

# Idrogeno energia del futuro?

*L'idrogeno è sempre più spesso presentato come la soluzione a termine ai problemi legati alla fine delle risorse fossili e alle emissioni dei gas a effetto serra, ma per produrlo è necessaria molta energia per cui vale la pena produrlo solo con energie rinnovabili.*

*Questo testo è un estratto dal Petit memento energetique, eccellente documento di sintesi sull'energia realizzato dall'associazione Global Chance, presieduta da Benjamen Dessous. [Global-chance@wanadoo.fr](mailto:Global-chance@wanadoo.fr)*

Il problema principale è la mancanza sulla terra d'idrogeno allo stato libero, come gas naturale. È necessario dunque partire da una materia prima contenente idrogeno e attraverso un processo industriale separare l'idrogeno, in natura legato ad altri atomi in una molecola più complessa, per esempio acqua o idrocarburi composti di atomi di idrogeno e ossigeno o carbonio, e infine trasportarlo al luogo del suo uso finale.

I processi industriali di fabbricazione dell'idrogeno comportano investimenti, spese di funzionamento, consumano energia e provocano rifiuti ed emissioni inquinanti. È l'insieme finale della catena, dall'uso finale alla materia prima, che bisogna analizzare per verificare i vantaggi della filiera dell'idrogeno. Due vie principali permettono una produzione di idrogeno.

## **Estrazione a partire da un idrocarburo**

Questa tecnica chiamata "reformage" può oggi realizzarsi in grosse unità fisse, per esempio a partire dal metano o a bordo di veicoli, per esempio a partire da metanolo. Tali procedimenti sono accomunati dal fatto di consumare ed emettere CO<sub>2</sub>. Il rendimento delle tecnologie centralizzate a partire dal metano (ivi compresa la compressione) raggiunge al massimo il 60%. La produzione locale a partire dal metanolo arriva a rendimenti dello stesso ordine di grandezza, tenuto conto delle perdite dovute alla fabbricazione del metanolo.

Nei due casi, bisogna consumare circa 5 kWh per ottenere un metro cubo di idrogeno, a sua volta capace di fornire 3 kWh di calore per com-

bustione oppure 1,8 kWh di elettricità attraverso una pila a combustibile. Tale consumo è accompagnato da emissioni di CO<sub>2</sub> che vanno dagli 0,9 ai 1,5 Kg di gas di carbonio se il calore è fornito da una fonte fossile.

## **La decomposizione dell'acqua per elettrolisi**

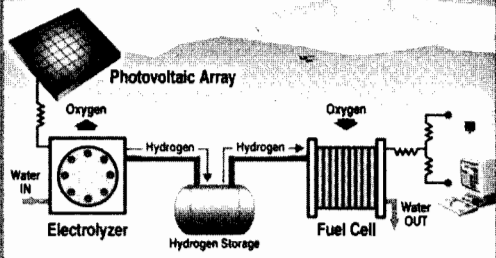
Occorrono oggi da 4,6 a 5,4 kWh di elettricità, secondo le varie tecniche, per ottenere un metro cubo di idrogeno. Ma la produzione dell'elettricità necessaria all'elettrolisi comporta a sua volta delle perdite. Se l'elettricità è di origine fossile, il consumo di energia primaria per metro cubo va da 7,7 a 9 kWh con un'emissione collegata da 2,4 a 2,8 Kg di CO<sub>2</sub>. Se è di origine nucleare, si pongono i problemi dei rischi specifici del nucleare. Se è di origine rinnovabile sfugge alle due critiche precedenti. Ma, ad eccezione dell'elettricità idraulica, dei limiti importanti di impiego pesano ancora su queste fonti. In particolare l'intermittenza e il costo di produzione. La decomposizione termica ad alta temperatura (pirolisi) in un reattore nucleare o in un reattore solare non è stata ancora oggetto di alcuna dimostrazione di fattibilità.

## **Il trasporto e lo stoccaggio**

Il trasporto dell'idrogeno con gasdotti non pone particolari problemi. Da notare però che i flussi di volume da far transitare e le pressioni necessarie allo stoccaggio nei "bidoni" sono 3,5 volte più importanti che non per il gas naturale a contenuto energetico equivalente.

## **Applicazioni poco redditizie**

Nel settore dei trasporti: l'eccellente rendimento della pila a combustibile (PAC) collegata a una motorizzazione elettrica e la mancanza di inquinamento locale compensano parzialmente l'inconveniente dei deboli rendimenti di produzione dell'idrogeno. Se si parte da idrocarburi, si otten-



gono rendimenti globali “dal pozzo alla strada” ed emissioni di CO<sub>2</sub> dello stesso ordine dei veicoli ibridi a benzina che compaiono sul mercato. Se l'idrogeno proviene da elettrolisi, i rendimenti cadono almeno di un fattore 2. Nel primo caso, bisogna pensare di captare e stoccare il CO<sub>2</sub> prodotto (auspicabile solo per una produzione centralizzata di idrogeno), nel secondo è l'economia del sistema che rischia di essere compromessa dal consumo di elettricità.

