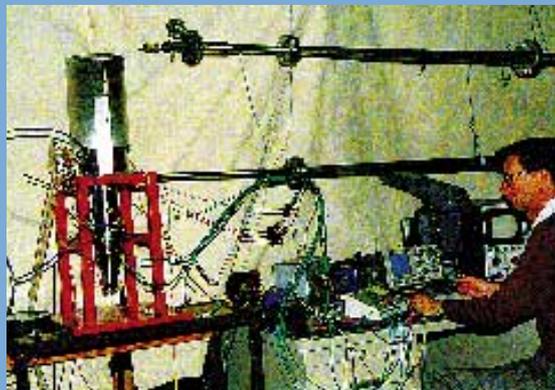


# *I Poteri Pubblici e la Ricerca Energetica in Svizzera*



# Perché questo fascicolo?

Non è certo per ambizione che l'UFE ha voluto aggiungere una nuova pubblicazione alle migliaia già esistenti nel nostro paese. All'origine del presente fascicolo vi sono alcuni buoni motivi ed un evento.

Uno dei motivi: **Il denaro pubblico investito in Svizzera per la ricerca energetica supera i 200 milioni di franchi annui**, una parte importante è destinata a promuovere la ricerca nel settore privato. L'opinione pubblica è certo informata regolarmente sull'impiego di questo denaro, ma solo tramite brevi comunicati stampa. Essa ha tuttavia il diritto di saperne di più – una pubblicazione dettagliata, senza essere tuttavia troppo ampia, si presta particolarmente bene a tale scopo.

Un secondo motivo: **La combustione del gas naturale e dei prodotti petroliferi per il riscaldamento ed il traffico veicolare è la causa principale dell'inquinamento ambientale**. La ricerca di tecniche volte ad uno sfruttamento più razionale delle fonti energetiche è perciò una ricerca al servizio della protezione dell'ambiente.

Un terzo motivo: **Come per il passato, la Svizzera deve importare l'80 % del proprio fabbisogno di energia**, soprattutto sotto forma di petrolio e dei suoi derivati. Alla luce di questa forte dipendenza dall'estero e della non inesauribilità delle riserve petrolifere, la ricerca di nuove tecniche più efficienti è vitale per la nostra sopravvivenza. Fondamentale è il trasferimento dei risultati scientifici in prodotti e processi pratici. Il cittadino deciderà poi del successo e delle possibilità di mercato di questi prodotti e processi. Proprio per questo, egli deve conoscere le finalità e le modalità della ricerca: e questo può trovarlo, anche se in forma concisa, nel presente fascicolo.

L'evento che, a nostro parere, giustifica questa pubblicazione è **la riorganizzazione dell'UFE - avvenuta nel 1996**. Una tale riorganizzazione si propone di migliorare e coordinare i lavori di ricerca del nostro paese e, in particolare, di facilitare il trasferimento dei risultati ottenuti nelle applicazioni pratiche.

Occorre menzionare un quarto motivo. **Il contenuto di questo fascicolo potrà certo interessare molti lettori, ma è soprattutto importante** per coloro che hanno idee da realizzare: esso indica le vie da seguire per ottenere consigli tecnici e sostegni finanziari.

Ci auguriamo che la pubblicazione – nonostante il compromesso inevitabile tra concisione e esaustività – possa rivelarsi proficua ai lettori.

Ufficio federale dell'energia

primavera 1997

»L'energia è il sangue dell'economia  
e una delle chiavi  
della protezione dell'ambiente«

Jeanne Hersch  
filosofa, Ginevra

Impressum:

Ufficio federale dell'energia  
3003 Berna

Il presente fascicolo, analogamente ai rapporti annuali e alle relazioni conclusive sulla ricerca energetica, può essere ottenuto gratuitamente presso:  
ENET, Schachenallee 29, 5000 Aarau, fax 062 - 834 03 23, oppure  
Thunstrasse 115, 3000 Berna 16, fax 031 - 352 77 56

# La ricerca energetica – un impegno anche politico

Ciò che vale per la ricerca in generale, vale ancor più per la ricerca energetica: un paese fortemente industrializzato come la Svizzera, che dispone di fonti energetiche proprie in misura limitatissima, può difendere la propria capacità concorrenziale sui mercati internazionali solo con l'offerta di nuove tecnologie. Occorre osservare che **le priorità della ricerca energetica si sono decisamente spostate** nel corso degli ultimi decenni. Mentre negli anni 70 **la preoccupazione maggiore era quella di garantire la copertura dei fabbisogni**, gli anni 80 hanno visto emergere altri valori, quali **la protezione dell'ambiente e la difesa delle risorse naturali**. Questa modifica sociale dei valori si è ripercossa abbastanza presto sulla politica energetica svizzera e sui principi che la regolano.

**Il 10 %** circa degli investimenti globali svizzeri a favore della ricerca e dello sviluppo – **cioè un miliardo di franchi all'anno** – è diretto **verso la ricerca energetica**. Se riferito al prodotto interno lordo, questo tasso è il più elevato al mondo, superato solo dal Giappone. I 4/5 di questa somma sono sopportati dall'economia privata. Essa ne consacra però oltre l'80% allo sviluppo dei prodotti e solo meno del 20% alla ricerca vera e propria ed ai lavori di sviluppo preindustriale. Questo significa, in altre parole, che **il settore privato e quello pubblico dedicano alla ricerca all'incirca gli stessi mezzi**.

**Fondi pubblici per la ricerca nel settore privato?** Non è in contraddizione con i principi svizzeri? E' vero che l'industria del nostro paese è stata da sempre un settore indipendente. **A partire dagli anni 80 però**, la ricerca – almeno quella energetica – **è venuta a collaborare sempre più strettamente con i poteri pubblici**. L'economia privata è ormai presente anche quando si tratta di definire la ricerca energetica ufficiale. Il principio secondo cui allo Stato compete l'istruzione e la ricerca fondamentale mentre il settore privato si occupa della ricerca applicata, ha una validità limitata, specialmente in materia di energia. **Il basso costo delle fonti energetiche tradizionali ostacola**, o addirittura impedisce, **l'affermarsi delle nuove tecnologie, in quanto il loro sviluppo è legato ad un rischio finanziario troppo elevato per l'industria privata**.

Anche **il grande interesse che l'opinione pubblica** manifesta per le nuove tecnologie energetiche, specialmente per quelle a basso tasso di inquinamento, sprona la ricerca ufficiale a collaborare strettamente con quella privata. Anche se si vengono in tal modo a creare problemi di ripartizione e di competenze, si deve riconoscere che le possibilità di convertire i risultati teorici nella pratica ne risultano facilitate.

Il filo conduttore della ricerca è ancorato nel **»Concetto a base della ricerca energetica della Confederazione«**. Esso è aggiornato ogni quattro anni dalla Commissione federale per la ricerca energetica (CORE) e sottoposto per approvazione al Consiglio federale. L'attività è coordinata e sorvegliata dall'UFE.

**Le priorità della politica energetica svizzera:** un approvvigionamento sicuro a lungo termine, ecologico ed economicamente sopportabile.



La ricerca nel settore dei **trasporti**: questi veicoli elettrici costruiti in Svizzera, a basso consumo, silenziosi e non inquinanti, potrebbero essere i taxi del futuro. Nel 1996 sono stati utilizzati al salone dell'automobile di Lipsia.



Ricerca nel settore delle **altre biomasse**: nuovi procedimenti applicati nell'impianto di compostaggio «Allmig» di Baar permettono di ottenere un impatto ambientale minimo.

## Glossario della ricerca energetica

**Ricerca energetica:** abbraccia l'elaborazione ed il trasferimento nella pratica delle conoscenze scientifiche, tecniche e economico-sociali atte a coprire il fabbisogno di energia, presente e futuro, in maniera efficace, economica ed ecologica.

**La ricerca energetica dei poteri pubblici** è orientata alla ricerca applicata: i suoi risultati dovrebbero concretizzarsi in prodotti, impianti di trasformazione energetica, migliorie ai procedimenti oggi seguiti, ecc.

La ricerca energetica ha un **carattere interdisciplinare** – essa collega la meccanica e l'elettrotecnica alla chimica, alla fisica, alla tecnologia dei materiali, alla biologia, all'informatica, alle scienze economiche e sociali. La sinergia risultante si ripercuote positivamente sulla ricerca energetica – soprattutto in Svizzera, dove non solo gli stessi istituti, ma spesso anche le stesse persone, si occupano contemporaneamente della ricerca energetica e di altre ricerche.

Una importanza particolare assumono, in questo contesto, **gli impianti pilota e di dimostrazione** in quanto permettono di accelerare il processo di **trasferimento** dei risultati teorici alle applicazioni pratiche.

Negli **impianti pilota**, i sistemi o i procedimenti sono realizzati e sperimentati per la prima volta fuori dei laboratori di ricerca in una scala tecnicamente valida.

**Gli impianti di dimostrazione** rappresentano il passo successivo. Essi sono costruiti in scala 1:1 e permettono di esprimere un giudizio assolutamente tecnico, economico ed ecologico nell'ottica di una possibile realizzazione commerciale.

Infine, anche **l'immissione sul mercato** può coinvolgere alcuni aspetti della ricerca, soprattutto i problemi legati all'**accoglienza** di un prodotto, gli **aspetti ecologici**, la collocazione economica ed i **problemi socio-scientifici**.

Le  
motivazioni  
della ricerca  
pubblica

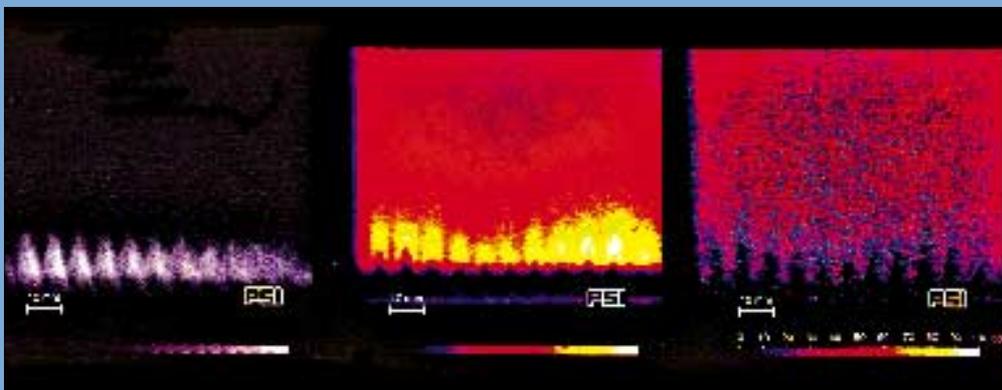
# La strategia della ricerca energetica a breve termine

Grazie al **nuovo orientamento impresso alla politica energetica negli anni 70**, la **ricerca nel settore dell'energia** è divenuta **uno dei pilastri di questa politica**. I seguenti principi ne regolano l'attività.

- Essa deve adattarsi ai postulati politici fissati nell'articolo sull'energia della Costituzione federale. **La Confederazione ed i Cantoni, nei limiti delle loro competenze, si adoperano per un approvvigionamento energetico sufficiente, diversificato e sicuro, economico e compatibile con le esigenze della protezione dell'ambiente, nonché per un consumo parsimonioso e razionale.**
- **Le priorità** di questa ricerca si ispirano **alle prospettive a lungo termine della politica energetica.**
- Occorre tendere ad una **ricerca di alta qualità e ben coordinata**. La sua continuità sarà garantita grazie alla concessione di adeguati mezzi finanziari e di personale.
- La ricerca deve essere svolta e sviluppata **all'interno delle istituzioni esistenti.**
- Nei settori di massima priorità, occorre promuovere **la formazione di gruppi di ricerca ben dotati di mezzi e personale** allo scopo di garantire la continuità dell'alto livello raggiunto.
- **Gli investimenti federali nel settore privato avvengono nel rispetto del principio di sussidiarietà** (cioè dove i mezzi privati si rivelano insufficienti).
- La ricerca deve essere sostenuta da una **visione globale**, specialmente per quanto concerne le relazioni tra tecnica ed ambiente e gli aspetti socio-economici; bisogna promuovere le idee innovative.
- L'efficacia dei mezzi investiti sarà rafforzata grazie alla **collaborazione a livello internazionale.**
- La ricerca ufficiale deve assumere la responsabilità di **formare e perfezionare** il personale tecnico e scientifico, di **trasferire i risultati teorici nella pratica**, nonché di **informare l'opinione pubblica sullo stato dei lavori.**

Su questi principi di politica energetica poggia tutta **la strategia della ricerca a breve termine:**

- Contribuire a **ridurre il consumo di energia grazie ad un buon rendimento all'uso finale, migliorare le tecnologie esistenti, svilupparne nuovi processi** per la produzione, la trasformazione, l'accumulo e la distribuzione dell'energia termica e di quella elettrica. **Sfruttare le energie rinnovabili.**
- Proseguire gli sforzi tesi alla ricerca di nuove **tecniche di combustione e di riscaldamento, pulite ed efficaci**, anche in vista dell'impiego di nuovi agenti energetici su base chimica.
- Proseguire lo **sfruttamento sicuro della fonte elettronucleare**, senza trascurare i lavori nel settore della **fusione nucleare quale opzione a lungo termine** (rinuncia tuttavia alla ricerca nel campo dei reattori autofertilizzanti)
- **Esaminare le correlazioni nella loro integralità** come, ad es., i flussi di materia, l'energia grigia, i problemi del rischio, lo sviluppo durevole.
- **Prendere in considerazione i vincoli sociali ed economici** e l'evoluzione della domanda e dell'offerta nel campo dell'energia.



Ricerca nel settore della **combustione e della carburazione**. Presso l'Istituto Paul Scherrer si è proceduto all'esame, mediante un procedimento laser, della formazione e della ripartizione delle sostanze nocive all'interno di un bruciatore

a gas in commercio, funzionante secondo il principio della premiscelazione. A sinistra, la chemiluminescenza della fiamma, al centro la ripartizione dei radicali OH, a destra il monossido d'azoto.

Principi  
e  
strategie

# Il quadro organizzativo: settori, programmi, progetti ed esperti

All'UFE sono affidati il coordinamento, la sorveglianza e la collaborazione internazionale della ricerca energetica promossa dai poteri pubblici. Nello svolgimento di questi compiti esso è sostenuto dalla Commissione federale per la ricerca energetica (CORE).

**L'UFE ha affidato l'intera attività della ricerca energetica in Svizzera a tre sue »sezioni«:**

- **sfruttamento razionale dell'energia,**
- **energie rinnovabili e**
- **settori particolari.**

Le tre sezioni abbracciano **14 »settori«** quali, ad esempio, »legno« o »energia nucleare«:

- **Ogni settore è diretto da un responsabile.**
- **Un settore può essere suddiviso in subsettori;** così, ad esempio, il settore »trasporti« comprende i subsettori »traffico in generale« e »autoveicoli leggeri«.
- **Un 15° settore »elementi di economia energetica«** non è stato affidato a nessuna delle tre sezioni, in quanto esso **ha il compito di inquadrare l'attività degli altri settori, esclusivamente tecnica, in un contesto economico, sociale e politico.**

L'elenco di tutti i settori e dei subsettori, con gli indirizzi di tutti i loro responsabili e dei direttori dei programmi, è riportato nella penultima pagina di copertina.

**Ogni subsettore comprende un programma di ricerca, con i propri impianti pilota e di dimostrazione, ed un programma di trasferimento e di marketing** (indice di penetrazione di mercato). Nel settore »sfruttamento attivo dell'energia solare«, detti programmi esistono sia per il subsettore »calore solare« che per il subsettore »effetto fotovoltaico«. **A capo di ogni programma vi è un direttore; spesso questo incarico è assunto dallo stesso direttore del settore. Quest'ultimo è assistito, non solo dai direttori dei programmi, ma anche da un gruppo di esperti.** Sulla base del concetto federale in materia di ricerca energetica – e in considerazione dei vincoli politici ed economici – tutti insieme elaborano un **piano dettagliato di esecuzione** per il loro settore. **Il sostegno è allora accordato ad un certo numero di progetti**, il cui sviluppo è in massima parte affidato ad istituti ufficiali di ricerca, quali il PFZ o l'Istituto Paul Scherrer (PSI). L'UFE sostiene anche l'industria, gli uffici di ingegneria e i privati.

**La CORE (Commissione per la ricerca energetica)** è stata creata nel 1986. In essa sono rappresentati l'industria, l'economia energetica, i politecnici, le università e le scuole tecniche, gli organi cantonali dell'energia, il Fondo nazionale, gli organi di promozione dell'economia e il Consiglio svizzero delle scienze. Il mandato dei membri della commissione ha carattere personale. La Commissione **ha il compito di consigliare il Consiglio federale ed il DFTCE in merito alla ricerca sostenuta dalla Confederazione, anche nell'ottica di sue future applicazioni pratiche, e di tracciare quindi le linee direttive della ricerca svizzera.** I risultati principali dell'attività della CORE sono raccolti nel »Concetto della ricerca energetica della Confederazione«, aggiornato ogni quadriennio; con ritmo biennale ha luogo invece la »Conferenza svizzera per la ricerca energetica«.

