29	2,44	0,00	0,24	0,00	0,00	1,31	0,03	0,00	0,00	4,31	1,86
Lettonia	1,19	3,66	0,00	1,59	0,00	0,76	1,84	0,11	0,00	0,00	9,15	2,31
Montenegro	0,13	0,62	0,00	0,55	0,00	0,63	0,93	0,04	0,00	0,00	2,90	1,24
Macedonia	0,07	3,10	0,00	0,74	0,00	0,00	0,83	0,09	0,00	0,00	4,83	3,19
Olanda	11,19	12,20	0,84	8,07	0,00	0,61	0,04	1,14	0,00	0,00	34,09	24,60
Norvegia	7,93	10,18	0,00	4,52	0,00	0,63	31,48	0,68	0,00	0,00	55,42	36,70
Polonia	54,77	36,59	1,10	10,85	0,00	0,34	2,99	0,97	0,00	0,00	107,61	45,16
Portogallo	14,29	56,99	3,79	4,17	13,70	2,39	6,11	0,57	0,00	0,00	102,01	13,43
Romania	5,24	13,41	0,43	4,88	0,00	0,00	6,56	0,36	0,00	0,00	30,88	16,55
Serbia	0,13	4,96	1,13	2,67	0,00	0,00	3,53	0,36	0,00	0,00	12,78	11,70
Slovacchia	0,48	7,15	2,16	1,54	0,00	0,00	3,06	0,14	0,00	0,00	14,53	9,23
Slovenia	0,86	4,09	0,25	1,09	0,00	0,00	1,42	0,11	0,00	0,00	7,81	4,28
Svezia	15,87	8,54	0,84	8,34	0,00	1,14	19,42	0,06	0,00	0,00	54,21	38,24

Fonte: Energynautics.

Appendice B Capacità installata e massima domanda (ambidue in GW) per le importazioni nello scenario 'Rete Debole' 2050