Nella piccola industria, nelle abitazioni e nel terziario si beneficia in più dell'eventuale possibilità di usare simultaneamente l'elettricità e il calore prodotti dalle PAC (la cogenerazione). Se anche là si parte da idrocarburi, si ottengono rendimenti globali (elettricità + calore) ed emissione di CO<sub>2</sub> dello stesso ordine di quello della cogenerazione decentrata a partire da turbine a gas. Se l'idrogeno arriva da elettrolisi, i rendimenti cadono ancora a un livello più basso della metà e la concorrenza di una fornitura diretta di elettricità per le applicazioni specifiche e termiche diventa considerevole, qualunque sia il costo di produzione dell'elettricità stessa.

Per contro, il collegamento della PAC all'idrogeno come *la* soluzione di lungo termine appare ancora lontana: infatti, questa presuppone la congiunzione di progressi tecnici importanti nei campi della fabbricazione dell'idrogeno e/o della captazione-stoccaggio da CO<sub>2</sub> con un forte aumento dei prezzi degli idrocarburi e/o una forte caduta dei prezzi dell'elettricità rinnovabile e una presa di coscienza accelerata dei problemi ambientali globali. Queste considerazioni andrebbero fatte sui progressi ugualmente attesi da altre filiere altrettanto promettenti ma che presuppongono meno rotture sia sul piano tecnologico che organizzativo.

# Idrogeno, scienza e tecnologia

**L'**idrogeno non è una fonte di energia ma un accumulatore e un vettore di energia. L'elettricità che si produce e si produrrà con fonti rinnovabili (solare, eolico, ecc.) non può essere né sempre prodotta né sempre utilizzata e quindi è conveniente immagazzinarla e trasportarla dove serve.

La produzione di idrogeno da elettrolisi è un modo razionale per non perdere energia elettrica, altrimenti dispersa e avere energia quando sole e vento mancano. L'idrogeno così ottenuto si presta ottimamente a produrre energia elettrica e calore quando serve, a livello di singola casa o condominio o per autotrazione, con celle a combustibile (come in parte è spiegato nell'articolo precedente, che però cita l'intermittenza delle fonti rinnovabili come difetto: ma proprio la produzione di idrogeno può eliminare tale intermittenza, accumulando l'energia quando è in eccesso e rilasciandola quando serve).

Un esempio di sistema solare con produzione di idrogeno è documentato nella seguente testimonianza "Settimo arriva primo". Va inoltre aggiunto che le principali fonti rinnovabili (solare ed eolico) non si prestano efficacemente a garantire energia per i mezzi di trasporto (treni esclusi); l'idrogeno può essere una soluzione. All'elenco presente nel saggio "Idrogeno come" va però aggiunta un'altra fonte di idrogeno, che potrebbe essere particolarmente interessante nel prossimo futuro: quella biologica. "Alla ricerca del bioidrogeno" fa il punto sulle ricerche in questione, di cui una si svolge anche all'Università di Padova.

## **Settimo arriva primo**

A Settimo Torinese è in via di ultimazione il primo impianto in Piemonte per la produzione, lo stoccaggio e l'utilizzo dell'idrogeno estratto da fonti rinnovabili. L'Asm S.p.A. (Azienda Sviluppo Multiservizi) del Comune di Settimo, ha deciso di finanziare, con oltre un milione di euro, il progetto "Primo Settimo", il quale prevede la costruzione di un impianto a idrogeno che, entro breve, fornirà energia elettrica pulita e

rinnovabile alla palazzina di quattro piani dove hanno sede i suoi uffici, rendendola indipendente dalla rete tradizionale di rifornimento. Il progetto, che ha visto la luce nella primavera del 2003, è nato da un'idea di Adriano Marconetto (uno dei pionieri dell'Mp3) e si sta concretizzando grazie alla collaborazione con Emilio Paolucci (professore al Politecnico di Torino) e Woodrow Clark (University of California).

L'impianto, spiega Marconetto, "trarrà energia dai pannelli solari della potenza di 100 kW, in parte per utilizzarla direttamente e in parte per estrarre l'idrogeno dall'acqua con l'elettrolisi. L'idrogeno verrà usato nelle celle a combustibile per fornire energia al palazzo quando è buio o nuvoloso, ma potrà anche alimentare un distributore che stiamo costruendo sul posto per l'alimentazione delle future auto a celle a combustibile". Grazie ai pannelli fotovoltaici si ottiene quello che viene definito "idrogeno verde", derivato esclusivamente da fonti rinnovabili, in contrapposizione all'"idrogeno nero", cioè quello estratto usando l'energia fornita dal petrolio. Ogni giorno verranno prodotti 76 Nm<sup>3</sup> di questo idrogeno verde o "pulito". I vantaggi ambientali derivanti dall'uso di questo impianto saranno notevoli. Ogni anno verranno prodotti 108 MWh di energia elettrica "pulita" e, contemporaneamente, sarà evitata l'emissione di 148 tonnellate di anidride carbonica. Per quanto riguarda l'energia termica (caldo d'inverno e freddo d'estate) "pulita", invece, la produzione sarà di 370 MWh.