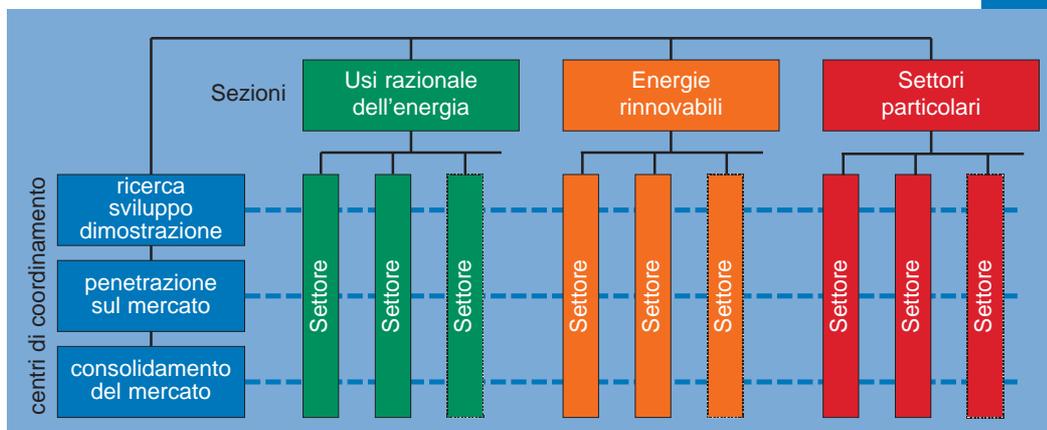
## Glossario del sistema organizzativo

**Coordinamento della ricerca energetica:** sta ad indicare l'impegno dell'UFE di abbracciare tutte le attività di ricerca essenziali (università, economia privata ed altri organismi di ricerca) e di armonizzarne gli sforzi allo scopo di raggiungere la massima efficacia e di evitare le interferenze (sovrapposizioni); insomma, non inventare la ruota una seconda volta. Per raggiungere questi obiettivi, l'UFE impegna le sue conoscenze professionali, i suoi canali di informazione nazionali ed esteri e, infine, i suoi mezzi finanziari.

La **sorveglianza** presuppone che l'UFE, oltre a promuovere i progetti, ne segue gli sviluppi sia studiando le relazioni tecniche stabilite dai progettisti, sia collaborando alle loro realizzazioni pratiche sia, infine, curando i contatti personali con i direttori dei programmi.

**Settori:** le tematiche in cui possono suddividersi tutte le attività di ricerca svizzere, sia pubbliche che private. Un settore coincide quindi con un determinato campo della tecnica o della ricerca energetica come, ad es., »le superfici di tamponamento degli edifici«, »il fotovoltaico«, »il legno«, »la geotermia«, »la fusione nucleare«, »l'accumulo del calore«.

Un **progetto** è un lavoro di ricerca centrato su un tema specifico, in genere limitato nel tempo e circoscritto tecnicamente. Ad es., »Sviluppo di facciate in cui sono integrati sistemi modulari di cellule fotovoltaiche«.



Per poter meglio promuovere il trasferimento dei risultati teorici nella pratica, l'UFE ha modificato nel 1996 l'organizzazione della ricerca. In precedenza, ricerca e sviluppo costituivano un settore indipendente che abbracciava tutti

gli altri: attualmente, ricerca, sviluppo, dimostrazione, commercializzazione e consolidamento del mercato sono comuni a tutti i settori.

Organizzazione della  
promozione  
dell'UFE

# L'edificio: un sistema energetico da razionalizzare

Come in tutti i paesi industriali a clima temperato, **anche in Svizzera il settore degli edifici è il più grande consumatore di energia. Circa la metà dell'energia misurata all'uso finale** serve al riscaldamento, all'approvvigionamento di acqua e di elettricità, alla ventilazione ed al condizionamento degli edifici di abitazione e commerciali. Nel periodo di alta congiuntura tra il 1960 ed il 1975, anche in Svizzera – paese generalmente esigente in termini di qualità – si è costruito senza andare troppo per il sottile e senza preoccuparsi del consumo di energia (l'olio per riscaldamento era così a buon mercato!). Risultato: gli edifici degli anni 60 consumano spesso più energia, sia sotto forma di elettricità che di calore, di quelli costruiti nei periodi precedenti.

Il brusco risveglio si è avuto con la crisi petrolifera del 1973. Grazie agli intensi lavori di ricerca in tutti i settori della costruzione, si sono fatti **progressi notevoli – gli edifici progettati secondo le nuove conoscenze hanno fortemente ridotto il loro fabbisogno energetico (elettricità e calore)**. Questi progressi si ripercuotono però solo molto lentamente sul consumo globale, in quanto le nuove costruzioni rappresentano solo una percentuale molto limitata del patrimonio immobiliare. Gli edifici vengono rinnovati solo dopo decine di anni, e solo ad intervalli più lunghi si procede al loro ammodernamento.

Il problema dell'elevato consumo energetico non può essere risolto con semplici migliorie costruttive e tecniche. E' inoltre importante che i risultati vengano applicati rapidamente e su vasta scala. A questo si oppongono numerosi ostacoli: lavori di ricerca non coordinati, spesso interdipendenti, di cui è difficile avere una visione globale. Proprio al fine di abbattere questi ostacoli e di agevolare la conversione nella pratica, **l'UFE ha lanciato a metà degli anni 80 il programma di ricerca «Impiego razionale dell'energia nell'edilizia»**. Alcuni risultati:

- **Mezzi ausiliari di progettazione:** software **per simulare la circolazione dell'aria nei locali** – elemento fondamentale per la progettazione di impianti di ventilazione e di condizionamento a basso consumo energetico. Concetti per la costruzione e l'esercizio efficiente di scuole ed ospedali.
- Sviluppo di sistemi passivi per il raffreddamento degli uffici in estate; le prove di funzionamento hanno dato risultati soddisfacenti.
- Creazione di un programma standard per **ecobilanci**, completo di bilanci stabiliti **per i materiali da costruzione e gli isolanti termici più importanti**.

Il programma di ricerca UFE **«Architettura solare»** è un **prezioso complemento** ai lavori ora ricordati. Il programma si concentra sulla misurazione di edifici – dalle case unifamiliari alle fabbriche – e sui diversi elementi dell'architettura solare. Da un lato esso ha messo in rilievo alcuni errori iniziali, d'altro lato ha permesso di raccogliere un certo numero di elementi determinanti, inseriti poi in **una banca dati e in programmi di calcolo ad uso dei progettisti**. Si tratta soprattutto di: coefficienti dei vetri per finestre a bassa trasmissione termica, sistemi per lo sfruttamento della luce diurna, sistemi per il riscaldamento dell'aria, materiali coibenti trasparenti, atri, verande-giardino, e balconi-veranda, concetti di energia globale, risanamento degli edifici.

La ricerca ha fatto così un altro passo in direzione degli obiettivi, nel frattempo definiti dalla SIA **«Riduzione del fabbisogno energetico degli edifici»**: le nuove costruzioni dovranno usare in media nel 2000 180 MJ/m<sup>2</sup>.a a scopo di riscaldamento, nel 2020 solo 100 MJ/m<sup>2</sup>.a (valori superiori del 50 % per le vecchie costruzioni, a risanamento termico avvenuto). A titolo di paragone: nel 1970, le nuove costruzioni presentavano valori dell'ordine di 570 MJ/m<sup>2</sup>.a !

## Glossario »edifici«

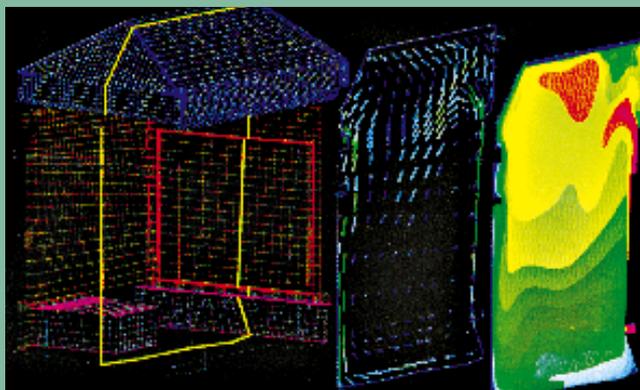
La definizione **edificio** abbraccia le case uni- e plurifamiliari, gli uffici, gli edifici commerciali e le fabbriche.

**Superfici di tamponamento** sono tutte le parti che separano l'interno dell'edificio dall'esterno – atmosfera o terreno. Muri perimetrali, compresi i muri verso l'esterno delle cantine, finestre, porte e tetti. I loro coefficienti di trasmissione termica determinano in larga misura la quantità di calore ceduta all'esterno.

**L'isolante trasparente** è un materiale coibente che lascia passare la luce. Esso permette che i raggi solari raggiungano le pareti esterne, ma ne impedisce le perdite per irraggiamento.

**Architettura solare:** essa si propone, grazie a forma, disposizione e grandezza delle superfici vetrate, disposizione dei locali e distribuzione delle masse di accumulo termico, di integrare la luce ed il calore solare nei progetti. Il fabbisogno dell'energia non rinnovabili dovrebbe pertanto ridursi in maniera drastica, pur evitando il riscaldamento eccessivo degli ambienti durante i mesi estivi. Si distingue **lo sfruttamento diretto** dell'energia solare (riscaldamento e illuminazione tramite i raggi che penetrano all'interno attraverso le finestre), da quello indiretto tramite pannelli esterni (destinati a riscaldare l'aria o l'acqua). **I sistemi integrati** coordinano le singole misure allo scopo di ridurre il fabbisogno energetico al minimo.

**L'ecoedilizia** si occupa di tutti gli aspetti rispettosa dell'ambiente. Gli ecobilanci dovrebbero permettere di determinare la compatibilità ambientale dei materiali da costruzione. **L'ecobilancio** si compone del **bilancio delle sostanze dannose** (sintesi di tutti i carichi ambientali) e del **bilancio energetico** (somma del consumo di energia che si accompagna ad ogni fase di fabbricazione del materiale, fino al trasporto ed alla sua eliminazione). Gli ecobilanci, anche se non devono essere considerati come una base semplificata di giudizio, si prestano però bene a mettere in evidenza i punti deboli di prodotti e procedimenti ed a for-



Il risultato di alcuni progetti di ricerca è stato un metodo per il calcolo del flusso dell'aria e della ripartizione delle temperature anche in condizioni complesse, ad es., grandi atri di edifici amministrativi (destinati a sfruttare la luce diurna). A sinistra, un atrio a Zugo. A

destra, il modello di calcolo, con accanto (per il profilo indicato in giallo), il flusso dell'aria e la ripartizione delle temperature in inverno (rosso = caldo, verde = freddo).

Il programma di ricerca 1996/99 dovrebbe **creare le premesse tecniche**. Per meglio tener conto – nel senso di uno sfruttamento razionale dell'energia – delle molteplici interconnessioni tra i diversi settori parziali del sistema energetico «edificio», l'UFE ha raccolto in un unico **»Programma principale edifici«** i tre settori **»Sistemi e superfici di tamponamento degli edifici«**, **»Impiantistica RVC«** e **»Architettura solare e sfruttamento della luce diurna«**. I piani di esecuzione tendono verso otto obiettivi: in confronto al 1990, la riduzione dell'energia all'uso finale per la produzione di acqua calda, riscaldamento, condizionamento ed elettricità dovrebbe situarsi entro il 2000 intorno al 10 – 25%, la percentuale varia in funzione della destinazione dell'edificio (abitazione o uffici) e del tipo di costruzione (edificio ristrutturato o nuovo). Per il 2010 si prevedono riduzioni supplementari della stessa entità. **Il peso maggiore sarà dato dal risanamento energetico degli edifici esistenti** – risanamento che dovrebbe sostituire l'attuale strategia delle riparazioni – nel rispetto dei vincoli ecologici e in vista di un maggior sfruttamento delle energie rinnovabili. Per raggiungere gli obiettivi, ai lavori R+S del **»Programma principale edifici«** sono stati attribuiti le seguenti **priorità**:

- Sviluppi nel settore dei **»Sistemi e superfici di tamponamento degli edifici«**: **strumenti ausiliari semplici per l'ottimizzazione energetica** di soluzioni globali, nel rispetto dell'ecoedilizia; **nuovi materiali isolanti** di facile lavorazione e montaggio che, per spessori dell'ordine 5 – 8 cm, presentano coefficienti  $k$  compresi tra 0,20 e 0,25 W/m<sup>2</sup>K; finestre con migliore bilancio energetico e sistemi di ristrutturazione; procedimenti semplici per il controllo della qualità energetica.
- Sviluppi nel settore dell'**impiantistica**: elementi di **giudizio a livello ecologico**, anche con riferimento allo smantellamento; **soluzioni standard per il risanamento** di vecchi impianti di riscaldamento (grazie all'impiego di nuove tecniche, quali le pompe di calore, e l'accoppiamento termo-energetico); sviluppo di **caldaie ad olio** di potenza inferiore a 70 kW **con almeno il 95% di rendimento nell'arco dell'anno**; bruciatori a gas e ad olio con consumo di energia elettrica ridotto del 50%; coibentazione termica di massima efficacia (operando, ad es., sotto vuoto) per gli impianti di riscaldamento; **ventilazione degli ambienti con regolazione** in funzione della qualità dell'aria.
- Sviluppi nel settore dell'**architettura solare** e dello **sfruttamento della luce diurna**: catalogo di soluzioni già applicate, specialmente agli edifici a basso consumo energetico, che sfruttano intensamente l'irradiazione solare come sorgente di illuminazione e di calore (sfruttamento diretto o tramite sistemi solari di ventilazione); sistemi modulari a base di **isolanti trasparenti**, comprendenti anche la protezione contro il surriscaldamento; programmi di calcolo e manuali per i progettisti di sistemi a luce naturale.

I mezzi previsti nel programma 1988 per il finanziamento degli impianti P+D erano troppo modesti per poter affermare che il **trasferimento** dei risultati della ricerca sia stato un successo. Nonostante ciò, il progetto **»Circolazione dell'aria all'interno degli edifici«** ha dato un forte impulso a tutto il settore della ventilazione. Il programma 1996/99 prevede il risanamento modello di edifici commerciali e d'abitazione particolarmente complessi, a cui si aggiunge lo svolgimento di campagne d'informazione. Per queste ultime bisogna trovare migliori canali di diffusione perchè gli architetti ed i datori dei lavori non sono spesso al corrente dei progressi realizzati nel settore – a causa anche delle relazioni tecniche in circolazione, troppo numerose e non sempre di agevole comprensione.

nire alle autorità alcuni criteri ausiliari di decisione.

Per **»sfruttamento della luce diurna«** si intende l'illuminazione di locali interni con la luce del giorno. Gli obiettivi sono l'economia di luce artificiale e l'aumento della sensazione di benessere, con particolare riferimento agli uffici di grandi dimensioni. La luce diurna viene captata grazie ad una idonea disposizione delle superfici vetrate (finestre in alto, ad es.), atri (cortili a lucernario), riflettori, specchi, o pozzi.

Per **sistemi di edifici** si intende l'interazione tra involucro dell'edificio, parte interna ed impiantistica, interazione che determina il fabbisogno energetico.

L'**impiantistica** è un concetto globale che abbraccia tutte le installazioni tecniche di un edificio: impianti elettrici, idraulici e sanitari, riscaldamento, ventilazione e condizionamento (RVC), sistemi di comunicazione a larga banda per la regolazione ed il comando degli altri impianti).

La qualità tecnico-energetica di un edificio o degli impianti tecnici è espressa dall'**indice energetico**, o **consumo specifico**. Il suo valore medio nel 1970 era pari a 570 Megajoule per m<sup>2</sup> ed anno (MJ/m<sup>2</sup>a) per il riscaldamento e pari a 200 MJ/m<sup>2</sup>a per l'elettricità. Per gli edifici costruiti secondo le ultime conoscenze, i valori sono molto più bassi (150 MJ/m<sup>2</sup>a per il riscaldamento e 30 MJ/m<sup>2</sup>a per l'elettricità). L'indice energetico può essere ancora dimezzato entro il 2020.

Il **raffreddamento** durante i mesi estivi è sempre più richiesto, specialmente per gli edifici amministrativi. Poichè i normali impianti di condizionamento assorbono molta elettricità, diventa sempre più importante il cosiddetto **raffreddamento passivo**: apposite tubazioni posate nel terreno o nei soffitti vengono fatte percorrere dall'aria notturna, dall'aria raffreddata all'interno di condotte sotterranee, o da acqua di falda o di lago. L'energia necessaria è solo quella di pompaggio.