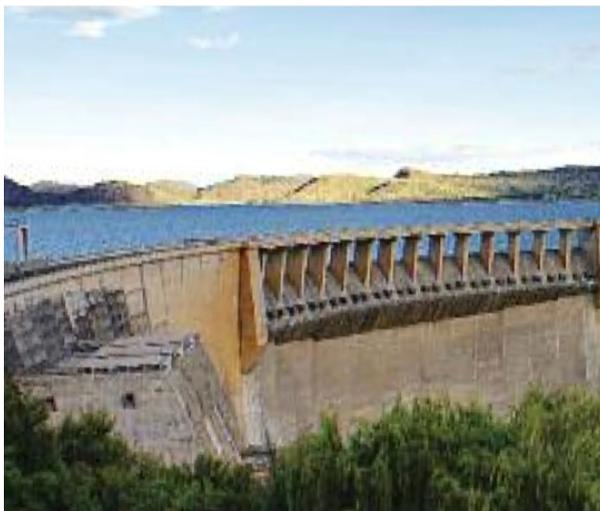
Paese	eolico	Foto – voltaico	Geo- termico	Biomasse	Impianti CSC	Onde/ maree	Idro- elettrico	Gas	Carbone	Nucleare	Totale	Domanda massima
Europa	689,24	10889,25	97,13	360,50	99,1	67,48	220,68	28,93	0,00	0,00	2652,31	886,03
Albania	0,30	2,62	0,00	0,94	0,00	0,00	1,56	0,17	0,00	0,00	5,60	2,77
Austria	6,83	8,78	2,57	4,51	0,00	0,00	13,90	0,45	0,00	0,00	37,04	9,49
Bosnia Erzegovina	1,18	5,07	0,00	1,38	0,00	0,00	3,25	0,00	0,00	0,00	10,87	3,49
Belgio	24,00	33,36	0,00	13,44	0,00	0,00	0,13	0,92	0,00	0,00	71,84	22,58
Bulgaria	5,81	25,55	0,51	4,41	0,00	0,00	2,95	0,11	0,00	0,00	39,34	11,83
Svizzera	1,38	37,19	0,00	5,89	0,00	0,00	13,72	0,16	0,00	0,00	58,34	13,74
Repubblica Ceca	8,82	42,21	0,00	10,15	0,00	0,00	2,58	0,34	0,00	0,00	64,11	17,87
Germania	115,76	146,51	19,13	62,26	0,00	3,04	7,52	3,74	0,00	0,00	357,96	119,67
Danimarca	13,76	8,47	0,00	3,62	0,00	0,75	0,01	0,41	0,00	0,00	27,03	10,32
Estonia	2,17	3,51	0,00	1,58	0,00	0,76	0,00	0,05	0,00	0,00	8,08	2,42
Spagna	66,67	48,78	15,30	7,70	57,09	12,15	24,00	4,01	0,00	0,00	235,70	73,82
Finlandia	10,31	12,93	0,00	7,51	0,00	0,68	3,88	0,38	0,00	0,00	35,69	20,29
Francia	100,36	184,52	9,50	65,28	5,00	11,39	28,62	3,05	0,00	0,00	407,72	136,71
Regno Unito	114,98	114,55	0,17	45,43	0,00	16,71	4,78	3,94	0,00	0,00	300,56	90,88
Grecia	8,94	19,51	3,98	1,77	7,76	2,28	5,49	0,68	0,00	0,00	50,41	18,11
Croazia	3,71	8,80	0,31	1,87	0,00	0,31	2,51	0,02	0,00	0,00	17,54	5,16
Ungheria	1,47	13,46	11,92	2,62	0,00	0,00	0,53	0,54	0,00	0,00	30,55	12,14
Irlanda	10,72	7,97	0,00	3,95	0,00	1,90	0,61	0,43	0,00	0,00	25,57	7,77
Italia	36,26	114,42	23,20	32,25	15,55	10,63	24,90	4,78	0,00	0,00	262,00	107,01
Lituania	2,14	5,09	0,00	1,91	0,00	0,38	0,22	0,07	0,00	0,00	9,81	3,02
Lussemburgo	0,41	3,42	0,00	0,78	0,00	0,00	1,31	0,03	0,00	0,00	5,94	1,64
Lettonia	1,19	2,93	0,00	1,17	0,00	0,76	1,84	0,11	0,00	0,00	7,99	2,06
Montenegro	0,13	0,62	0,00	0,39	0,00	0,63	0,93	0,04	0,00	0,00	2,74	1,15
Macedonia	0,09	5,29	0,00	1,23	0,00	0,00	0,83	0,09	0,00	0,00	7,54	2,94
Olanda	20,84	29,14	0,84	14,18	0,00	0,61	0,04	1,14	0,00	0,00	66,79	24,69
Norvegia	14,94	34,12	0,00	8,53	0,00	0,63	31,48	0,68	0,00	0,00	90,38	34,53
Polonia	64,73	60,15	1,10	23,70	0,00	0,34	2,99	0,97	0,00	0,00	153,98	40,43
Portogallo	14,29	19,51	3,79	2,62	13,70	2,39	6,11	0,57	0,00	0,00	62,98	11,88
Romania	8,82	21,58	0,43	6,55	0,00	0,00	6,56	0,36	0,00	0,00	44,31	15,14
Serbia	0,45	21,25	1,13	4,18	0,00	0,00	3,53	0,36	0,00	0,00	30,90	11,34
Slovacchia	0,76	16,53	2,16	3,85	0,00	0,00	3,06	0,14	0,00	0,00	26,50	8,54
Slovenia	1,07	6,56	0,25	1,34	0,00	0,00	1,42	0,11	0,00	0,00	10,75	3,79
Svezia	25,95	24,55	0,84	13,51	0,00	1,14	19,42	0,06	0,00	0,00	85,77	38,78

Fonte: Energynautics.

Tipi di tecnologie per la produzione di energia elettrica rinnovabile

Energia rinnovabile controllabile o inviabile

L'energia idroelettrica derivante da bacini riempiti è completamente controllabile e molto flessibile; può essere attivata e disattivata molto rapidamente. Alcuni impianti possono funzionare in senso inverso (stazioni di pompaggio) mediante l'uso di elettricità in eccesso per pompare acqua quando c'è un eccesso di offerta; rilasciano poi di nuovo l'acqua per produrre energia quando c'è una forte domanda.