In parallelo, un team di ricercatori sta studiando l'impiego su larga scala dell'idrogeno, le linee guida per la sicurezza, lo sviluppo e realizzazione di un sistema di controllo globale, la messa a punto di un software di controllo, la durata dei materiali, l'efficienza dei componenti e la fattibilità economica degli investimenti. L'aspetto economico è senz'altro un fattore limitante, ma "non bisogna dimenticare che – continua Marconetto –, se fino a un paio di anni fa i costi erano quasi improponibili, oggi la situazione è molto cambiata. Le tecnologie necessarie cominciano a essere disponibili in modalità non più solo sperimentale e quindi anche i costi si sono notevolmente ridotti. Abbiamo calcolato che in due o tre

anni si potrebbero avere risultati economici ragionevoli. La prospettiva del business vero, adesso, è di 10-12 anni, mentre fino a poco tempo fa non esisteva neppure una vera ipotesi economica”.

## **Alla ricerca del bioidrogeno**

Per ottenere idrogeno puro è necessario produrre energia sufficiente a “strapparlo” da altre molecole e questa energia proviene ancora in massima parte da quelle fonti che dovrebbe andare a sostituire. Incoraggianti prospettive arrivano da eolico, solare e fotovoltaico ma la ricerca è alla caccia di metodiche di estrazione dell'idrogeno che abbiano sull'ambiente impatto zero. Ed ecco che i batteri, i funghi, i lieviti ma anche le alghe escono dal loro anonimato per salire alla ribalta delle nuove tecnologie. In natura viene prodotto idrogeno puro da tappe specifiche della fermentazione microbica e della ben nota fotosintesi clorofilliana. Da qui gli studi effettuati presso numerosi laboratori di ricerca per convincere microrganismi di ogni sorta a velocizzare i loro consueti processi per ottenere idrogeno più in fretta, in quantità maggiori e per giunta a basso costo.

Una minuscola alga verde del genere *Chlamydomonas* è oggetto di attenzioni da parte di un gruppo di ricercatori dell'Università di Padova che lavora al progetto “Metodologie innovative per la produzione di idrogeno da processi biologici”, in collaborazione con Enea e Cnr. L'idea consiste nell'utilizzare il normale processo fotosintetico dell'alga stimolando il suo corredo enzimatico a una maggiore reattività alla luce in modo da accrescere la produzione del prezioso idrogeno. Bisogna solo fornire all'alga acqua, anidride carbonica e luce solare. Nella prima parte del processo l'acqua viene scissa in idrogeno e ossigeno e nella seconda fase l'anidride è trasformata in glucosio, il nutrimento vero e proprio dei vegetali. Al momento l'efficienza di conversione (rapporto tra idrogeno prodotto e luce solare fornita) è piuttosto bassa e si aggira intorno al 5%.

Un intoppo è rappresentato dall'intolleranza del sistema biologico all'ossigeno prodotto nella scissione dell'acqua. Un trucco per aumentare la produzione consiste nell'allontanare subito il gas concorrente o nel selezionare tipi cellulari tolleranti all'ossigeno. Alcuni ricercatori del National Renewable Energy Laboratory di Golden in Colorado ci hanno provato con un batterio fotosintetico: il *Rhodospirillum rubrum*, capace di sviluppare idrogeno dall'acqua anche in presenza di ossigeno grazie alla sua portentosa idrogenasi, un particolare enzima produttore di idrogeno.

Accanto all'allevamento in cattività di sistemi cellulari cosiddetti whole-cell ("a cellula intera") un'ulteriore fase di ricerca sta tentando la realizzazione di sistemi cell-free ("privi di cellule") che utilizzano i soli enzimi specifici. In questo modo si ovvierebbe al problema di mantenere in vita gli organismi e la produzione di idrogeno sarebbe più costante e più efficace, raggiungendo punte del 25%. In alcuni casi si è sostituita del tutto la natura con processi esclusivamente elettrochimici. Negli anni Novanta, presso l'Istituto Federale Svizzero, comincia la sperimentazione della "foglia artificiale", nella quale al posto della clorofilla si utilizza un pigmento bianco, il biossido di titanio, sostanza facilmente rintracciabile nell'etichetta di paste dentifrice, pastiglie medicinali e vernici. Il sistema (vagamente assimilabile al fotovoltaico) è costituito da larghi moduli e pannelli che mimano il processo fotosintetico producendo, invece che glucosio, idrogeno ed elettricità. La resa sarebbe del 7% con luce solare diretta e dell'11% con luce diffusa. Ed ecco un nuovo problema. Tutte le modalità finora passate in rassegna non possono fare a meno di un formidabile alleato: il Sole. Ma che succede se la giornata è nuvolosa o peggio ancora di notte? Si sono identificate per questa ragione circa 400 specie di batteri capaci di combinare, nell'oscurità più completa, monossido di carbonio e acqua per produrre quantità piuttosto elevate di idrogeno. Alcune specie di cianobatteri (chiamati anche alghe blu) si sono mostrate finora le migliori candidate all'esperimento.