Settori

**Sistemi e superfici di tamponamento degli edifici**

**Impiantistica RVC**

**Architettura solare e sfruttamento della luce diurna**



Grazie all'impiego delle ultime conoscenze, questo blocco abitativo di Plan des Ouates, scelto come progetto di dimostrazione, presenta un indice energetico pari a 250 MJ/m<sup>2</sup>a, un terzo del valore riscontrabile nelle costruzioni classiche.

Anche l'architettura tradizionale ricorre all'impiego di elementi costruttivi economici in termini di energia – questa casa di Gonten accumula il calore fornito dai pannelli in solette massicce di calcestruzzo.

# Impianti ed apparecchi elettrici a basso consumo

Nei **televisori e computer** di vecchio modello lo **spreco di energia** è palpabile: anche in posizione »stand-by«, essi cedono calore all'ambiente circostante. Anche molti tipi di **pompe di riscaldamento** assorbono quantitativi notevoli di energia. Presi singolarmente, questi sprechi non sono certo impressionanti; tuttavia, considerato il numero elevato di apparecchi in servizio, **l'energia globale dispersa in questo modo raggiunge cifre notevolissime**. Si aggiunga che **il rendimento alla produzione può essere migliorato** e che **le perdite insite nelle reti di distribuzione possono essere ridotte**.

Anche se la ricerca e lo sviluppo (R+S) in materia di produzione e di distribuzione sono da sempre compito dei produttori e degli esercenti, l'UFE si è sentito in dovere, già dagli anni 80, di **incentivare la ricerca volta a ridurre il fabbisogno energetico di impianti ed apparecchi elettrici**. Il programma di ricerca lanciato nel 1990 ha portato i suoi frutti – due esempi fra tanti:

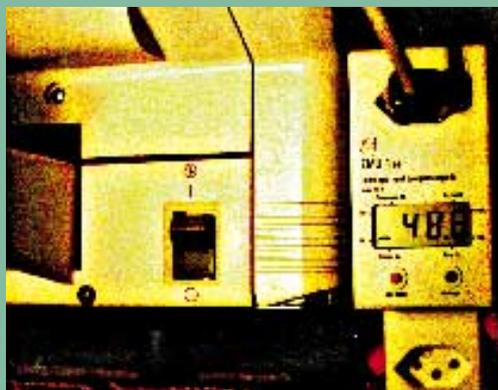
- Sono stati elaborati un certo numero di principi e di proposte per la **riduzione delle perdite** degli apparecchi elettronici, sia d'ufficio che ricreativi, **in posizione »stand-by«**.
- Il prototipo di **una piccola pompa di circolazione con rendimento triplo di una pompa classica**.

Il programma 1996/99 propone altri temi sui quali **la ricerca dovrebbe concentrarsi** per sfruttare il potenziale di miglioramento ancora disponibile.

- I trasformatori ed i cavi di **materiale superconduttore ad alta temperatura** per la trasmissione di energia elettrica senza perdite. Queste ceramiche, scoperte in Svizzera nel 1986, sono l'oggetto di ricerche in tutto il mondo poichè – con spese di raffreddamento contenute – non hanno resistenza elettrica e, di conseguenza, non hanno perdite (sotto forma di calore) che ad una tale resistenza si accompagnano. Resta il problema di costruire fili e nastri a partire da questo **materiale friabile**.
- Nel 1990, uno studio ha messo in evidenza che i motori asincroni trifasi di potenza inferiore a 22 kW, largamente diffusi nell'industria e nell'artigianato, sono caratterizzati da perdite elevate. Anche i sistemi motori – convertitori, motori elettrici, comandi, ingranaggi ed impianti da alimentare – non sono certo costruiti all'insegna del minimo consumo. Il **»motore integrale«** – in cui sono incorporati il convertitore di frequenza (per una regolazione del numero di giri a bassa perdita) e il dispositivo di comando – permette di migliorare sensibilmente la situazione.
- Nelle **reti EED**, il **»Power-Management«** – un sistema di gestione automatico di computer e reti orientato sulla domanda – permetterebbe di economizzare energia (ad es., disinserimento automatico di notte e durante i fine-settimana).
- Si dovrebbe incrementare il **»Demand-Side«** o **gestione della domanda**, cioè l'azione mirata all'indirizzamento degli utenti dell'energia per ottenere uno sfruttamento razionale della stessa.

Altri programmi – quali le piccole centrali idroelettriche, il fotovoltaico e l'energia eolica – comprendono progetti per la produzione di corrente facendo ricorso alle energie rinnovabili.

R+S sulle perdite degli apparecchi d'ufficio e dell'elettronica ricreativa in posiz. stand-by (i divinatori nascosti di energia) hanno avuto reazioni a livello nazionale e internazionale: la Svizzera è stata il primo paese ad aver introdotto valori limiti per dette perdite; costruttori esteri hanno immesso sul mercato apparecchi caratterizzati da perdite estremamente ridotte. Le ricerche in corso dovrebbero **provocare effetti ugualmente significativi**.



Questa copiatrice assorbe, quando disinserita (ved. interruttore a sinistra) quasi 50 W in posiz. stand-by. Apparecchi di questo genere, dopo essere stati »messi a nudo« dai programmi UFE, sono stati migliorati dai costruttori.



Questo motore elettrico da 3 kW è considerato una unità motrice completa – grazie all'integrazione del convertitore di frequenza (a sinistra) per la variazione di giri, e all'apparecchio di comando.

## Glossario dell'elettricità

La corrente alternata prodotta nelle **centrali** (ad es., idroelettriche) è portata a tensione più elevata mediante trasformatori per essere poi trasportata mediante **condutture** ad alta tensione fino alle **stazioni di distribuzione** (l'alta tensione è necessaria per ridurre le perdite di trasporto). Dopo la riduzione della tensione, l'energia elettrica è erogata **agli utenti** tramite **la rete di distribuzione**.

Le linee di trasmissione e di distribuzione, le stazioni di trasformazione e di distribuzione formano insieme **la rete dell'energia elettrica**. L'allacciamento di più reti prende il nome di **interconnessione**. Esso ha lo scopo di garantire la fornitura di corrente anche se viene a mancare l'energia prodotta da una delle centrali interconnesse.

Per ridurre **le perdite lungo le linee**, dovute alla resistenza che i conduttori presentano al passaggio della corrente, si stanno studiando cavi di materiale che diventa **superconduttore ad alta temperatura**. Se portati a temperature di poco inferiori a  $-150^{\circ}\text{C}$  (azoto liquido), la loro resistenza si annulla.

Le piccole **centrali periferiche**, ad es. piccole centrali idroelettriche o gli impianti fotovoltaici, sono in grado di immettere energia nella rete pubblica ma, a causa della irregolarità della loro produzione, non possono essere considerate una fonte sicura di approvvigionamento.

Le **centrali ad accumulazione** servono a coprire le forti punte che si presentano nella richiesta di energia; le variazioni meno accentuate della domanda possono essere coperte da piccoli impianti d'accumulo, quali gli accumulatori o i generatori a volano.

Anche gli **apparecchi di utilizzazione** presentano perdite, dovute sia alla resistenza dei conduttori, sia a difetti di costruzione.

Il **rendimento** è il rapporto tra la potenza ceduta e quella immessa, il **grado di utilizzazione** è il rapporto tra l'energia fornita e quella assorbita; in pratica non si fa distinzione tra le due definizioni.

Settore  
Elettricità,  
appa-  
recchiature

# Sfruttamento del calore ambiente e del calore perduto

Il calore a bassa temperatura per il riscaldamento degli ambienti, la produzione dell'acqua calda ed i processi industriali rappresentano in Svizzera oltre la metà della richiesta globale di energia, misurata all'uso finale. Quasi tutti gli **impianti di riscaldamento bruciano olio o gas** con un **rendimento – riferito all'energia contenuta nel combustibile o all'energia finale** – dell'ordine dell'80% (impianti di vecchio modello) e quasi del 100% per gli impianti più moderni. Il risparmio energetico esige quindi impianti con un rendimento migliore. Se per l'alimentazione di questi impianti si ricorre poi alle energie rinnovabili – ad es., il calore ambiente – ne trarrà beneficio l'ambiente stesso.

**Le pompe di calore e la cogenerazione hanno un rendimento energetico elevato.** Solo dopo le crisi petrolifere del 1973 e del 1979 ci si è resi effettivamente conto del potenziale da loro offerto per il riscaldamento dei locali. Nello stesso tempo si è riconosciuta la necessità di potenziare la ricerca e lo sviluppo (R+S) al fine di realizzare impianti di riscaldamento in grado di funzionare economicamente anche in inverno. Si è assistito quindi, sia in Svizzera che all'estero, ad un incremento dei lavori in questo settore. A fine 1995, **i risultati di questi sforzi** potevano riassumersi come segue:

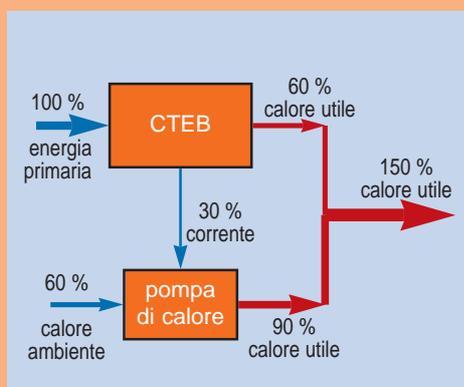
- Sono molto migliorate le conoscenze per il dimensionamento ottimale delle sonde geotermiche.
- I fluidi** a effetto serra ridotto o nullo stanno sostituendo i tradizionali fluoruri vinilici. Questo necessita però l'adattamento dei componenti dell'impianto e del processo di lavorazione.
- Pompe di calore elettriche:** prove con compressori a giri variabili per adattare la potenza di riscaldamento ai bisogni effettivi e risparmiare energia; sviluppo di una piccola pompa di calore in cui l'aria funge da fonte di calore, destinata a sostituire il riscaldamento elettrico ad accumulazione.
- Idoneità di **un nuovo tipo di pompa di calore ad assorbimento** con un **grado di utilizzazione del 140%** (senza motore o compressore); invenzione svizzera.
- La combinazione di centrali termoelettriche a blocco (CTEB) con pompe di calore (alimentate dalla corrente prodotta dalle prime) presenta una **utilizzazione dell'ordine del 200% dell'energia all'uso finale**. Prove di **CTEB alimentata a legna, a diesel con dinitrazione dei gas di scarico e di piccole CTEB** (per la produzione decentralizzata di corrente fino ad ora nè ecologici nè economici).

**La R+S necessaria per altri lavori**, aventi come obiettivo principale nel periodo 1996/99:

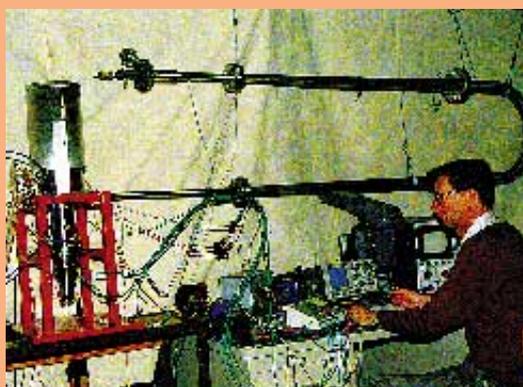
- Lo sviluppo di **pompe di calore** affidabili ed **economicamente interessanti** anche per temperature di mandata elevate, quali sono necessarie per i vecchi edifici.
- Esame e collaudo di **pile a combustibile CTB** in quanto impianti R+S (ved. pag. 18).
- Ottimizzazione dei sistemi**, cioè miglioramento dello sfruttamento energetico e della sicurezza di esercizio degli impianti di riscaldamento, quali la combinazione CCTE e di pompe di calore oppure le nuove pompe di calore ad assorbimento allacciate ad una caldaia a gas.

I mezzi a disposizione, specialmente i mezzi per la promozione degli impianti R+S, sono piuttosto limitati; la selezione dei progetti da sostenere deve essere molto rigorosa.

Che il **trasferimento nella pratica** sia stato un successo lo dimostrano le oltre 47'000 pompe di calore in funzione nel nostro paese a fine 1995. Altri progressi sono segnalati in continuazione nel quadro di **giornate informative, corsi e pubblicazioni**. Si cerca di interessare i partner industriali ad una partecipazione più attiva alla R+S.



Quando la corrente prodotta da una centrale termoelettrica a blocco (CTEB) alimenta anche una pompa di calore, dal 100% di energia primaria si ricava oltre il 150% di calore utile.



Questa pompa di calore sfrutta il principio Stirling. Elemento centrale è un tubo a risonanza lungo 5 m, nel quale un gas oscillante trasmette l'energia del motore Stirling alla pompa di calore dallo stesso nome.

## Glossario dell'energia termica

**Calore ambiente:** è il calore contenuto nell'aria, nel terreno, nei corsi d'acqua e nei laghi; esso è considerato una energia rinnovabile

**Calore perduto:** è il calore che si sviluppa nel corso dei processi industriali e che viene ceduto all'ambiente circostante senza essere utilizzato; ad es., il calore contenuto nell'aria espulsa dagli edifici oppure quello sottratto ai motori dall'acqua di raffreddamento.

In genere, il calore ambiente e quello perduto sono disponibili ad una **temperatura troppo bassa** per poter essere utilizzati direttamente per il riscaldamento, la produzione di acqua calda o per i processi industriali.

L'utilizzazione di questo calore è tuttavia resa possibile dalle **pompe di calore** le quali possono aumentarne la temperatura, anche se entro certi limiti (ad es., l'acqua di una falda freatica da 10 °C a 40 °C, temperatura idonea per il riscaldamento attraverso il pavimento). Le pompe a calore forniscono più energia di quella necessaria al loro funzionamento.

Al loro interno, il calore ambiente o quello disperso viene utilizzato per l'evaporazione di un **fluido termovettore** (ammoniaca, ad es.). La susseguente compressione del vapore ne aumenta la temperatura. Nel corso della fase successiva, fase detta di condensazione, il fluido cede calore utile al circuito di riscaldamento. La compressione avviene in genere tramite un compressore. Se quest'ultimo è mosso da un motore elettrico, si parla di pompa termoelettrica; se si tratta di un motore a combustione interna, si parla di pompa di calore a motore.

Si parla di **cogenerazione** oppure accoppiamento termo-energetico (ATE) quando il calore disperso proviene da una macchina. Nelle **centrali termoelettriche a blocco (CTEB)**, un motore a combustione interna muove un generatore di corrente: contemporaneamente, si sfrutta il calore dell'impianto di raffreddamento e del gas di scappamento per il riscaldamento dei locali.

Settore  
calore  
ambiente,  
cogenerazione

# I pannelli solari per l'acqua calda ed il riscaldamento

Gli elementi dell'architettura solare (ved. pag. 4/5) sfruttano l'energia solare grazie alla loro configurazione: le finestre, ad es., lasciano passare i raggi solari ma impediscono l'irraggiamento del calore verso l'esterno. Siccome non esistono parti in movimento, si parla anche di sfruttamento passivo dell'energia solare. Per contro, nei circuiti dei pannelli – che gli architetti montano sui tetti – il fluido vettore è mosso da **elementi »attivi«, quali pompe e valvole.**

In Svizzera, lo sfruttamento »attivo« dell'energia solare ha cominciato a diffondersi con la crisi petrolifera del 1973. Alcune imprese di piccola e media grandezza hanno immesso sul mercato in un primo tempo semplici pannelli piani e in seguito interi sistemi solari. La loro diffusione è stata, ed è ancora oggi, agevolata dall'aiuto cantonale agli investimenti. Anche il trasferimento dei risultati delle R+S promosse con i mezzi pubblici ha contribuito alla messa a punto di impianti solari per la produzione di acqua calda e per la fornitura, parziale o totale, dell'energia di riscaldamento. Con oltre 500'000 m<sup>2</sup> di superficie installata – di cui circa la metà per la ventilazione del fieno nelle fattorie agricole – **la Svizzera dispone di una delle più alte densità di pannelli per abitante.** L'istituto tecnico intercantonale di Rapperswil ospita un centro internazionale di prova dei pannelli, unico nel suo genere. I progettisti possono disporre di programmi computerizzati di dimensionamento.

Perché continuare le ricerche? Perché **lo sfruttamento attivo dell'energia solare è molto importante in vista della sostituzione dell'olio per riscaldamento e, quindi, della lotta all'inquinamento atmosferico** (1 m<sup>2</sup> installato di pannello piano produce in un anno oltre 350 kWh, l'equivalente cioè di 45 litri di olio per riscaldamento). Altri buoni motivi: anche gli impianti migliori offrono possibilità di perfezionamento; i loro **costi devono essere ridotti** se vogliamo che raggiungano la diffusione auspicata.