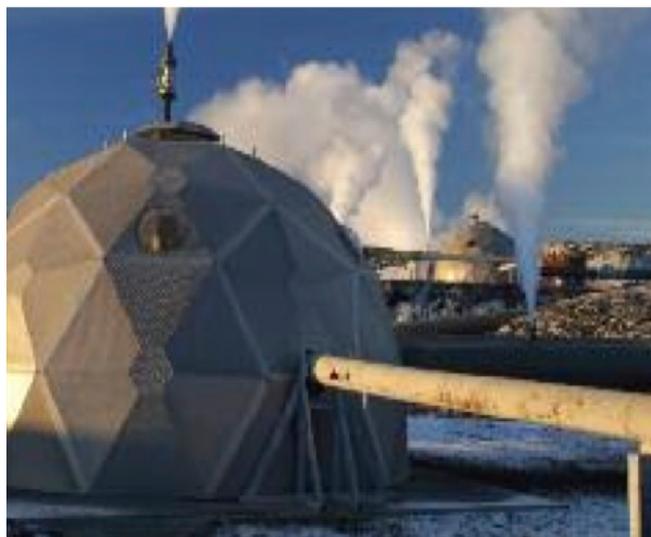
L'energia da biomasse deriva dalla combustione o dalla gassificazione di una varietà di fonti organiche usate e genera elettricità. Alcuni impianti utilizzano biomasse gassificate e possono operare nello stesso modo come i tradizionali impianti che utilizzano il gas fossile come combustibile. La biomassa può essere utilizzata come una riserva per le energie rinnovabili variabili.



Le centrali solari a concentrazione (CSC) utilizzano il calore del sole per azionare turbine o un motore. Ciò richiede luce diretta del sole e perciò la tecnologia CSC è praticabile solo in regioni molto soleggiate, come il sud della Spagna. Questi impianti possono fornire energia elettrica a richiesta, anche durante la notte quando usano l'accumulo di calore (ad es. sale fuso).



L'energia geotermica utilizza il calore dalla terra sopra i 100°C per produrre elettricità con turbine a vapore. Le centrali geotermiche operano normalmente come carico base, ma potrebbero anche essere più flessibili.



La variabile energia rinnovabile

L'**energia eolica** è variabile, ma su vaste aree c'è un effetto livellamento. In sostanza, il vento soffia sempre da qualche parte.



Energia rinnovabile prevedibile

L'**energia degli oceani** prodotta dalle maree o dalle onde non è controllabile. Non può essere attivata e disattivata, ma è altamente prevedibile e permette agli operatori di rete di pianificare il suo contributo.



Il **solare fotovoltaico** non produce energia elettrica durante la notte, ma la sua produzione di giorno è altamente prevedibile. Il solare FV è per lo più decentrato, essendo installato su tetti. Si ritiene che entro il 2030 il solare fotovoltaico sarà una ideale combinazione con i veicoli elettrici che possono essere caricati con l'eccedenza di energia elettrica solare.



Non rinnovabile

L'**energia nucleare** è prodotta da centrali molto grandi dove di solito sono raggruppati diversi reattori; è un sistema altamente centralizzato e richiede reti capaci di grande trasmissione. È costoso e pericoloso aumentare e diminuire la potenza prodotta, in particolare quando questo è fatto rapidamente. Pertanto, i reattori nucleari devono essere considerati rigidi (carico base).

Le centrali elettriche a **carbone** sono un po' più flessibili del nucleare, ma quando vengono utilizzate in un modo più flessibile, la loro efficienza diminuisce e le emissioni di CO₂ aumentano. Se la tecnologia di cattura del carbonio sarà mai sviluppata – il che è improbabile – gli impianti a carbone saranno rigidi per motivi tecnici.

Gli impianti a **gas**, soprattutto quelli moderni a ciclo combinato, sono estremamente flessibili, possono ridurre la loro produzione o essere spenti quando vi è una elevata produzione di energia rinnovabile. Gli impianti a gas emettono, per ogni kWh prodotto, meno della metà delle emissioni di CO₂ rispetto agli impianti a carbone e sono quindi un ponte ideale verso un sistema elettrico al 100 per cento di elettricità rinnovabile entro il 2050.

Immagine La stazione elettrica Andasol 1 è la prima centrale commerciale solare parabolica in Europa. Andasol 1 rifornirà fino a 200.000 persone di energia elettrica compatibile con il clima e risparmierà circa 149.000 tonnellate di anidride carbonica all'anno rispetto ad una moderna centrale elettrica a carbone.

© GREENPEACE / MARKEL REDONDO



Greenpeace è un'organizzazione mondiale indipendente, che agisce per modificare atteggiamenti e comportamenti al fine di proteggere e conservare l'ambiente e di promuovere la pace.

**Publicato da Greenpeace International,
Ottho Heldringstraat 5, 1066 AZ Amsterdam, Paesi Bassi
Per maggiori informazioni contattare: enquiries@greenpeace.org**