In una sorta di reazione inversa che può fare completamente a meno

della luce, presso l'Università del Wisconsin vengono impiegati microrganismi che a partire dal prodotto zuccherino finale della fotosintesi (glucosio ma anche xilosio, lattosio e saccarosio) liberano idrogeno, questa volta tramite l'azione di enzimi decompositori, raggiungendo un'efficienza del 50%. I protagonisti principali sono due batteri ipertermofili (quelli che muoiono di freddo se la temperatura scende al di sotto degli 80°C) dai significativi nomi: *Thermoplasma acidophilum* e *Pyrococcus furiosus*. Anche l'*Escherichia coli*, il comune costituente della nostra flora batterica intestinale, si è dimostrato un candidato promettente. Essendo di bocca buona, grazie alla capacità di far andare in decomposizione la materia organica, è stato alimentato a torsoli di mela, bucce di banana e rifiuti di cucina in genere, per produrre idrogeno. Con questo vivace microbo basterebbe una fornitura di soli 50 grammi di zucchero per tenere accesa una lampadina da 40 watt per un tempo leggermente inferiore alle 8 ore!

# Un programma Negawatt per la Francia

di Carlo Carraro, del gruppo Negawatt

I modelli energetici dominanti sono fondati su un dogma considerato intangibile: produrre sempre di più per consumare sempre di più. La visione Negawatt propone di agire immediatamente prendendo la via del “non pentimento” che, secondo il filosofo Jean-Pierre Dupuis, ci eviterà di ammettere che “avremmo dovuto scegliere un'altra strada”. Per farci un'idea di dove ci porterebbe questa via fra dieci, venti, cinquanta anni, abbiamo disegnato uno scenario Negawatt, seguendo due regole: 1) basarsi solo su fatti reali e provati dall'esperienza; 2) contare esclusivamente su tecnologie disponibili oggi o che stanno per essere largamente diffuse.

Ne risulta una notizia positiva: è possibile costruire una società sobria, efficiente e rinnovabile.

Ma questo risultato è ben lontano dall'essere acquisito. Esige decisioni rapide, forti, che durino nel tempo e che non mancheranno di scuotere le abitudini e mettere in discussione interessi ben radicati. Richiede anche (soprattutto?) che la lunga marcia che ci aspetta sia capita e condivisa da tutti.

## Negawatt: un nuovo potenziale energetico

I Negawatt sono l'energia non consumata per un uso più sobrio ed efficace dell'energia. Si tratta di dare la priorità alla *riduzione alla fonte dei nostri fabbisogni energetici*, mantenendo la stessa qualità di vita: consumare meglio invece di produrre di più.

I “giacimenti” di Negawatt sono considerevoli: con soluzioni oggi affidabili e sperimentate; *rappresentano da soli più della metà del consumo mondiale attuale*. La “produzione” di negawatt dispone di altre formidabili carte: assenza di inquinamento e danni, decentramento, creazione di posti di lavoro.

## Sobrietà

Sobrietà energetica significa sopprimere gli sprechi assurdi e costosi a tutti i livelli organizzativi della nostra società, nei comportamenti e stili di vita.

Non è né l'austerità né il razionamento: è la risposta all'imperativo di basare il nostro avvenire su bisogni energetici meno bulimici, meglio governati, più egualitari. La sobrietà si basa sulla responsabilità di tutti, a partire da chi decide al posto del cittadino comune.

## **L'efficienza**

L'efficienza energetica consiste nel ridurre il più possibile le perdite in proporzione alle risorse utilizzate. È possibile ridurre i nostri consumi di energia e materie prime di un fattore che va da 2 a 5, con l'aiuto di tecniche già largamente sperimentate, migliorando i nostri edifici, i mezzi di trasporto, i nostri strumenti tecnologici.

## **Rinnovabili**

Le energie rinnovabili devono fornire il saldo dei nostri bisogni di energia. Ben ripartite, decentrate, a basso impatto ambientale, queste energie (solare, idraulica, eolica, biomassa) sono le sole che permettano di equilibrare in modo durevole i nostri bisogni di energia con le componenti naturali del nostro pianeta.

## **Uno scenario Negawatt dal 2000 al 2050**

L'associazione Negawatt ha quantificato l'impatto di una politica basata su questa concezione nel periodo 2000-2050. Sono stati elaborati due scenari, uno tendenziale e l'altro Negawatt, a partire da una stessa ipotesi di crescita demografica e secondo tre grandi capitoli di uso dell'energia (calore, mobilità ed elettricità specifica). Per facilitare i confronti, tutti i valori sono stati espressi in terawatt/ora (Twh) (1). Lo scenario "tendenziale" adottato come punto di riferimento prolunga semplicemente le tendenze osservate in questi ultimi trent'anni. Lo scenario negawatt valorizza al massimo le tecnologie efficienti e rinnovabili oggi esistenti, senza puntare su aleatori salti tecnologici.