La riduzione dei costi di produzione del calore e la garanzia della qualità sono pertanto gli obiettivi principali del programma di ricerca UFE per il periodo 1996/99:

- **Pannelli sotto vetro e loro componenti** – assorbitori, vetri di copertura, isolanti, raccordi, pompe solari: **nuovi concetti e nuovi materiali** devono contribuire a migliorarne il rendimento ed a diminuirne i costi di produzione.
- **Pannelli non coperti**, ad es., in acciaio inossidabile: si adattano bene ad essere **integrati nei tetti o nelle facciate**, ma necessitano di ulteriori studi per diventare dei sistemi perfettamente funzionali.
- I sistemi pannelli devono potersi **adattare meglio ad una installazione integrata**; ad es., sotto forma di elementi architettonici delle facciate.
- Definizione e sviluppo di un **sistema compatto e normalizzato per la produzione di acqua calda negli immobili di appartamenti.**
- Le ricerche su un prototipo dovrebbero dimostrare la possibilità di realizzare **una piccola centrale solare da 10 – 15 kW** (potenza elettrica) a struttura tubolare, completa di una speciale turbina a vapore, da destinare alle regioni di montagna.

Al fine di promuovere il **trasferimento tecnologico** – oltre all'organizzazione di corsi, conferenze, seminari, pubblicazioni di divulgazione capillare – si dovrebbero presentare ai committenti d'opera sistemi attivi R+S, semplici ed economici, per la produzione di acqua calda e per il riscaldamento.



Presso la scuola tecnica intercantonale di Rapperswil funziona dal 1990 un servizio di prova e di ricerca per pannelli solari. La figura mostra l'impianto di prova all'aperto, completo di un sistema automatico di misurazione.

Nuovo tipo di tetto solare con assorbitori di acciaio inossidabile e senza copertura vetrata: il rendimento è inferiore di 1/3 dei pannelli vetrati, ma il costo è molto più basso.

## Glossario: pannelli

L'irraggiamento solare ha una densità energetica molto bassa – nell'Europa centrale arriva in media a 0,1 kW/m<sup>2</sup> (alle pareti dei bruciatori a gas o ad olio si misurano circa 500 kW/m<sup>2</sup>). Occorrono quindi grandi superfici per raccogliere energia in quantità sufficiente. La superficie, ed il costo, dipende anche dal rendimento dei pannelli (o collettori). Questi **elementi** sono perciò **fondamentali** per lo sfruttamento attivo dell'energia solare.

Una superficie assorbente, **l'assorbitore**, raccoglie l'irraggiamento solare e lo cede sotto forma di calore ad un fluido vettore (gas o liquido) che lo trasporta all'utenza. Le forme costruttive dei pannelli si possono ripartire in funzione dell'impiego o delle temperature da raggiungere. Le forme più diffuse in Svizzera:

□ **Pannelli piani** (per acqua calda e riscaldamento) hanno come assorbitore una lastra di metallo o di plastica di colore scuro. Da fluido vettore può fungere l'aria o l'acqua mescolata ad un antigelo (noto come Sole). Nei pannelli a copertura vetrata, il vetro trattiene in larga misura le radiazioni emesse dalla piastra assorbente. **Rendimenti dell'ordine del 35 %, temperatura del fluido vettore fino a 150 °C.** I pannelli scoperti raggiungono temperature intorno a 60 °C ma sono molto meno costosi perchè mancano della copertura trasparente e del sistema di impermeabilizzazione.

□ Nei **pannelli tubolari o sottovuoto**, l'assorbitore è circondato da un tubo di vetro sotto vuoto il quale riduce fortemente le perdite termiche. Con rendimenti superiori al 50 % e, temperature fino a 250 °C, questi pannelli sono idonei a fornire energia termica per i processi industriali e per la produzione di vapore. Il loro costo è tuttavia elevato. Un sistema pannelli comprende il pannello, la struttura portante ed i raccordi per le tubazioni. Se integrato al tetto o alla facciata, esso può sostituire la normale copertura architettonica.

Subsettore

Calore  
solare

Pagina 8

# L'elettricità dai tetti e dalle facciate

Il fotovoltaico (FV) ha caratteristiche interessanti: una piastrina di semiconduttori, esposta alla luce del sole, produce corrente elettrica senza rumore, senza parti in movimento e senza emissioni. Impianti e moduli basati su questo principio sono sul mercato dagli anni 70. **Il fotovoltaico è interessante per la Svizzera in quanto fonte di energia elettrica, ma anche perchè rappresenta una tecnica da esportare.** Per questi motivi, la ricerca nel settore è stata sostenuta già a partire dagli anni 70. I risultati più importanti dei lavori R+S fino a metà degli anni 90:

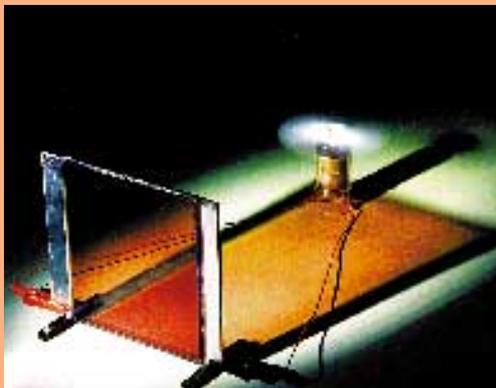
- La ricerca e l'industria dispongono di **vaste conoscenze in materia di progettazione, di costruzione e di componenti di impianti FV** – conoscenze che si ritrovano non solo nel prodotto finito – ma anche in programmi per il dimensionamento e la simulazione di impianti FV ed in banche dati che riuniscono i moduli più correnti.
- Un **lavoro d'avanguardia è stato fatto nello sviluppo dei singoli componenti** – convertitori, tecniche di connessione e di ancoraggio dei moduli
- La Svizzera è **all'avanguardia anche per quanto concerne l'integrazione dei moduli nella costruzione edile** (motivo: penuria di terreno disponibile): tegole solari, elementi FV per facciate, sono invenzioni svizzere già disponibili come prodotti finiti.
- Grazie alla ricerca fondamentale sui **nuovi materiali FV e sulle nuove tecnologie modulari**, i ricercatori svizzeri non hanno perso il contatto con i paesi più avanzati,

Con migliaia di impianti – da qualche Watt fino ai 500 kW della centrale FV di Mont Soleil – e con una potenza globale installata superiore a 8 MW, **la Svizzera dispone della più alta densità di celle FV per abitante al mondo.** Le stime più recenti valutano a 100 – 200 km<sup>2</sup> la superficie di copertura (tetti) ed a 45 – 75 km<sup>2</sup> le facciate propizie al FV (cioè orientate prevalentemente a sud). Facendo ricorso alle celle fotovoltaiche attualmente disponibili, la potenza di picco installabile sarebbe pari a 15'000 – 27'000 MW, tale cioè da coprire una quota importante del fabbisogno svizzero di energia elettrica.

Il lato negativo di questa tecnologia è **l'alto costo.** Un kWh di energia elettrica prodotta con il FV viene a costare attualmente, nel caso più favorevole, circa 90 centesimi ( 5 centesimi per l'energia idroelettrica e 10 – 15 centesimi per l'energia elettronucleare). **Le ricerche tendono quindi ad abbattere i prezzi** ricorrendo a tecnologie di fabbricazione o a celle più economiche, a sistemi più competitivi, oppure aumentando il rendimento. Questi sono anche gli obiettivi della ricerca svizzera per il 1996/99:

- **Ricerca** e sviluppo nel settore dei materiali, celle a struttura sottilissima di silicio, celle composite (celle tandem) in cui due celle di materiale caratterizzato da sensibilità spettrale diversa (una nel rosso, l'altra nel violetto, ad es.) sono sovrapposte in modo da aumentare il rendimento globale, **nuove tecnologie di fabbricazione.**
- Sistemi e prodotti per essere **integrati nella costruzione.**
- Ulteriore **semplificazione della tecnica dei sistemi.**

**Obiettivo principale di promozione della ricerca nel FV e nello stesso tempo criterio selettivo,** è stato il passaggio dalla teoria alle applicazioni pratiche (transfer). I moduli, gli ondulatori e le nuove soluzioni per l'integrazione architettonica sono sviluppati in collaborazione con l'industria. Il transfer è agevolato da mezzi ausiliari di progettazione e dalla letteratura di riferimento. Gli impianti R+S servono anche da mezzi didattici (dall'elettricista alla scuola universitaria).



Nuovi tipi di celle solari a struttura cristallina a grana »nano« del PFL: l'elemento fotoconvertitore è un colorante organico. Le celle sono ancora in fase di studio; l'esame verte soprattutto sulla loro stabilità nel tempo.



Questa piastra trasparente, in cui sono incorporate le celle fotovoltaiche, si presta per essere integrata nel tetto lasciando passare contemporaneamente la luce del giorno.

## Glossario del fotovoltaico

Per **fotovoltaico** (FV) si intende la tecnica che è alla base delle celle solari a semiconduttori. Due semiconduttori di conducibilità differente sono separati da uno strato intermedio. La luce del sole libera da questo strato delle cariche elettriche: nasce così una differenza di tensione continua che, per la maggioranza dei materiali, è dell'ordine di 0,5 V. La cella solare si ottiene dotando le due superfici esterne di contatti elettrici.

Il silicio è il **semiconduttore più idoneo.** In casi speciali si ricorre all'arseniuro di gallio o a composti del cadmio.

Le celle solari in commercio si compongono prevalentemente di silicio cristallino o amorfo. Le strutture monocristalline presentano il rendimento più elevato (circa il 15 %): una cella solare standard (100 cm<sup>2</sup> di superficie) fornisce, in estate ed in pieno sole meridiano, una potenza pari a 1,5 Wp (potenza di picco). Le strutture policristalline raggiungono un rendimento del 12 %, le strutture amorphe un rendimento del 6 % (questo valore si riduce, per **degradazione**, nel corso dei primi mesi di esercizio).

Le nuove tendenze sono i film di silicio cristallino oppure le **strutture cristalline a grana »nano« fotosensibilizzate** mediante coloranti (i coloranti convertono la luce del sole in elettricità).

Un **modulo FV** si ottiene dalla connessione e dall'incapsulamento (resistente alle intemperie) di più celle solari; più moduli costituiscono un campo FV. Un tale campo, completo delle apparecchiature ausiliarie necessarie, costituisce a sua volta un impianto fotovoltaico.

Gli **impianti FV** possono essere eserciti **svincolati dalla rete pubblica** o **allacciati alla stessa** (immissione nella rete). L'immissione nella rete necessita un **ondulatore** per convertire la corrente continua delle celle in corrente alternata.

Gli impianti FV possono essere installati all'aperto (sui tetti o al suolo) oppure **integrati nella struttura della costruzione** (i moduli costituiscono la superficie esterna del tetto o della facciata).

Subsettore

Fotovoltaico

# Più energia, e più pulita, da legna ed altre biomasse

Con l'energia contenuta nella biomassa prodotta annualmente in Svizzera si potrebbe coprire gran parte del fabbisogno energetico. La legna è impiegata da sempre nelle regioni rurali come combustibile per riscaldamento; solo recentemente ha trovato applicazione anche nelle stufe degli appartamenti cittadini. La legna da ardere rappresenta – con i suoi 2,2 milioni di m<sup>3</sup> – solo un terzo del consumo svizzero (un terzo serve alla fabbricazione della carta ed un altro terzo trova impiego nelle costruzioni e nei mobili-fici). **Si potrebbe raddoppiare o addirittura triplicare il quantitativo di legna da ardere senza incidere sul patrimonio forestale.**

**La biomassa è una energia indigena e rinnovabile: interessante sia perchè permette di assicurare l'approvvigionamento energetico, sia perchè è una fonte non inquinante.** Per detti motivi, i poteri pubblici promuovono e coordinano R+S in questo settore in vista di un più intenso sfruttamento (anche attraverso una compressione dei prezzi). L'UFE ha suddiviso la ricerca in due parti:

Nel settore della «legna» – termine generico che comprende la legna dei boschi, i residui di lavorazione del legno e la legna di recupero – la ricerca ha realizzato progressi notevoli; grazie anche al rapido trasferimento delle conoscenze teoriche nella pratica, **sono oggi disponibili impianti di combustione con un buon rendimento ed a basso inquinamento ambientale**, dai camini ad aria calda alle centrali modulari alimentate con i residui del legno (a fine 1995 si contavano in Svizzera 620'000 stufe e fornelli a legna, 4500 impianti di combustione automatici e 26 impianti alimentati con legna di recupero). Nel periodo 1996/99, **la ricerca si è quindi limitata a singoli aspetti:**

- **I piccoli impianti alimentati manualmente dovranno essere meglio adattati ai bisogni delle abitazioni a basso consumo energetico** – potenza termica ridotta e maggior durata d'esercizio.
- **Negli impianti a funzionamento automatico primario è abbattere ulteriormente l'emissione delle sostanze nocive:** focolari a combustione integrale; misure per la riduzione degli ossidi di azoto; ritenuta delle particelle di fuliggine.

Grazie ai successi registrati, anche la R+S nel campo delle «altre biomasse» è stata limitata ad aspetti specifici (nessuna ricerca sui rifiuti organici e sulle acque di scarico provenienti dagli impianti di depurazione, dall'incenerimento dei rifiuti e dalle discariche):

- **Sviluppo ed ottimizzazione degli impianti di biogas e di gassificazione** destinati ad accogliere i rifiuti agricoli, comunali ed industriali.
- **Proseguimento delle prove di combustione dell'erba »energetica« o della »canna di Cina«,** anche per risolvere i problemi di aderenza della cenere (nel focolare) e dei depositi (nelle caldaie).
- **Adattamento dei motori ai biocarburanti non trattati** (ad es., olio di colza), ma anche **adattamento dei carburanti ai motori** (ad es., trasformazione del biogas in un gas combustibile ad alto tenore di metano, simile al gas naturale).

Per facilitare il **trasferimento dei risultati della ricerca** – oltre alla pubblicazione di rapporti tecnici ed all'organizzazione di seminari – si promuove anche l'installazione di impianti R+S. Nel settore della legna esiste, ad es., un impianto a basso carico inquinante per la combustione della legna di recupero (alimentazione di una turbina a vapore per la produzione di elettricità). Nel settore della biomassa, esiste un impianto per l'esterificazione dell'olio di colza (da impiegare come carburante).

## Glossario: Biomassa

Per **biomassa** si intende, in termini energetici, l'insieme delle sostanze organiche e dei residui dell'agricoltura, della silvicoltura, del giardinaggio, dell'artigianato e degli scarti domestici, dalle quali si può ottenere energia: concimi, paglia, legna, piante ad alto tasso di amidi e di zucchero, acque di rifiuto ricche di sostanze nutritive dall'industria alimentare, fanghi di decantazione e rifiuti domestici.

Gli uomini e gli animali si nutrono di piante, le quali crescono assorbendo energia dal sole (con un rendimento dello 0,1 %); la biomassa è quindi una fonte di **energia rinnovabile**. L'aumento annuo della biomassa vegetale a livello mondiale è valutato a 200 miliardi di t; il suo contenuto energetico è equivalente a quello di tutte le riserve di combustibili fossili oggi conosciute: petrolio, gas naturale, carbone.

I **processi principali di sfruttamento** della biomassa in quanto fonte di energia sono la combustione, la gassificazione (combustione in atmosfera povera di ossigeno), la fermentazione (produzione di alcoli) e l'impiego degli oli vegetali come biocombustibili.

La biomassa è un **miscuglio complesso di idrati di carbonio**. La sua trasformazione energetica produce sostanze inquinanti, soprattutto cenere, biossido di carbonio (CO<sub>2</sub>), ossidi dell'azoto, carboidrati, fuliggine e polvere.

Rispetto ai combustibili fossili, la biomassa presenta il vantaggio di avere un **bilancio neutro in termini di CO<sub>2</sub>**; la quantità di CO<sub>2</sub> liberata nei processi di sfruttamento energetico della biomassa è uguale a quella assorbita per la sua formazione o per la formazione di nuova biomassa. Quanto detto vale solo se non si procede a sfruttamento depauperante o se i processi di trasformazione non impiegano combustibili fossili.

Il **legno di recupero** contiene spesso sostanze di origine chimica, ad es. vernici protettive: la combustione deve avvenire secondo processi speciali per abbattere le emissioni nocive.



Compostaggio a Baar che tratta annualmente 18'000 t di biomassa: il processo, autonomo di energia, fornisce elettricità alla rete e, grazie ad un biofiltro (in figura) per la purificazione dell'aria espulsa, non produce acque di rifiuto.

Grandi impianti per la combustione della legna che lavorano con legna sminuzzata. Per motivi economici, la legna viene tritata sul posto con macchine speciali.