## Riduzione della domanda

Questo scenario progetta una riduzione della domanda di elettricità con azioni di incitamento alla sobrietà, in particolare la moltiplicazione di consigli di prossimità, o misure regolamentari (fuori dal miglioramento tecnico degli strumenti)<sup>2</sup>. In totale, questi provvedimenti possono generare una riduzione dei consumi in rapporto al tendenziale dallo 0.2 allo 0.4%, secondo i settori di consumo. Contando su un'applicazione effettiva nel 2005 l'economia realizzata è di 22 terawatt nel 2010 e 86 terawatt nel 2030.

Lo scenario negawatt presuppone una messa a punto delle tecnologie più energivore, che consenta economie valutate sulla base di campagne di modifiche dei consumi già realizzate. Il riscaldamento elettrico dei locali (per effetto joule diretto) e dell'acqua calda sanitaria è progressivamente sostituito da altre fonti di calore.

## Produzione di elettricità rinnovabile

Lo scenario Negawatt prevede un ricorso molto libero a combinazioni di energie rinnovabili diverse:

### *Idraulica*

Mantenimento dei grandi impianti idraulici a livello attuale (65 terawatt), senza la costruzione di nuovi grandi invasi; crescita moderata della microidraulica (più 1,5 terawatt nel 2010 + 4,5 nel 2030) con un raddoppio della situazione attuale nel 2050.

### *Eolica*

Il potenziale economicamente interessante nelle attuali condizioni tecniche è stato stimato nel modo seguente:

	2010	2030	2050
<b>Terrestre</b>	7 GW	12 GW	20 GW
<b>Off-shore</b>	1 GW	12 GW	30 GW

Per precauzione, lo scenario negawatt presuppone la messa in servizio del 75% di questo potenziale, cioè 39,5 TWh l'anno in terrestre e 75,4 TWh l'anno in offshore nel 2050.

### *Solare fotovoltaico*

Il potenziale del fotovoltaico integrato negli edifici è stato stimato a partire da un'analisi grossolana delle superfici disponibili sia sui tetti che sulle facciate. Questo approccio è stato confermato da due studi internazionali diversi (3). Porta a un potenziale di produzione molto importante:

	2010	2030	2050
<b>Solare FV</b>	0,5 TWh	9,5 TWh	63 TWh

### *Biomassa*

Anche qui, il potenziale è considerevole:

	2010	2030	2050
<b>Centrali elettriche</b>	1,9 TWh	3,9 TWh	6,1 TWh
<b>Elettricità cogenerata</b>	8,1 TWh	21,9 TWh	43,1 TWh

### *Geotermia in rocce profonde*

Lo scenario Negawatt permette di ricorrere a questa tecnica il cui potenziale è stimato attualmente in 100 TWh l'anno (4), con una produzione di 2 Terawatt a partire dal 2010 e il 25% del potenziale nel 2050, cioè 24 TWh l'anno.

## **Produzione non rinnovabile di elettricità**

### *Nucleare*

Lo scenario Negawatt prevede la chiusura progressiva delle attuali centrali, senza sostituzione con centrali di nuova generazione. La produzione rallenta così regolarmente fino al 2030.

### *Carbone e gasolio*

Lo scenario Negawatt prevede la rapida sostituzione delle centrali termiche attuali funzionanti a gasolio e a carbone.

### *Gas naturale*

Lo scenario Negawatt prevede la sostituzione delle centrali termiche classiche a gas naturale a partire dal 2010 con centrali a ciclo combinato e in cogenerazione che permettono una produzione di 240 TWh nel 2030, progressivamente sostituite con la crescita dell'energia rinnovabile negli anni 2030-2050.

## **Risultati**

A confronto con lo scenario tendenziale i principali risultati sono:

- una forte riduzione della domanda da 910 a 416 TWh (5) nel 2050 cioè per un fattore 2,2 il che equivale a stabilizzare il consumo a livello del 1994.
- il ricorso massiccio alle fonti rinnovabili, con 342 TWh nel 2050, cioè 4,5 volte la produzione attuale, senza esaurire il potenziale riconosciuto e con le tecnologie e la produttività di oggi.

Il passaggio della produzione di elettricità verso fonti rinnovabili al 100% si può dunque realizzare nei prossimi 50 anni. Condizione essenziale: applicare fin da ora una forte politica di riduzione della domanda senza la quale la crescita di potenza da parte delle fonti rinnovabili (+266 TWh) sarebbe completamente cancellata dalla crescita della domanda (+438 TWh). Solo il 27% della produzione può essere considerato intermittente (fotovoltaico ed eolico terrestre) il che corrisponde a una situazione già esistente e gestita senza difficoltà in diverse regioni europee (Navarra, Dalmazia, Schleswig-Holstein).

Il programma Negawatt intende agire sui bisogni di mobilità con l'urbanistica (provvedimenti a lungo termine), macchine comuni, il telelavoro e aumentare il ricorso ai trasporti collettivi.