Settori

Legna

Altre biomasse

# Calore (e corrente?) dal sottosuolo

La geotermia è **una fonte di energia interessante e quasi inesauribile per il nostro paese**, anche se il suo sfruttamento richiede tecniche speciali. A metà degli anni 70, il Consiglio federale ha insediato una »Commissione federale per la geotermia e per l'accumulo sotterraneo del calore«. Le ricerche condotte sotto la sua egida hanno permesso, tra l'altro, di pubblicare **nel 1982 una carta geotermica della Svizzera: il mittelland e la depressione dell'alto Reno sono regioni in cui si può sperare di trovare giacimenti di acqua calda**. Nel 1980, uno svizzero ha inventato la sonda geotermica (SGT). La ricerca è stata indirizzata in queste due direzioni. **Stato dei lavori R+S a metà degli anni 90:**

- ❑ **I problemi scientifici legati all'impiego delle sonde geotermiche sono stati risolti** (ad es., mantenimento della temperatura del sottosuolo); è stato possibile trovare **ottime soluzioni tecniche**.
- ❑ La prima SGT di profondità per il riscaldamento è stata messa in servizio a Weggis nel 1995.
- ❑ **Le trivellazioni per raggiungere i giacimenti di acqua calda** si sono rivelate talvolta inutili; a Riehen, invece, esse sono state coronate da successo (qui si è costruita una rete di teleriscaldamento). Si è provveduto a completare la carta geotermica del mittelland (anche se non garantisce il successo delle trivellazioni).
- ❑ Stima del potenziale delle SGT e delle acque di profondità: 6% del fabbisogno termico del paese.
- ❑ Dal 1995, **sfruttamento dell'acqua calda del traforo** della Furka per il teleriscaldamento di Oberwald. Studi sulle temperature, i terreni di riporto ed il chemismo di altri progetti di traforo (esempi: traforo di base di Hauenstein, Mappo-Moretina, Ricken e galleria stradale del Gottardo).
- ❑ Aumento del **Know-how del HDR e del HWR** grazie alla partecipazione a progetti internazionali.

**Altre ricerche sono necessarie per migliorare la redditività e l'impatto ambientale**, e per risolvere altri problemi fondamentali.

- ❑ I progetti **SGT** si propongono di migliorare la conducibilità termica del materiale di riempimento, di realizzare SGT più profonde e trivellazioni di diametro più grande, SGT anche per il **raffreddamento in estate**, sviluppo di sonde aperte (cioè apporto diretto dell'acqua di profondità alle pompe di calore), **ottimizzazione dei campi SGT** e delle palafitte energetiche e lo **smaltimento delle SGT**.
- ❑ Sono **necessarie misurazioni più complete delle SGT di profondità** per poter ottimizzare tecnicamente e economicamente gli impianti di una certa importanza.
- ❑ Studi sull'impiego delle acque di infiltrazione delle gallerie nel quadro dei progetti di AlpTrans e del traforo di base del Gottardo.
- ❑ Esame di **trivellazione a sezione ridotta** (»slimhole«), per ridurre della metà i costi di lavorazione.
- ❑ **Utilizzazione »in serie« dell'acqua calda**, cioè in funzione della temperatura decrescente da essa posseduta.
- ❑ **Preparazione di un impianto svizzero HDR o HWR** per la produzione di calore e di corrente.

Il successo delle **applicazioni SGT** (anche con sonde di profondità) è dimostrato dagli oltre 6000 impianti basati su questa tecnica, grazie ai quali la Svizzera si situa nel gruppo di testa a livello mondiale. La collaborazione con ricercatori e imprese SGT si propone di aumentare la potenzialità delle sonde e di diminuirne i costi. Anche le trivellazioni dai risultati negativi hanno tuttavia permesso di allargare le **conoscenze di base** a profitto di futuri lavori.



Impianto geotermico di Reinach (BL): pareti e trincee antisoniche servono a proteggere il vicinato dai rumori provocati dalle trivellazioni. Al termine dei lavori, si è provveduto a ristabilire la situazione iniziale.



Una dozzina di SGT per il riscaldamento di un blocco edilizio sono già state introdotte nei fori di perforazione. Sono ancora visibili le tubazioni di raccordo alla pompa di calore (ubicata in cantina).

## Glossario della geotermia

**Geotermia, o calore del sottosuolo**, indica il calore che proviene dal nucleo terrestre (6'000 °C) e dalla disintegrazione radioattiva negli strati solidi della crosta terrestre. La temperatura aumenta di circa 30 °C per ogni 1000 m di profondità raggiungendo a 2000 m il valore di 70 °C.

Le **sonde geotermiche** (SGT) sfruttano il calore disponibile ad un centinaio di m di profondità, dell'ordine di 20 – 30 °C. Si infila un tubo di plastica ad U di qualche cm di spessore nel foro di trivellazione di 150 – 200 m; si riempie poi l'intercapedine di materiale buon conduttore del calore. »La soluzione salina« che riempie il tubo si riscalda di qualche grado: una **pompa di calore** innalza questa temperatura a 30 – 50 °C, valore sufficiente per il **riscaldamento attraverso il pavimento**. In estate, essa può servire al raffreddamento degli ambienti oppure si può impiegare il terreno che circonda la SGT come **accumulatore di calore**. I **campi di SGT** sono impiegati per riscaldare grandi complessi edilizi.

La **geotermia di profondità**, con temperature fino a 200 °C, può essere utilizzata scendendo a qualche migliaio di m, soprattutto in presenza di **»anomalie geotermiche«**, cioè laddove l'aumento di temperatura con la profondità supera il valore medio di 30 °C per ogni 1000 m. Oltre alle trivellazioni **per l'acqua calda**, si ricorre ad altre tre diverse tecniche.

Grazie alle **SGT di profondità** (fino a 1000 – 2000 m), che sfruttano le trivellazioni »cieche« per la prospezione del petrolio o del gas naturale, sono disponibili temperature dell'ordine di 70 °C;

Nel **processo HDR** (Hot Dry Rock) si provoca la formazione di fessurazioni negli strati rocciosi aridi di profondità esercitando forti pressioni idrauliche: l'acqua fredda, spinta nelle fessurazioni, si riscalda poi al contatto con la roccia. Nel **processo HWR** (Hot Wet Rock) si sfruttano le falde freatiche di acqua ad alta temperatura (più di 100 °C). Questi due processi forniscono vapore che può essere utilizzato per la produzione di energia elettrica o a scopo di riscaldamento.

Subsettore

Geotermia

# Elettricità dal vento ...

Le **eoliche** hanno conosciuto un enorme sviluppo, specialmente lungo le coste marine, a partire dal 1973, anno della crisi petrolifera. **La Svizzera dispone solo in alcune località montane, ad es. sullo Chasseral, di condizioni di vento favorevoli**, simili a quelle che si riscontrano sulle coste marine. Siccome l'energia del vento non può contribuire che in misura marginale all'approvvigionamento in elettricità del nostro paese, **la ricerca sulle eoliche è stata sempre trascurata**. Tuttavia, **l'energia eolica potrebbe assumere una certa importanza a livello locale e regionale**. Nel 1987 l'UFE ha voluto conoscere **il potenziale «economicamente utilizzabile» in tutto il nostro paese**: tra 1500 e 1800 GWh all'anno, cioè il **3 % circa del fabbisogno attuale di elettricità**. All'epoca dello studio, la potenza di picco delle eoliche si riteneva compresa tra 75 e 150 kW; attualmente, potenze dell'ordine di 500 – 600 kW possono considerarsi «normali». Inoltre, i costi di produzione si sono sensibilmente ridotti, per cui il potenziale suddetto dovrebbe essere notevolmente aumentato.

Dopo un impianto da 30 kW sul Sool, nel 1986, sono entrate in servizio, tra il 1990 ed il 1996, 11 eoliche di potenza fino a 600 kW; altre sono allo stato di progetto. Si spera di poter produrre energia elettrica al costo di 30 ct/kWh (sulla costa tedesca del mare del Nord il costo per kWh è di circa 10 ct; la corrente prodotta dalle centrali idroelettriche svizzere viene a costare 6 ct/kWh).

Quale **contributo al transfer tecnologico**, si è provveduto a finanziare alcune **campagne di misurazioni** sulle eoliche. I risultati servono anche a stabilire una banca dati del vento, che potrebbe facilitare la scelta dei luoghi più adatti.

## e dalle piccole centrali idroelettriche

Le prime centrali idroelettriche sorte alla fine del 19° secolo erano impianti di dimensioni modeste. Dopo il 1900 se ne contavano in Svizzera alcune migliaia. Molti di questi piccoli impianti furono in seguito abbandonati poiché le nuove grandi centrali idroelettriche producevano a costi molto più bassi. Negli anni 80, la politica energetica ha riscoperto questi impianti in quanto **fonti complementari e pulite di energia**. **Oggi si contano 1000 impianti in funzione** i quali forniscono il **9 % di tutta la produzione delle centrali idroelettriche svizzere**. Alcuni cantoni cominciarono a promuovere la riattivazione.

Il programma **DIANE «Piccole centrali idroelettriche»**, lanciato dall'UFE nel 1992, si proponeva anche di determinare il potenziale di questi impianti alla luce dei vincoli attuali: **la produzione delle piccole centrali idroelettriche può essere raddoppiata**. Questo necessita, oltre alla rimessa in attività e il potenziamento delle centrali abbandonate, anche **nuovi impianti** (che possono essere installati a valle delle **condotte di acqua potabile e di rifiuto** aventi portate ed altezze di caduta sufficienti).

**Obiettivo principale della ricerca è il potenziamento e l'economicità della produzione** ottenuto migliorando il rendimento. Impianti minimi, o pico-impianti, possono servire all'approvvigionamento delle aziende montane. **Per essere accettati**, gli impianti idroelettrici devono **integrarsi nel paesaggio** ed essere dotati di dispositivi atti a facilitare il passaggio dei pesci con un fabbisogno minimo di acqua.

Per facilitare il transfer si cercano impianti P+D degni di essere sostenuti. Sono anche previsti incontri tra specialisti e un congresso-esposizione. Nel 1997 è stato pubblicato un «manuale delle piccole centrali idroelettriche», con informazioni per gli esercenti ed i committenti di opere.



Eolica da 150 kW sull'Obergrenchenberg (torre 30 m, diametro rotore 24 m, produzione 140'000 kWh/anno): impianto di dimostrazione per questa gamma di potenza, valutazione dell'impatto sul paesaggio.



Piccola centrale idroelettrica da 110 kW sul Gonzenbach (Toggenburgo). La rimessa in esercizio nel 1996 è stata accompagnata da alcuni provvedimenti di protezione ambientale: conservazione della diga del 1894, condotta interrata, sala macchine con vetratura fonoassorbente.

### Glossario dell'energia eolica

Gli **impianti eolici** moderni, o eoliche, sono «aerogeneratori», e si compongono di una turbina e di un generatore.

A differenza dei vecchi mulini a vento, la turbina è un rotore ad asse orizzontale dotato di due o tre pale (montato insieme al generatore su un pilone o su una torre). Nei rotori ad asse e pale verticali, il generatore può trovarsi anche al suolo.

I rotori ad elevato numero di giri presentano rendimenti più alti. Si parla di piccole eoliche quando la potenza non supera 100 kWh, di eoliche medie quando la potenza non supera 1 MW (le torri ed i diametri dei rotori possono raggiungere 50 m); per potenze superiori, si parla di grandi impianti.

Siccome in prossimità del suolo la **velocità del vento** è frenata dalla presenza della vegetazione e delle costruzioni, le turbine eoliche sono disposte su torri di una certa altezza.

### Glossario delle piccole centrali idroelettriche

Le **piccole centrali idroelettriche** raggiungono una potenza di 10 MW. Se la potenza non supera 300 kW, si parla di pico-centrali. L'energia dell'acqua è trasformata da turbine di tipo ben noto: Pelton, Francis, Kaplan, oppure pompe idrauliche a funzionamento inverso. Le turbine tubolari permettono di sfruttare cadute molto piccole con un ottimo rendimento e, quindi, con buona redditività.

La turbina tubolare, costruita per la prima volta in Svizzera negli anni 30, è una turbina Kaplan ad asse orizzontale ed è perciò caratterizzata da una altezza ridotta; essa trova posto facilmente in una sala macchine di piccole dimensioni facilmente mimetizzabile nel paesaggio.

Le condizioni per una buona **redditività** sono: dimensionamento ottimale, costruzione economica, portata dell'acqua il più possibile costante nell'arco dell'anno ed esercizio automatico, cioè assenza di personale di servizio.

Subsettori

Energia eolica

Piccole centrali idroelettriche

# Accumulo di energia: chimica solare ...

Dopo la crisi petrolifera del 1973, nell'ambito della ricerca sulle fornaci solari è nata l'idea di utilizzare i raggi solari concentrati non solo per produrre elettricità, ma anche **idrogeno ed altri agenti energetici da destinare all'accumulo di calore**. La ricerca svizzera nel campo della **chimica solare** ha raggiunto rapidamente posizioni di testa, posizioni che divide con Stati Uniti, Germania ed Israele. I lavori innovativi più recenti sono la produzione di idrogeno per dissociazione dell'acqua in un **processo solare ciclico con l'intervento di ossidi del ferro** oppure tramite la **cottura del cemento** in un »reattore a nebulizzazione di polvere«.

Nel programma di ricerca 1996/99, le preferenze dell'UFE vanno ai processi che potrebbero trovare applicazione su scala industriale in tempi relativamente brevi ed a costi competitivi:

- **Ulteriore sviluppo degli assorbitori solari** con temperature tra 80 °C e oltre 800 °C da destinare alla produzione di acqua calda e all'applicazione della chimica solare ad alta temperatura.
- Dissociazione dell'acqua con processi di **chimica solare ad alta temperatura** e l'impiego di ossidi metallici, riduzione degli ossidi metallici in metalli ed in gas combustibile.
- Impiego dell'idrogeno non solo come carburante, ma anche come materia prima chimica. Proseguimento della ricerca di idruri metallici meglio idonei a funzionare come accumulatori di idrogeno.
- Contributo dei problemi legati al CO<sub>2</sub>: produzione di sostanze chimiche di grande qualità, per es. dal metanolo e dalle ammine, a partire dal CO<sub>2</sub> grazie a reazioni catalitiche selettive con l'idrogeno.
- **Dissociazione fotoelettrica dell'acqua** mediante semiconduttori di tipo particolare.

Molti risultati di questa ricerca potranno trovare applicazione pratica **solo in un lontano futuro**.

## ... acqua e terreno

Un tema importante della ricerca energetica è, dagli anni 70, **l'accumulo del calore**, soprattutto **per compensare la variabilità nel tempo dell'irraggiamento solare**. Numerosi progetti coordinati dallo UFE hanno portato a conclusioni molto interessanti – ad es. che gli accumulatori a calore latente debbono praticamente essere scartati per la loro tossicità, per la instabilità a lungo termine delle sostanze d'accumulo conosciute e per gli alti costi, e che gli accumulatori acquiferi (l'acqua calda viene spinta in estate in una stratificazione del terreno per essere ripresa in inverno) sono realizzabili solo in qualche caso particolarmente favorevole. **Prestazioni svizzere** degne di essere menzionate sono gli accumulatori a diffusione e la scoperta che nei serbatoi d'acqua calda si crea una stratificazione isoterma idonea ad essere utilizzata per economizzare energia.

Il programma della ricerca per il periodo 1996/99 si concentra sugli accumulatori di calore per l'acqua calda ed il riscaldamento, sia per gli edifici esistenti che per quelli da ristrutturare. I temi principali:

- **I contenitori d'acqua calda per l'accumulo giorno/notte** – possono essere perfezionati (ad es. grazie ad una stratificazione appropriata) per migliorare l'efficienza dell'intero sistema.
- **Gli accumulatori a diffusione** per temperature medie (tra 30 ed 80 °C) e di dimensioni medie (per 10 – 100 sonde geotermiche) **devono essere ottimizzati** in termini di sonde, geometria, materiali e dimensionamento del sistema.

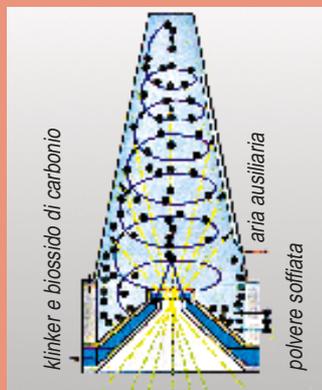
Il **trasferimento** dell'accumulo termico è incentivato soprattutto da campagne di misurazione.



Accumulo di calore perduto per un nucleo edilizio a Buchrain con 19 sonde geotermiche immerse a 200 m (2 per ogni pozzo, 3 tubazioni collettive).



PS: nel punto focale dello specchio parabolico da 90 m<sup>2</sup> è posto un reattore solare a ciclone, riscaldato dai raggi concentrati del sole (potenza 56 kW).



Cemento dal reattore solare a ciclone: la polvere di calcare soffiata reagisce per dare klinker e biossido di carbonio.

### Glossario di chimica solare

La **chimica solare** mira alla produzione poco inquinante di materie prime e di sostanze chimiche sotto l'azione di raggi solari concentrati e/o del calore solare. Questo tipo di utilizzazione dell'energia solare potrebbe sostituire i combustibili fossili. Si possono distinguere tre procedimenti principali (con molte varianti):

- Il **processo termochimico** utilizza il calore solare come agente motore per reazioni chimiche ad alto fabbisogno energetico (ad es. la cottura del cemento).
- Nel **processo fotochimico** l'irradiazione solare è assorbita direttamente dai reagenti e dagli eventuali catalizzatori a contatto con i primi.
- Il **processo fotoelettrochimico** si serve della corrente di origine solare (ad es. fotovoltaica) per le reazioni elettrochimiche (ad es. elettrolisi dell'acqua).

Sono possibili combinazioni di questi tre procedimenti.

### Glossario dell'accumulo di calore

Gli **accumulatori di calore** servono a compensare la domanda e l'offerta di energia termica. Definizioni importanti:

- Il **calore percettibile o sensibile** si traduce in un aumento della temperatura dalla sostanza accumulatrice.
- Durante la cessione o l'assorbimento di **calore latente** la sostanza fonde o solidifica a temperatura costante.

In pratica gli accumulatori di calore vengono suddivisi come segue (selezione):

- Gli accumulatori d'acqua calda sono contenitori di acciaio o di calcestruzzo, ben isolati. Volumi fino a 100'000 m<sup>3</sup>, temperatura fino a 95 °C.
- Quali accumulatori a calore latente si prestano il ghiaccio ed alcuni sali.
- Accumulatori a diffusione nel terreno o nella roccia sono caricati o scaricati mediante sonde geotermiche: il calore o il freddo ceduti si diffondono.

Subsettori

Chimica solare/  
idrogeno

Accumulo di calore

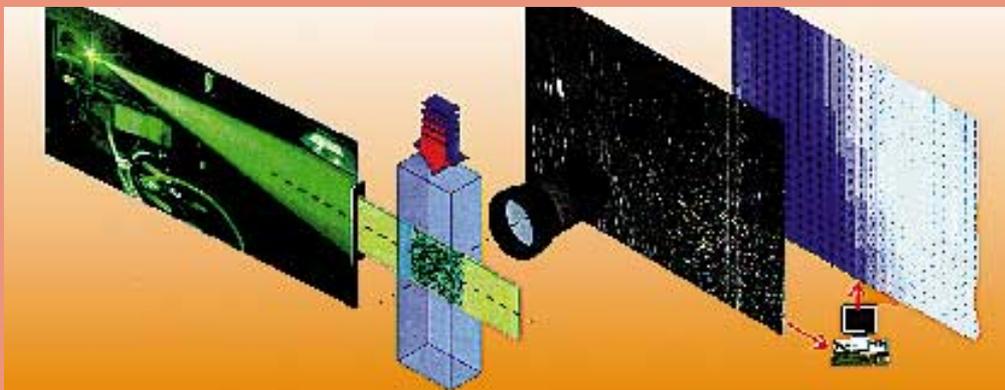
# Combustione pulita grazie al laser ed al computer

La combustione del petrolio e del gas naturale copre la maggior parte del fabbisogno attuale di energia ma è anche la fonte principale di inquinamento atmosferico. Negli anni 80 la ricerca si è perciò concentrata sul processo della combustione. In precedenza, la costruzione dei bruciatori e dei motori avveniva secondo principi empirici. L'UFE ha lanciato nel 1988 il programma di ricerca »Bruciatori e combustione« allo scopo di acquisire per l'industria svizzera le conoscenze fondamentali in questo campo relativamente nuovo per il nostro paese. La ricerca sulla combustione è stata concentrata in tre istituti del PFZ e nell'istituto Paul Scherrer:

- I processi al laser ottico, la tecnica standard per la diagnosi della combustione, sono stati uno dei punti forti della ricerca. Il principio di funzionamento è il seguente: un raggio laser è diretto, ad esempio, nella camera di combustione di un motore diesel dove viene rifratto dalle particelle delle sostanze inquinanti presenti; la luce rifratta fornisce – otticamente e dopo elaborazione al computer – informazioni sulla natura, la grandezza, la concentrazione e la velocità delle particelle e, quindi, sui meccanismi che regolano la formazione di tali sostanze. Gli istituti suddetti hanno messo a punto tecnologie di punta – riconosciute a livello internazionale – quale ad es. un processo di risoluzione al centobiliardesimo di secondo per lo studio di processi estremamente veloci.
- Altro punto forte della ricerca è stata la simulazione numerica dei processi di combustione, cioè il loro modello matematico per elaborazione al computer, metodo che completa quello al laser ottico. I ricercatori del PFZ hanno sviluppato un programma di simulazione che permette risparmi di tempo importanti nella costruzione di bruciatori ad olio per centrali termiche a basso tasso di inquinamento.
- Terzo punto forte: miglioramento dell'analisi delle sostanze inquinanti e studio della formazione di tali sostanze nei bruciatori, quali i motori (ad es. fase di iniezione nei motori diesel). Si sono acquisite conoscenze più approfondite sull'abbattimento degli ossidi di azoto già nel bruciatore e nella camera di combustione, conoscenze che troveranno applicazione nella prossima generazione di bruciatori.
- Quarto punto forte: nuove tecnologie di combustione a basso tasso di inquinamento, quali la combustione catalitica, e le nuove tecniche di filtraggio (ad es., dei fumi dei camion diesel).

Considerata la ricerca forzata a livello internazionale di cui è stata oggetto la combustione negli anni 90, i sistemi empirici hanno fatto il loro tempo. Le conoscenze acquisite dovranno servire nel 1996/99 a risolvere i problemi a cui si trova confrontata l'industria svizzera, la quale dovrà familiarizzarsi con le nuove tecniche. I temi fondamentali ora ricordati conservano la loro attualità, anche al fine di garantire la continuità della ricerca e di mantenere il passo con gli sviluppi internazionali – il computer ed il laser aprono ininterrottamente nuove vie. Punto di convergenza di tutte le ricerche è la riduzione »integrata« delle sostanze dannose: si tratta cioè di impedire la loro formazione al momento della combustione, piuttosto che eliminarle dai gas di scarico ricorrendo ad una »fabbrica chimica«.

I risultati delle ricerche sui processi di combustioni eseguiti nei laboratori universitari sono solo raramente convertibili direttamente in prodotti commerciali. Dopo un lungo periodo di prudente attesa, sono sempre più numerose le industrie che cercano di cooperare, coscienti dell'alto potenziale offerto dalle università e degli enormi costi di una propria attività di ricerca. Le barriere ancora esistenti dovranno essere abbattute nel quadro di progetti comuni P+D.



Diagnosi al laser: un raggio laser (a sinistra) penetra nella zona di combustione (blu). La luce laser viene diffusa nell'urto con le particelle di combustibile o di sostanze nocive. Un sistema ottico (al centro) focalizza i

raggi diffusi su un film in movimento: le tracce luminose rappresentano il flusso delle particelle nella zona di combustione. L'elaborazione al computer fornisce il campo di velocità (a destra) nel piano del raggio laser.

## Glossario della combustione

Per **combustione** si intende la reazione chimica esotermica rapida, accompagnata da fiamma, di un combustibile con l'ossigeno dell'aria. E' il processo più diffuso di trasformazione dell'energia, dal fuoco di legna, al motore a combustione, ai bruciatori industriali.

La composizione della miscela combustibile e la temperatura di combustione determinano la **generazione di sostanze dannose**: il carbone (C) brucia con l'ossigeno (O<sub>2</sub>) puro formando anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), il principale responsabile dell'effetto serra. Gli idrocarburi puri, bruciando in atmosfera di ossigeno puro, formano CO<sub>2</sub> ed acqua.

I combustibili non sono praticamente mai puri ed i processi di combustione non sono mai ideali. A parte casi eccezionali, l'agente comburente è l'aria che, oltre al 21% di O<sub>2</sub>, contiene il 77% di azoto (N); durante la combustione, quest'ultimo dà origine agli **ossidi di azoto** (in misura tanto maggiore quanto più alta è la temperatura). Gli ossidi di azoto sono gas precursori dell'ozono e la cui presenza nell'atmosfera contribuisce all'effetto serra. Se la combustione è incompleta, cioè se le temperature sono troppo basse o vi è penuria di aria, oltre al CO<sub>2</sub> si formano il **monossido di carbonio** (CO), molto tossico, e la **fuliggine**.

Esistono procedimenti per abbattere le **emissioni** di queste e di altre sostanze nocive, altri che trasformano certe sostanze nocive con l'aiuto di catalizzatori, o altri che bruciano queste stesse sostanze (ad es. la fuliggine dai filtri).

La **ricerca sulla combustione** vuole conoscere dove e come le sostanze nocive si formano all'interno delle camere di combustione o nei motori per potervi porre rimedio con misure costruttive.

Nella **combustione »a freddo« o »catalitica«**, il combustibile e O<sub>2</sub> o l'aria sono convogliati sui catalizzatori (analogamente all'auto); la temperatura può essere ridotta fino alla temperatura ambiente grazie ad un idoneo dosaggio del combustibile.

Subsettore  
Combustione  
e  
bruciatori

# La ricerca sulla sicurezza delle centrali nucleari

Le centrali nucleari, con una quota di partecipazione del 40 %, sono, insieme alle centrali idroelettriche, uno dei pilastri su cui poggia la produzione di energia elettrica del nostro paese. La politica energetica non intende pertanto rinunciare al nucleare, anche quale **opzione per il futuro**. **Da questa opzione e dall'esigenza di garantire un funzionamento sicuro delle centrali nucleari esistenti deriva la necessità di approfondire la ricerca sulla sicurezza**. Si distinguono la ricerca tecnico-scientifica e la ricerca regolamentare. Questi due tipi di ricerca si completano a vicenda e sono pertanto sostenuti e coordinati dall'UFE. I ricercatori impegnati in questo campo devono aggiornare costantemente le loro conoscenze tecnico-scientifiche e partecipare a progetti a carattere internazionale.

La **ricerca tecnico-scientifica** si propone di acquisire nuove conoscenze scientifiche sulla sicurezza dei reattori nucleari, di valutare il grado di sicurezza degli impianti esistenti e di sperimentare misure di sicurezza di nuova concezione. Questa ricerca è concentrata presso l'Istituto Paul Scherrer, dove si sviluppano progetti di sicurezza a medio e lungo termine. L'adattamento dei concetti alle nuove esigenze ed all'evoluzione tecnico-scientifica avviene quindi in maniera progressiva. Nel periodo 1996/99, i lavori saranno dedicati soprattutto ai bisogni delle centrali nucleari e delle autorità di vigilanza:

- Si procede all'**esame di determinati incidenti** analizzandone matematicamente la dinamica e l'eventuale fuoriuscita di radioattività, e controllando i modelli sulla base di esperimenti specifici. Si acquisiscono in tal modo conoscenze per migliorare la sicurezza. Si segue anche l'**invecchiamento** degli impianti, soprattutto per quanto concerne la corrosione dei diversi componenti.
- L'analisi della sicurezza offerta dai progettati **«cimiteri» per scorie radioattive** abbraccia soprattutto il grado di protezione che possono offrire le barriere, quali l'incapsulamento nel cemento.

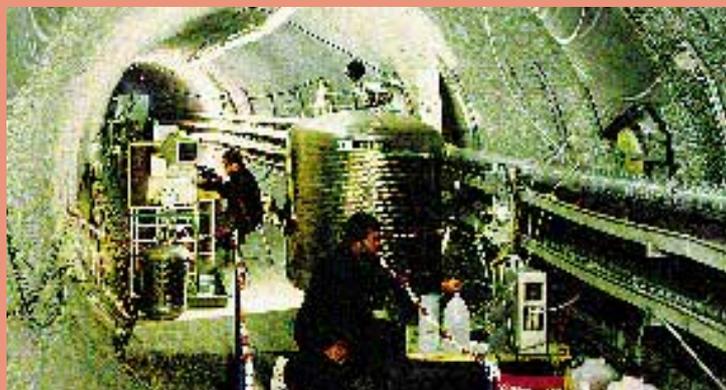
Compito della **«Divisione principale per la sicurezza degli impianti nucleari»** (DSN) dell'UFE, in quanto autorità di vigilanza della Confederazione, è quello di valutare il grado di sicurezza degli impianti nucleari svizzeri e, se del caso, esigere l'applicazione di misure per migliorare tale sicurezza. A questo fine, la DSN svolge la cosiddetta **ricerca regolamentare** affidando progetti di ricerca all'Istituto Paul Scherrer, alle università ed agli studi di ingegneria, in Svizzera ed all'estero. Altro obiettivo è la formazione di propri specialisti ed il loro perfezionamento continuo. Poichè la ricerca della DSN si basa sulla continuità, i temi principali del programma 1996/99 non differiscono da quelli del periodo precedente.

- Miglioramento dell'analisi degli incidenti relativamente alle centrali svizzere, dalle semplici interruzioni d'esercizio all'incidente più grave ipotizzato nella progettazione. Analisi preventive degli incidenti in base all'esperienza. Definizione delle misure protettive da adottare in caso di incidente.
- Controllo del processo di invecchiamento dei componenti elettrici e meccanici e delle opere edili al fine di garantire la sicurezza degli impianti indipendentemente dallo loro età.
- Sviluppo di metodi affidabili di valutazione della sicurezza offerta dai depositi definitivi di scorie.
- Ampliamento delle conoscenze in radioprotezione all'interno ed all'esterno delle centrali.

Il **trasferimento** dei risultati della ricerca sulla sicurezza significa, non solo aumentare le competenze dei ricercatori della DSN e degli esercenti di impianti, ma anche migliorare la sicurezza delle centrali sia su richiesta della DSN che su iniziativa propria degli esercenti. Questi miglioramenti complementari avvengono con continuità.



L'impianto termoidraulico PAN-DA serve a controllare il funzionamento dei sistemi passivi di sicurezza.



Nel laboratorio in caverna sul colle del Grimsel, ubicato in una derivazione della galleria della centrale idroelettrica, si eseguono esperimenti in relazione con la costruzione di un deposito definitivo delle scorie radioattive – in primo piano, un impianto di misura della migrazione dei radionuclidi nella roccia.

## Glossario della sicurezza del nucleare

Nel reattore di una **centrale nucleare** si sviluppa calore in seguito alla fissione nucleare controllata. Il calore viene utilizzato per la produzione di vapore che, a sua volta, alimenta i turbogeneratori per la produzione di elettricità. In condizioni normali di esercizio, le centrali cedono all'ambiente quantità minime di sostanze radioattive, giudicate innocue dalle autorità di sicurezza.

In una centrale nucleare possono verificarsi numerosi tipi di guasti e di **incidenti**. Gli incidenti sono deviazioni dalle condizioni normali di esercizio di entità tale da portare alla eventuale fuoriuscita di sostanze nocive e da costituire pericolo per l'uomo e l'ambiente.

Le centrali nucleari sono costruite in modo da resistere all'**incidente ipotizzato nella progettazione** (incidente più grave prevedibile). Si ammette che, in seguito al mancato funzionamento del sistema di raffreddamento del reattore, si abbiano distruzioni all'interno dell'edificio che racchiude il reattore (ad es., fusione del nocciolo del reattore), ma che la popolazione non si troverà esposta a dosi radioattive pericolose. Misure di **sicurezza dei reattori**:

- Utilizzazione di effetti fisici per il sicuro disinserimento del reattore in caso di incidente
  - Sistema di raffreddamento d'emergenza per impedire il surriscaldamento, o la fusione, del nocciolo
  - Confinamento dei prodotti radioattivi della fissione mediante barriere successive – combustibile solido, guaine impermeabili delle barre combustibili, caldaia pressurizzata del reattore costruita in acciaio speciale, involucri di sicurezza in lamiera d'acciaio, contenitore di cemento massiccio che racchiude il tutto.
  - Protezione dagli influssi esterni grazie a misure costruttive ed organizzative.
- Nonostante tutte le precauzioni, resta la probabilità, anche se minima (il rischio residuo), di un incidente di entità superiore all'incidente di riferimento.

Subsettori  
Tecnica  
nucleare  
e  
sicurezza

Ricerca  
sulla  
sicurezza  
regolamentare

# Verso il grande obiettivo: la fusione nucleare

La ricerca sulla fusione – il tentativo di riprodurre il sole sulla terra – risale agli anni 40. Nonostante gli ostacoli, più ostici di quanto previsto, tre elementi hanno spinto a perseverare: l'acqua del mare contiene una riserva inesauribile di deuterio, il combustibile necessario alla fusione; 1 grammo di questa sostanza contiene la stessa energia di 6 tonnellate di petrolio e, infine, gli scienziati sperano sempre di poter costruire reattori dal funzionamento sicuro, controllabili ed esenti da scorie fortemente radioattive.