Lo scenario tendenziale tende a una riduzione del consumo unitario medio del parco macchine dello 0,4% l'anno (6,1/7 litri per 100Km nel 2050), lo scenario Negawatt propone uno sforzo di -1,25% l'anno (4,1 litri/100Km nel 2050), equivalente a ciò che è stato realizzato nel periodo 1988-2000. Alcuni veicoli superano largamente questa riduzione di consumi. Si ammette un aumento dei veicoli a propulsione elettrica o a pile a combustibile (rendimento superiore di un fattore da 2 a 3 rispetto a quello dei motori termici attuali), ancora modesto nel 2010 con il 4% dei Km percorsi e che raggiunge 1/3 nel 2050.

La combinazione di questi provvedimenti porta a una riduzione dei consumi da parte dei veicoli privati a 130 TWh contro le 280 TWh di oggi. Azioni equivalenti sono lanciate per il trasporto delle merci: sobrietà, razionalità (riconduzione del traffico commerciale verso la ferrovia, le vie fluviali e marine), l'efficienza (miglioramento dei rendimenti, veicoli elettrici o ibridi...).

È previsto un impegno notevole sul trasporto aereo allo scopo di limitare i consumi nel 2050 al livello attuale (160 TWh): trasporti ferroviari a media distanza, tassazione delle compagnie aeree a basso costo, migliori rendimenti delle turbine.

Lo scenario Negawatt garantisce un servizio superiore del 35% rispetto a oggi in termini di domanda sociale (miliardi di passeggeri a Km o miliardi di tonnellate a Km), con un raddoppio dei trasporti viaggiatori e merci per bus o ferrovia. Le azioni di sobrietà e utilizzazione razionale permettono di rallentare l'aumento dei consumi a 660 TWh (contro i 570 di oggi): il guadagno a confronto con lo scenario tendenziale è dell'ordine di 400 TWh l'anno nel 2050. L'efficienza permette di ridurre questi consumi alla metà, per arrivare a un consumo finale totale di 330 TWh. I consumi di car-

buranti raggiungono 280 TWh (-270 TWh rispetto a oggi), con il miglioramento dei rendimenti dei motori termici e dei mezzi di trasporto elettrici (treno, tranvie, metropolitane, auto elettriche) che passano da 10 a 50 TWh.

I carburanti sono per lo più di origine fossile (210 TWh di prodotti petroliferi, 20 TWh di gas naturale), contro 50 TWh di biocarburanti. Per ragioni di concorrenza nell'uso dei suoli e di rischio di intensificazione delle pratiche agricole la prudenza si impone riguardo al contributo da raggiungere da parte dei biocarburanti

## Calore

Il riscaldamento degli edifici rappresenta la massima parte dei consumi di calore con pressappoco 460 TWh. Il consumo medio nel residenziale e terziario è dell'ordine di 120 KWh per metro<sup>2</sup>. La riabilitazione degli edifici può permettere di raggiungere meno di 30 KWh a metro quadro (con una divisione per quattro). Tenuto conto della forte inerzia del parco, si considera ragionevole l'obiettivo di 50 KWh a metro quadro nel 2050 con un'economia del 60%.

Al secondo posto c'è il calore usato dall'industria. Lo scenario tendenziale conferma la tendenza registrata da dieci anni. Se questa tendenza è invece amplificata, il potenziale di risparmio può raggiungere i 120 TWh.

In totale le economie negli usi attuali del calore sono dell'ordine di 400 TWh, cioè intorno al 40%.

L'aumento dei consumi, che corrisponde a nuovi livelli di confort "calore" può essere limitato applicando principi di sobrietà ed efficienza a partire dalla progettazione degli edifici e degli impianti. Lo scenario presuppone un miglioramento dell'efficienza del 50% per questi nuovi usi permettendo di limitare la crescita a 60 TWh.

In totale gli usi "calore" rappresentano 640 TWh nel 2050.

Il calore è fornito dai diversi vettori.

- 350 TWh sono distribuiti per mezzo della rete di calore, di cui 200 nel terziario residenziale e 130 nell'industria, il che suppone una moltiplicazione per otto delle reti di calore esistenti. La produzione è rea-

lizzata con centrali di cogenerazione o caldaie alimentate a biomassa (230 TWh), geotermia (60 TWh) o gas naturale (60 TWh).

- il solare termico nel residenziale e nel terziario raggiunge gli 80 TWh. I combustibili forniscono 170 TWh di cui 50 da prodotti petroliferi, 60 da gas naturale e 70 da biocombustibili.
- resta un consumo residuo di elettricità per riscaldamento e acqua calda sanitaria nei locali a bassa occupazione e uso.

Attualmente, la copertura dei fabbisogni di calore è assicurata per l'88% dai combustibili fossili, di cui il 20% da calore cogenerato e il 12% da fonti rinnovabili (legno). All'orizzonte del 2020 queste parti dovrebbero essere rispettivamente del 77% per i fossili, di cui il 20% di calore cogenerato, e del 23% per i rinnovabili.

Fornitura di calore (esclusa l'elettricità)	2000	2020	2050
Combustibile fossile	778	451	99
Calore da cogenerazione a gas	0	148	56
Rinnovabili	110	180	452
TOTALE	888	779	606
<i>Parte da fonti rinnovabili</i>	<i>12%</i>	<i>23%</i>	<i>75%</i>

### Scenario Negawatt. Fonti della fornitura di calore

### La Francia dello scenario negawatt

Questi risultati rivelano prima di tutto i considerevoli cambiamenti prodotti da una politica volontaria di sobrietà ed efficienza energetica: lo scenario "tendenziale" provoca nel 2050 un aumento del 65% dei consumi e del 80% delle emissioni di carbone rispetto a oggi. Lo scenario Negawatt utilizza tre volte meno energia primaria e cinque volte meno carbone.

I giacimenti di Negawatt sono considerevoli: rappresentano il 67% del consumo tendenziale. In altri termini, su 10 kilowattore di bisogni energetici previsti all'orizzonte del 2050, 7 possono essere "prodotti" con i Negawatt e gli altri 3 effettivamente forniti da una produzione fisica dei quali quasi due con fonti rinnovabili. In questo scenario, nel 2050, le ener-

gie rinnovabili rappresentano il 64% della produzione primaria totale, diminuendo in modo molto forte la nostra attuale dipendenza dalle fonti fossili (petrolio, gas, carbone e uranio). La produzione elettrica è garantita per più del 80% da un insieme di energie rinnovabili (fotovoltaico, eolico, idraulico, cogenerazione dalla biomassa), il resto dal gas naturale.

Il sistema francese di produzione energetica coi Negawatt è diventato molto più efficiente. Il calore perduto dalle macchine termodinamiche (centrali termiche, motori dei veicoli) rappresenta in effetti quasi la metà del consumo di energia primaria oggi. Nello scenario Negawatt, questa quantità è fortemente ridotta:

- quasi scomparsa delle centrali elettriche senza recupero di calore (86% del parco attuale con un rendimento che va dal 32 al 38%): solo restano alcune centraline a gas a ciclo combinato per coprire i picchi di consumo.
- Forte miglioramento del rendimento energetico del parco veicoli.

## **Forte riduzione delle nostre emissioni di anidride carbonica**

Lo scenario Negawatt permette di ridurre il nostro consumo primario di energia nel 2050 al 54% del valore attuale. Limita le nostre emissioni di gas a effetto serra dovute alla produzione e consumo di energia a due tonnellate equivalenti di CO<sub>2</sub> a persona contro le 6,7 attuali, cioè una riduzione del 67%.

**Tabella emissioni di CO<sub>2</sub> secondo gli scenari** (in milioni di tonnellate equivalenti petrolio)

	<b>Attuale</b>	<b>“Tendenziale” 2050</b>	<b>“negawatt” 2050</b>
Energie primarie, in milioni di tonnellate equivalenti petrolio	240	395	129
Di cui energie fossili	133	258	47
CO <sub>2</sub> in milioni di tonnellate	395	724	129
Variazione in rapporto a oggi	-	+ 80%	- 67%
CO <sub>2</sub> in tonnellate equivalenti /abitante	6,7	11,1	2,0

La Francia negawatt del 2050 non è immobile: le macchine circolano più sobriamente (11.000 Km l'anno contro i 14.000 di oggi), l'esplosione dei bisogni energetici dovuti alla mobilità è contenuta, poi ridotta alla metà del suo valore attuale.

Questa Francia non è completamente coperta di generatori a vento, né di pannelli solari. La produzione rinnovabile è stata valutata ragionevolmente in rapporto al potenziale sfruttabile: 0,27 metri<sup>2</sup> di pannelli solari termici (acqua calda sanitaria) e 10 metri<sup>2</sup> di fotovoltaico (elettricità) per abitante. Le superfici corrispondenti sono già disponibili sui nostri edifici e infrastrutture: non c'è dunque concorrenza per l'uso dei suoli. Il potenziale della biomassa si fonda sulla mobilitazione di residui e rifiuti molto più che su produzioni energetiche che coinvolgerebbero terre coltivabili. L'uso di questi residui permette inoltre una migliore gestione dello spazio e dell'ambiente.

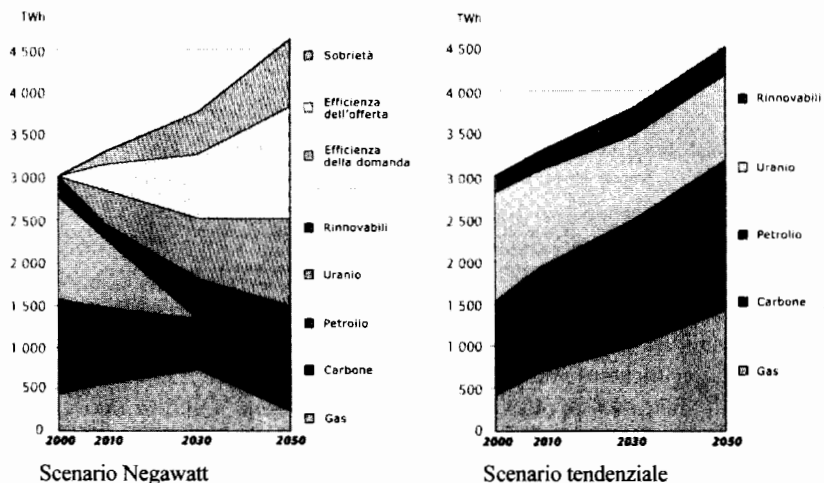
La Francia dello scenario Negawatt non ritorna alle stufe a carbone e alla candela: le abitazioni sono riscaldate con meno perdite dopo una vastissima riabilitazione del parco esistente. Continua a usare l'elettricità; ha semplicemente stabilizzato il suo consumo al livello del 1994, il che vuol dire che in realtà, per merito dei miglioramenti d'efficienza, il "servizio reso" dall'elettricità è raddoppiato rispetto a oggi.