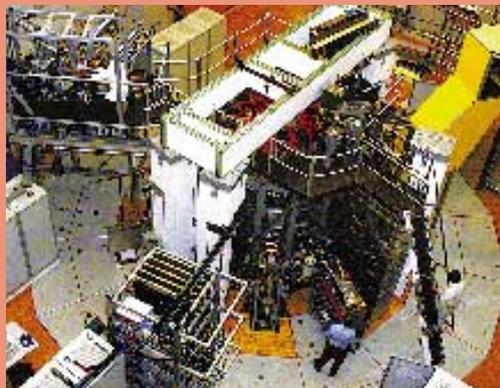
**La ricerca sulla fusione nucleare, oltre ad essere irta di ostacoli, richiede enormi investimenti finanziari.** Per questo motivo, i paesi europei hanno unito i loro sforzi, già negli anni 50, **ripartendosi compiti e spese nel quadro dell'EURATOM** (ved. pag. 21). La Svizzera ne è entrata a far parte negli anni 70, ha piena parità di diritti e di doveri. **Obiettivo principale dei prossimi anni è ITER**, il primo reattore sperimentale vero e proprio, in grado di produrre più energia di quanta ne assorbe, costruito sul principio del confinamento magnetico. Nel 1998 si deciderà sul progetto e sull'ubicazione definitiva dell'impianto. Ai lavori dell'ITER partecipano, oltre all'EURATOM, anche Giappone, Russia e Stati Uniti.

**I compiti della Svizzera in seno al Programma dell'EURATOM** sono coordinati dal Centro di ricerca sulla fisica del plasma (CRPP) del PFL. Questo centro svolge anche gran parte dei lavori; una sua ramificazione opera presso l'IPS.

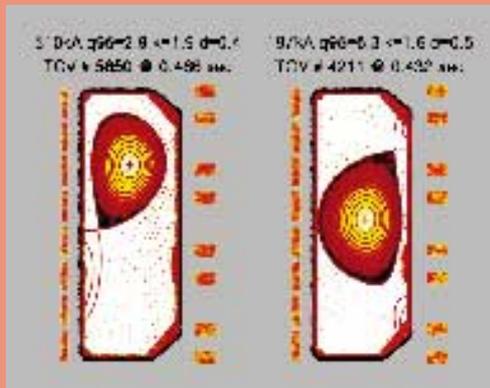
- Si cerca di dare una risposta ai **problemi fisici posti dal confinamento magnetico** sia a livello teorico che sperimentale. Sul Tokamak TCA si è trovato, negli anni 80, che i plasma con sezione a forma di D, O oppure S posseggono una densità più alta del plasma a sezione circolare (una densità elevata è, oltre a temperature superiori a 100 milioni di K, uno dei criteri di innesco più importanti). Queste sezioni particolari vengono ora studiate sul Tokamak **TCV, Tokamak a configurazione variabile**. Esso permette di modificare ampiamente le dimensioni del toro in altezza e larghezza. Altri esperimenti sul TCV sono rivolti al **riscaldamento del plasma mediante accoppiamento di onde elettromagnetiche ad alta frequenza**. I lavori teorici, sostenuti da simulazioni numeriche che richiedono alta capacità di calcolo, tendono a creare modelli su cui effettuare gli esperimenti.
- Componente fondamentale del futuro reattore a fusione nucleare è la **«prima parete»**, cioè l'elemento che separa la camera del plasma dall'esterno. Questa parete è attraversata dai neutroni carichi dell'energia di fusione e che si spostano ad una velocità prossima a quella della luce: essa è resa radioattiva e secca. Materiali duri e poco radioattivi, soprattutto **acciai speciali, ma anche componenti dell'ITER e sostanze di rivestimento** (aventi lo scopo di ridurre gli atomi estratti dalle pareti e che inquinano il plasma) sono sottoposti, per esame, all'azione di un acceleratore di protoni.
- Altri obiettivi della ricerca svizzera sono lo **sviluppo e l'esame di bobine superconduttrici** per gli elettromagneti destinati a creare i forti campi magnetici dell'ITER.

Anche se l'ITER sarà coronato da successo, se cioè il bilancio energetico sarà positivo, una centrale a fusione nucleare controllata non potrà essere realizzata, sulla base delle conoscenze attuali, prima della metà del 21° secolo.

Le esperienze raccolte dal CRPP hanno già **portato alla realizzazione**, in collaborazione con l'industria svizzera, di **rivestimenti per utensili molto resistenti al plasma**, ad es., rivestimenti di diamante ottenuti per deposito da un plasma di carbonio.



Il TCV (Tokamak a configurazione variabile) presso il CRPP di Losanna. Sul carro ponte, a sinistra in alto, vengono installate le guide d'onda a 82,4 GHz che servirà da sistema di riscaldamento supplementare del plasma.



La ricerca al TCV si concentra sulla creazione di configurazioni interessanti del plasma. Qui sono rappresentate due forme calcolate in base a misurazioni eseguite sulla sezione del toro del TCV.

## Glossario della fusione nucleare

La **fusione nucleare** è il processo che è alla base della produzione di energia stellare: la fusione dei nuclei atomici degli elementi più leggeri (idrogeno naturale, pesante e superpesante, e l'elio) avviene con liberazione di energia. Es. dall'unione di un nucleo di idrogeno pesante (deuterio) con un nucleo di idrogeno superpesante (trizio) prende origine un nucleo di elio con liberazione di un neutrone ad elevata energia cinetica.

Gli sforzi volti a riprodurre sulla terra la fusione nucleare sono basati sul fatto che 1 gr di combustibile contiene la stessa energia di 6 t di petrolio. Si tratta però di costringere due nuclei atomici (dotati di carica positiva) ad avvicinarsi – nonostante la forza di repulsione elettrica – ad una distanza tale da rendere attiva la forza di attrazione tra le masse. Questo è possibile solo se i nuclei atomici posseggono una grande energia cinetica, cioè se sono portati a temperature di parecchi milioni di gradi Kelvin (K). Sul sole ci sono temperature di 15 milioni K e densità pari a 150 g/cm<sup>3</sup>, poichè la massa solare è 300'000 volte quella della terra.

La **ricerca sulla fusione nucleare** si concentra sul confinamento magnetico. La materia è completamente ionizzata, cioè separata in nuclei di carica positiva e elettroni di carica negativa quando la temperatura raggiunge poche migliaia di gradi K. Un tale **plasma** può essere confinato sotto l'azione di campi magnetici. Nella macchina a plasma nota sotto il nome di TOKAMAK, un anello circolare (toro) è messo sotto vuoto e poi riempito di una massa di fusione ionizzata. Siccome il toro costituisce uno degli avvolgimenti di un trasformatore, la massa di fusione circola come corrente anulare mentre il campo magnetico la costringe a rimanere all'interno del toro. In seguito agli urti che si producono tra le particelle, il plasma si riscalda ad alcuni milioni K. Un ulteriore aumento della temperatura si ottiene sia iniettando raggi di ioni ad altissima energia ionizzanti, sia accoppiando onde elettromagnetiche.

Subsettore

**Fusione  
nucleare**

# Batterie

## per la casa, l'auto e l'industria

Le batterie sono i principali accumulatori di energia elettrica. Esse servono a mettere in moto i motori delle auto oppure come sorgente di energia elettrica di emergenza negli ospedali. **Si calcola che in Svizzera vi siano in servizio 3 milioni di batterie al piombo e che si vendano annualmente oltre 50 milioni di pile e di piccole batterie per le apparecchiature domestiche.**

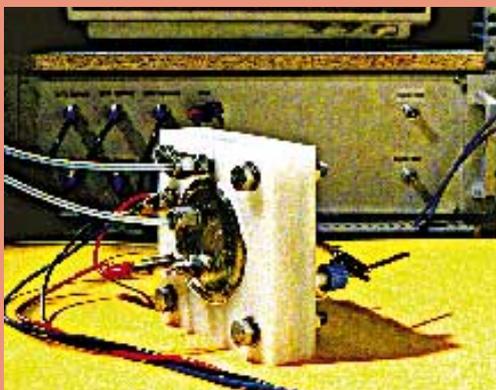
**Lo smaltimento delle batterie può porre qualche problema, sia perchè contengono sostanze dannose** (ad es. cadmio in certi tipi), **sia perchè il loro numero è notevole.** Le vecchie batterie al piombo sono riciclate quasi al 100%. Esistono diversi processi per smaltire gli altri tipi di batterie, ma la loro raccolta è lacunosa. Le sostanze dannose sono sempre più sostituite da altre meno inquinanti.

Le batterie non ricaricabili sono **fonte di spreco energetico**: infatti, la loro fabbricazione richiede una quantità di energia cinquanta volte superiore a quella che poi possono cedere. **Le batterie attualmente in commercio sono troppo pesanti per le auto elettriche.** Anche **l'impiego delle fonti energetiche rinnovabili** mediante le celle solari **esige accumulatori con prestazioni migliori.**

Si tratta quindi di **continuare la ricerca al fine di migliorare le caratteristiche delle batterie esistenti e di trovare nuove soluzioni**, anche nell'ottica di una migliore difesa dell'ambiente. Per difendere la competitività dell'industria svizzera delle batterie, l'UFE promuove dal 1988 la ricerca in questo settore. Il programma 1996/99 non è che la continuazione del programma 1988/95, il quale ha fatto registrare **progressi notevoli. La ricerca continua in quattro direzioni:**

- **Miglioramento delle batterie al piombo**, allo stato attuale ancora le più economiche, in vista della loro **utilizzazione nelle auto a trazione ibrida diesel/elettrica.** Questi veicoli dispongono di una trazione diesel e di una trazione elettrica. Gli obiettivi sono la riduzione della massa degli elettrodi (oggi circa 11 kg per gli accumulatori per auto) ed apparecchi di carica intelligenti, cioè in grado di adattare automaticamente la corrente di carica allo stato della batteria (considerata la concorrenza a livello internazionale, la Svizzera si concentra sui componenti principali).
- Le **batterie zinco/aria** giustificano una ricerca esclusivamente svizzera. Rispetto alle batterie al piombo, presentano una capacità specifica più elevata per l'auto esclusivo elettrico. Vi sono ancora alcuni problemi da risolvere: l'umidificazione e la stabilità degli elettrodi ad aria e la carbonizzazione dell'elettrolita. Nel 1999 dovrebbe essere pronto un modello per l'alimentazione delle auto elettriche.
- La **batteria nickel/idruri metallici** dovrebbe sostituire la batteria al Nickel/Cadmio; il cadmio è infatti un elemento altamente tossico per l'ambiente. Si ricercano leghe migliori per gli elettrodi di idruri metallici. Un compito completamente svizzero.
- Dalla **batteria litio/ioni** ci **si aspetta la più alta capacità specifica** (340 Ah/kg, batterie al piombo 20 Ah/kg). Gli elettrodi sono costituiti dal litio, metallo leggero fortemente reattivo, e da determinati ossidi metallici oppure da polimeri. Questo tipo di batteria è fabbricato in Giappone in milioni di esemplari per l'elettronica portatile; la ricerca svizzera deve concentrarsi sul particolare impiego degli elettrodi al litio, componente fondamentale, e sulla sicurezza del sistema.

Le maggiori occasioni di **fattibilità pratica** si possono avere concentrando la ricerca sui modelli e sui componenti più promettenti – le priorità in materia sono definite grazie al contatto permanente tra industria e UFE. Come progetto P+D, una batteria al nickel/idruri metallici da 12 V e 9 Ah ha già raggiunto oltre 600 cicli di carica.



Una cella zinco/aria ricaricabile al banco di prova; questo tipo di cella viene sviluppato dall'Istituto Paul Scherrer per un futuro accumulatore. La capacità nominale è pari a 2,4 Ah, la forza elettromotrice è di circa 1,4 V.



Componenti della cella zinco/aria: nella mano, l'elettrodo di zinco avvolto da un materiale spugnoso di separazione, all'interno del contenitore a destra, gli elettrodi bifunzionali ad aria.

### Glossario delle batterie

Negli **elementi elettrochimici**, una serie di reazioni chimiche tra due diversi elettrodi libera energia che si trasforma in corrente elettrica (e calore). Gli elettrodi sono costituiti da materiali fornitori di ossigeno (ad es. aria, ossidi) e da materiali che si legano all'ossigeno (combustibili, quali piombo, idrogeno, zinco). Questi elettrodi sono separati da un elettrolita (ad es. soluzioni acide, polimeri e ceramiche). L'elettrolita trasporta gli ioni, particelle elettricamente cariche, da un elettrodo all'altro: in altre parole, si stabilisce una corrente elettrica.

Negli **elementi primari**, le reazioni cessano quando gli elettrodi si sono consumati. Il processo non è reversibile, cioè gli elementi non sono ricaricabili. Negli **elementi secondari**, l'azione di una sorgente elettrica esterna permette di invertire le reazioni di scarica e, quindi, di ricaricare l'elemento (**accumulatori**).

Esistono molte combinazioni elettrodi/elettroliti. La tensione è tra 1 e 2 V. Per ottenere tensioni più elevate si collegano più elementi in serie (**batterie**).

Hanno importanza pratica solo le batterie che non si scaricano rapidamente e spontaneamente ed i cui componenti non sono costosi. I principali elementi primari sono **carbonio/zinco** o **alcali/manganese**: ambedue trovano impiego nelle batterie per **uso domestico** (lampade tascabili e apparecchi elettronici). Le **batterie al litio** sostituiscono le batterie al mercurio negli apparecchi per deboli d'udito, orologi e macchine fotografiche.

Il principale **accumulatore** è quello al piombo, scoperto nel 1859 (gli elettrodi sono costituiti da piombo e ossido di piombo, l'elettrolita è acido solforico). Recentemente ha acquistato importanza anche l'**accumulatore al Nickel/Cadmio** per gli apparecchi foto- e cinematografici e gli utensili elettrici. In vista della loro utilizzazione nelle auto elettriche, si studiano attualmente accumulatori ad alta capacità di accumulo. Si tende ad una forte capacità specifica (Wh/kg) e densità specifica (W per unità di volume).

Settore  
**Acumulatori/  
pile a com-  
bustibile**

# Pile a combustibile per calore, elettricità e autoveicoli

Nei media si fa sempre più frequentemente menzione delle »pile a combustibile«, senza risparmio di superlativi. Si alimenta la pila con aria e combustibile e si ottiene, con un rendimento dell'80 %, corrente e calore. Questa meraviglia troverebbe applicazione soprattutto nelle centrali termoelettriche a blocco (CTEB) dei grandi complessi edilizi, dove potrebbero sostituire i motori a gas o diesel.

Fino ad oggi esistono **solo impianti pilota**, anche se l'inglese Grove ne ha scoperto il principio di funzionamento già nel lontano 1839. Nel 1945 furono costruite in America le prime pile a combustibile per i sottomarini e le sonde spaziali. Ma i **problemi tecnici** erano rimasti insoluti nonostante i costi astronomici di queste realizzazioni: corrosione, presa di corrente, apporto continuo di combustibile e di ossigeno e, infine, evacuazione dei prodotti di reazione.

A questi problemi si contrappongono però i **vantaggi del sistema: rendimento elevato, assenza di rumore e di vibrazioni**. Ma è stata soprattutto la **possibilità di utilizzare il gas naturale come combustibile** che ha indotto l'UFE ad inserire nel suo programma la ricerca sulle pile a combustibile. Il gas naturale infatti, che raggiunge attualmente i due terzi della popolazione svizzera, è destinato ad assumere un ruolo primario nel futuro approvvigionamento del paese. L'industria svizzera, infine, soddisfa le condizioni per poter produrre pile a combustibile sia per il mercato interno che per l'esportazione.

Il programma 1988/95 ha permesso di registrare buoni risultati anche se si è ben lontani da prodotti di una qualche commerciabilità (il solo modello disponibile sul mercato internazionale è quello all'acido fosforico). **I problemi di materiale non possono essere risolti da un giorno all'altro**. Il programma 1996/99 prevede dunque il proseguimento dei lavori già iniziati. **Gli obiettivi sono l'acquisizione di know-how** per una possibile produzione svizzera **ed una riduzione drastica dei costi**. **La situazione attuale – con la ricerca orientata** verso modelli alimentati a gas naturale per un impiego in tempi prevedibili – si può riassumere come segue:

- La **pila a combustibile in ceramica** è prevista in particolare per le centrali termoelettriche a blocco (CTEB). Lo sviluppo è concentrato sul progetto HEXIS di Sulzer Innotec, il quale ha raggiunto uno stadio di maturità tale da poter prevedere per il 1999 un modulo da 1 kW di potenza elettrica. Obiettivo più lontano è la costruzione di un modulo da 15 kW da inserire nelle CTEB. L'abbattimento dei costi potrebbe essere ottenuto limitando la temperatura d'esercizio a 820 °C (il che permetterebbe l'impiego di leghe metalliche più economiche), aumentando la potenza elettrochimica e riducendo le perdite elettriche (il che esige il miglioramento della porosità degli elettrodi a gas).
- Campo di applicazione delle **pile polimere a combustibile** dovrebbe essere **l'auto elettrica**. Anche se molti paesi hanno messo in circolazione, a titolo di prova, perfino autobus mossi da queste pile, i problemi da risolvere sono molteplici: soprattutto la preparazione del combustibile, cioè la separazione dell'idrogeno necessario all'esercizio. La strada da seguire consiste forse nel migliorare le caratteristiche delle membrane a polimeri.