Infine, questo scenario mette la Francia in linea con gli obiettivi mondiali di lotta contro il cambiamento climatico: un consumo in energia primaria di 2,0 Mtep a persona l'anno e un'emissione annua di 2 tonnellate equivalenti di CO<sub>2</sub> pro capite.

Questi risultati non sono stravaganti: vari studi europei su "società sobrie in anidride carbonica ed energia" hanno dato risultati simili in Germania (- 80% emissione di anidride carbonica nel 2050), in Svizzera (- 60% nel 2030), nei Paesi Bassi (- 80% nel 2050) e in Gran Bretagna (- 60% nel 2050).

Tutti arrivano alla stessa conclusione: uno scenario Negawatt è possibile alla condizione tassativa di ridurre da subito gli sprechi maggiori del nostro sistema di produzione e consumo di energia.

## Consumi di energia primaria per fonti di approvvigionamento



### Uno scenario di non pentimento

Il modello energetico sul quale si fonda la società attuale fa pesare sulle spalle nostre e dei nostri discendenti ogni tipo di rischio.

Contrariamente alla fuga in avanti dovuta al "laissez-faire" e al mito della "soluzione tecnologica", lo scenario Negawatt permette di cominciare da oggi a limitare la maggior parte di questi rischi, cercando di eliminare appena possibile quelli insopportabili.

In un mondo così incerto e pericoloso come il nostro, questa "etica del non pentimento" è la sola via ragionevole e umanamente auspicabile per coloro che prendono le decisioni politiche, ma anche per ciascuno di noi.

### Uno scenario che non si fonda su emergenze

Contrariamente al mito della società dell'idrogeno, lo scenario non tiene in alcun conto un'ipotetica rottura tecnologica. Restano dunque dei margini di progresso in termini di efficienza energetica ed economia di materie prime.

Ugualmente, il potenziale in energie rinnovabili della previsione Negawatt è ben lontano dall'essere saturato e le loro possibilità prese in considerazione (rendimenti, disponibilità, affidabilità) sono quelle di oggi mentre è certo che vi saranno dei progressi. Malgrado tutto ciò, la fonte eolica è

sfruttata solo al 75%, quella della geotermia delle rocce profonde al 25%. Quanto al solare, termico e fotovoltaico insieme, occupa solo il 4% delle superfici già costruite mentre potrebbe facilmente arrivare al doppio.

## **Uno scenario economicamente benefico**

Uno scenario Negawatt non è una catastrofe per l'economia, al contrario! Oltre ai risparmi diretti per tutte le imprese, offre possibilità di sviluppo in settori diversi come l'edilizia (costruzione e conversione), la fabbricazione di componenti e materiali, gli studi tecnico-economici, i servizi energetici o la manutenzione. Meglio: basandosi su un mercato domestico i nostri imprenditori saranno credibili per esportare le loro conoscenze e prodotti (Negawatt) e fare affari. L'esempio dell'industria eolica è evidente per la Danimarca, minuscolo paese e primo esportatore mondiale da 20 anni.

## **Uno scenario socialmente positivo**

I benefici sociali dello scenario Negawatt sono molteplici: nuovi posti di lavoro (da 150.000 a 200.000 per la conversione degli edifici esistenti fin dal primo anno, più di 300.000 nell'energia eolica e nel fotovoltaico nel 2050), ma anche miglioramento delle qualifiche, stabilità, diversità, ripartizione geografica, coesione sociale. Infine, le condizioni di vita di tutti saranno migliori a cominciare da quelle dei più poveri tra i nostri concittadini: ridurre i bisogni di energia per riscaldamento, illuminazione e trasporto significa anche contribuire a non avere come orizzonte solo la sopravvivenza quotidiana.

## **Agire da subito**

Per quanto di rottura, lo scenario Negawatt non è un rischio. Al contrario, è "continuare come prima" che produce e moltiplica i rischi per la nostra società, l'ambiente e le nuove generazioni.

Certo l'applicazione dello scenario Negawatt è politicamente difficile, visto che pesano molto: la forza dell'abitudine, gli interessi particolari, la gestione a corto termine. Non avendo nulla da vendere i Negawatt non hanno lobby che li sostenga e le iniziative proposte, essendo esigenti, si prestano male alla demagogia. Lo scenario Negawatt mira alla stabilità, che permetterebbe alla Francia di impegnarsi in un rapporto più armonioso con il suo ambiente, grazie a una rottura salutare con il nostro modo di consumare e produrre energia.