Per le **applicazioni pratiche** sono previsti innanzitutto **progetti P+D**: dal 1992 ATEL sta esaminando a Niedergösgen una pila polimera a combustibile, mentre le Aziende Municipali di Ginevra controllano dal 1993 il funzionamento di una pila all'acido fosforico di fabbricazione americana. Una terza pila HEXIS, di fabbricazione interamente svizzera, dovrebbe essere tra breve messa in servizio.



Più membrane della pila a combustibile HEXIS – 12 cm di diametro – sono fabbricate simultaneamente iniettando plasma sotto vuoto.



Pila HEXIS: membrana ceramica (verde) con elettrodi, piastra scanalata per l'apporto del combustibile e l'evacuazione dei prodotti della combustione.



Sistema HEXIS da 7 kW: nel cilindro a sinistra si trovano lo stack di pile e tutti gli apparecchi ausiliari.

## Glossario delle pile a combustibile

Le **pila a combustibile** sono generatori elettrochimici di corrente: si distinguono dalle batterie perchè vi è un apporto continuo di energia chimica sotto forma di combustibile. Due elettrodi piani sono separati da un elettrolita, sostanza che trasporta solo un certo tipo di ioni (particelle caricate elettricamente). Si distinguono diversi tipi di pile, a seconda dell'elettrolita e del combustibile di alimentazione.

Nelle **pila a combustibile in ceramica**, l'elettrolita è una ceramica di ossido di zirconio la quale permette solo il passaggio degli ioni di ossigeno. Su un elettrodo, il catodo, scorre aria. A causa della alta temperatura – fino a quasi 900 °C – e dell'effetto catalizzatore dell'elettrolita e dell'elettrodo, gli atomi dell'ossigeno dell'aria si ionizzano assorbendo 2 elettroni. Questi ioni migrano attraverso l'elettrolita per raggiungere l'altro elettrodo, l'anodo, cedendo i 2 elettroni e reagendo chimicamente con gli atomi del combustibile. Sull'anodo si ha eccesso, sul catodo carenza di elettroni: si stabilisce così tra i due elettrodi una differenza di tensione di circa 1 V. Il combustibile può essere, ad es., il gas naturale.

Le **pila a combustibile ad acido fosforico** hanno questo acido come elettrolita, nelle **pila a polimeri** funge da elettrolita una materia plastica. **Altri tipi di pile sono quelle alcaline e quelle a sale fuso**.

Le pile attuali si presentano come piastre piane fino ad 1 m<sup>2</sup> di superficie e di circa 1 cm di spessore; la potenza specifica è dell'ordine di 0,3 W/cm<sup>2</sup>. Sovrapponendo questi elementi si ottiene un modulo o »stack«. Tutti i modelli raggiungono un **rendimento elettrico** pari al 50 %, anche se in teoria sono possibili rendimenti fino al 70 %. Sfruttando il calore prodotto, il rendimento globale sale al 90 %.

Possibili applicazioni: **piccole centrali, unità termoelettriche a blocco, autoveicoli a trazione elettrica**.

Settore

Acumulatori/  
pile a combustibile

# Il risparmio energetico nel traffico veicolare

Il trasporto di persone e di merci assorbe **un terzo del fabbisogno energetico svizzero**, misurato allo uso finale. Secondo i dati relativi al 1994, il 56 % è imputabile al traffico motorizzato individuale, il 17 % al trasporto merci ed il 22 % al traffico aereo. Il traffico veicolare è quindi la categoria che assorbe la maggiore quota di energia (seguita dalle economie domestiche con il 29 %, l'agricoltura e l'artigianato con il 20 % e l'industria con il 19 %).

**Il traffico motorizzato individuale è all'origine di un inquinamento atmosferico iperproporzionale.** Gli autoveicoli non sono certo costruiti all'insegna del risparmio energetico. Inoltre, i catalizzatori sviluppano la loro piena efficacia nell'abbattimento delle sostanze nocive solo dopo una percorrenza di circa 5 km; si pensi che il 75 % dei veicoli percorre distanze inferiori a 10 km. I progressi realizzati nella riduzione del consumo dei motori sono vanificati in larga misura dalla tendenza ad acquistare auto più pesanti e più potenti. Infine, la mobilità non fa che aumentare e, con essa, il consumo di carburante.

Nel complesso il traffico, **specialmente quello stradale, dispone di un enorme potenziale di risparmio.** Il programma dell'UFE «Impiego razionale dell'energia nei trasporti» intende sfruttare questo potenziale. Anche se la Svizzera non ha una propria industria automobilistica, essa **può esercitare un influsso non trascurabile sullo sviluppo dei prototipi e sulla politica dei costruttori** grazie alla sua posizione di mercato, alla sua legislazione avanzata ed alla forza della sua rete di distribuzione.

Obiettivo principale della **ricerca è lo sviluppo di sistemi di trazione e di veicoli ad alta efficienza per il traffico individuale**, settore che offre le maggiori possibilità di risparmio. A medio termine, si pensa di poter immettere sul mercato un autoveicolo familiare multiuso con un consumo di carburante non superiore a 3 l/100 km. **Le vie da seguire sono molteplici:**

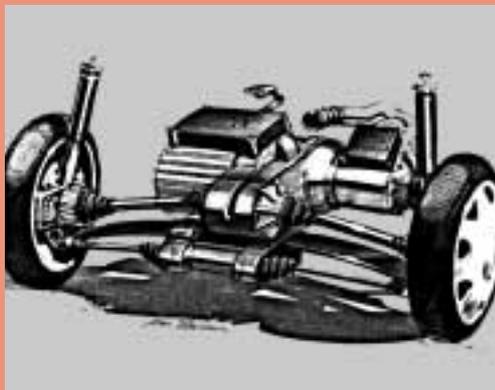
- **Nuovi sistemi di trazione** – motori benzina, Diesel o elettrici più efficienti, trazione ibrida e pile a combustibile – dovrebbero permettere la riduzione dei consumi e delle emissioni nocive.
- **Riduzione della massa dell'autoveicolo** grazie all'impiego di nuovi materiali e allo sviluppo di nuovi concetti costruttivi (una riduzione di 10 kg della massa permette una economia energetica dello 1 %, il che si traduce, a livello nazionale, nel risparmio di 40 milioni di litri di carburante all'anno).
- **L'energia cinetica** trasformata dai sistemi frenanti abituali in calore inutilizzato potrebbe essere **accumulata** in condensatori ad alto potenziale, in batterie o mediante altre tecnologie, ed essere quindi utilizzata in caso di bisogno, ad es. durante la fase di accelerazione.
- **Aumento della sicurezza passiva delle autovetture leggere** per combattere i pregiudizi.

**Altro elemento fondamentale** del programma di promozione è il **trasporto merci su strada**. Poco è ancora noto circa il volume e la frequenza di questi traffici. Si dovrebbero raccogliere **dati statistici sulle correnti di traffico attraverso la Svizzera, sia nazionale che internazionale** (chi trasporta cosa, da dove verso dove), ed altre informazioni ausiliarie per l'introduzione del **traffico merci combinato** strada-rotaia, sistema che permette di usufruire dei vantaggi offerti dai due sistemi. Altri obiettivi sono i contenitori modulari di trasporto ed un sistema di trasbordo merci computerizzato.

Nel quadro del programma P+D «autoveicoli leggeri», continuano a svolgersi a Mendrisio **numerosi esperimenti** per dimostrare i vantaggi dell'auto elettrica negli spostamenti di tutti i giorni e per esaminare il comportamento e la mobilità dell'eventuale utente. **L'applicazione** delle conoscenze teoriche dovrebbe sfociare nella diffusione di veicoli a trazione elettrica altamente efficienti.



Nelle prove d'urto che si svolgono ad esempio presso l'università ed il PF di Zurigo in condizioni molto prossime a quelle reali, si esamina il grado di sicurezza che i veicoli di costruzione leggera possono offrire.



Sistema ibrido di trazione economico e poco inquinante da una ditta zurighese: il motore a combustione lavora in parallelo con un motore elettrico. La figura rappresenta il modello.

## Glossario del traffico veicolare

**Traffico** (e trasporti) abbraccia il traffico su rotaia, nell'aria, sull'acqua e su strada. Il traffico su strada si divide a sua volta in **traffico motorizzato individuale** (autovettura, autobus, motociclo e ciclomotore) e **trasporto merci** (autoveicoli pesanti).

**I normali veicoli a motore** non sono molto efficienti in termini di energia. I loro motori a combustione alimentati a benzina o a gasolio hanno un rendimento piuttosto basso, gli organi di trasmissione del movimento non sono certo ottimali e la massa è in genere elevata.

Gli **autoveicoli leggeri** si differenziano per la loro massa ridotta e per una maggiore efficienza energetica.

Gli **autoveicoli a trazione elettrica** hanno, al posto del motore a combustione interna (benzina, gasolio, gas) un motore elettrico alimentato da accumulatori (batterie); in futuro, l'alimentazione potrà essere assicurata da un generatore di bordo mosso da un motore a combustione interna o da una pila a combustibile. Gli accumulatori oggi disponibili hanno una massa notevole rispetto alla loro capacità di accumulo e limitano perciò in larga misura il numero di posti, la massa totale a pieno carico, le prestazioni e l'autonomia.

Gli **autoveicoli elettrici superleggeri** sono autoveicoli ad elevate prestazioni per i quali la massa degli accumulatori può essere notevolmente ridotta.

Gli **autoveicoli ibridi** dispongono di due o più motori di tipo diverso, ad es. un motore elettrico per gli spostamenti urbani ed un motore a combustione interna per i percorsi extra-urbani. Sono pensabili batterie speciali, condensatori dalle prestazioni elevate o serbatoi ad alta pressione per l'alimentazione delle fasi di accelerazione o nei percorsi in salita.

Settore

Trasporti

# Interdipendenza tra società, politica, ecologia ed energia

L'approvvigionamento energetico è stato per lungo tempo regolato dalle leggi di mercato e da queste considerato come un compito tecnico-economico volto alla realizzazione di impianti in grado di produrre benefici. Solo la crisi petrolifera del 1973 ha richiamato l'attenzione su altri aspetti, quali la sicurezza dell'approvvigionamento nazionale ed i costi economico-sociali, dando l'avvio alla definizione di una vera e propria politica energetica. Tra gli obiettivi di questa politica figurano a pieno titolo la protezione dell'ambiente e lo sfruttamento delle energie rinnovabili. **Agli aspetti puramente economici dell'approvvigionamento di energia, si sono aggiunti quindi implicazioni sociali, politiche ed ecologiche.** Contemporaneamente si è sviluppato un nuovo ramo dell'economia il quale si occupa di questi nuovi e più ampi aspetti fondamentali: **l'economia energetica.** Oltre ai problemi di natura puramente economica, essa esamina:

- Il **consenso sociale** (come espressione di una nuova concezione dei valori e di una nuova visione sociale) ad es. alle centrali nucleari,
- **l'effetto delle misure politiche** (ad es. tasse sull'energia) e della pianificazione politico-energetica a lungo termine (ad es. la sostituzione delle centrali nucleari a partire dal 2005),
- **I rischi ed i costi dell'inquinamento ambientale** legato alla produzione ed all'uso dell'energia.

Questo nuovo campo di studi è divenuto recentemente ancora più attuale in seguito all'**internazionalizzazione del mercato energetico**, sia nel quadro dell'UE, sia come conseguenza della globalizzazione dell'economia. Quali sono le posizioni che l'economia e la politica energetiche devono assumere?

Compito dell'economia energetica è quello di dare una risposta a queste domande e di **fornire quindi gli elementi fondamentali affinché l'economia e la politica possano decidere.** La ricerca in questo settore è coordinata dall'UFE. Gli obiettivi principali per il periodo 1996/99 sono:

- **Raccolta di dati**, ad es. **per migliorare i dati statistici** in campo industriale ed in quello del terziario.
- Analisi della domanda e dell'offerta di energia, accompagnata da un ulteriore sviluppo dei metodi e dei modelli esistenti.
- **Previsione del futuro** fabbisogno di energia, elaborata sulla base di **modelli** che, ad esempio, descrivono le leggi che regolano la crescita della domanda. Studio dell'influsso delle **misure di politica energetica** sulla domanda e sull'economia.
- Analisi delle misure introdotte (misure volontarie, tariffe, normative e divieti) nel senso di un controllo degli effetti provocati e quale contributo alla realizzazione di una politica energetica efficace.
- L'elaborazione di **strategie a livello internazionale** relativamente ai **costi ed alla redditività dei sistemi energetici** è un compito fondamentale. Le difficoltà risiedono nel quantificare in denaro i danni, ad es. quelli che l'effetto serra potrebbe provocare in Svizzera.
- In economia energetica, quasi tutto dipende da tutto. Si tratta, in vista di questa **»interdipendenza«**, di inquadrare l'approvvigionamento nazionale di energia nel futuro contesto internazionale.

Oltre alla pubblicazione di relazioni tecniche ed all'organizzazione di seminari, la ricerca nel campo dell'economia energetica fornisce spesso i **dati fondamentali necessari per evadere i postulati parlamentari.**

## Esempio: Ripercussioni delle tariffe elettriche

Un progetto sul tema »controllo dei risultati« ha esaminato, nel 1994/95, **»le ripercussioni sulla domanda di energia elettrica di una revisione delle tariffe orientata sui costi marginali«** (i costi marginali, o incrementali, sono gli investimenti necessari alla produzione di energia elettrica dopo aver sfruttato completamente la capacità dei mezzi attuali di produzione, cioè gli investimenti necessari alla costruzione di nuove centrali).

In base alle esperienze raccolte, i ricercatori hanno stimato l'elasticità dei prezzi, cioè gli aumenti del costo della corrente a partire dai quali gli utenti cominciano a limitare di proposito i loro consumi per economizzare denaro, e valutata l'influenza che altri fattori possono esercitare sulla domanda di elettricità. Le conclusioni possono così essere

riassunte:

- Gli aumenti delle tariffe spingono gli utenti a risparmiare sul consumo. La politica dei prezzi è perciò uno strumento per influire sui consumi.
- Le tariffe notturne ridotte inducono l'utenza a spostare i consumi verso questa fascia (ad esempio, inserimento dello scaldacqua durante la notte). Le centrali lavorano a pieno carico anche di notte: questo significa minori costi di esercizio e, di conseguenza, costi di corrente più bassi.
- La domanda sempre più forte di energia nella fascia a tariffa più alta e la conseguente costruzione di nuove centrali può essere combattuta applicando tariffe ancora più elevate per questo tipo di consumo.

Questo esempio cade sotto la voce »controllo dei risultati« in quanto doveva permettere di verificare l'efficacia delle misure applicate, in particolare l'effetto degli aumenti tariffari nel quadro di una revisione dei prezzi. I ricercatori

non si sono però limitati a questo settore, ma hanno anche esaminato l'influsso di altri tipi di modifiche tariffarie e di altri modelli sulla domanda di elettricità.

## Glossario dell'economia energetica

**L'economia energetica** è quel ramo dell'economia che si preoccupa di coprire il fabbisogno di energia a prezzi ragionevoli grazie alla produzione, la trasformazione e la distribuzione delle fonti energetiche. Considerata l'importanza che riveste l'approvvigionamento di energia per il settore privato e per quello pubblico, l'economia energetica svolge pertanto un ruolo fondamentale. Inoltre, siccome i vincoli che gravano sull'ubicazione di molti impianti fornitori di energia, quali le centrali idroelettriche, favoriscono **situazioni di monopolio**, lo Stato deve esercitare, mediante la sua **azione politica** a livello internazionale, un forte influsso sull'economia energetica.

La **redditività** spinge a cercare l'ubicazione degli impianti ed a dimensionare gli stessi in modo da realizzare i benefici conformi alle leggi di mercato. Questa definizione economica si riferisce ai **costi »interni«**, cioè a quei costi legati alle spese di esercizio ed in base ai quali le imprese calcolano il prezzo di mercato dell'energia. I calcoli non tengono conto dei **costi »esterni«**, cioè di quei costi (non sopportati, o solo parzialmente sopportati, dalle imprese) conseguenti ai danni alla salute ed all'ambiente provocati dalla produzione e dalle applicazioni dell'energia (ad es., l'inquinamento atmosferico dovuto al traffico veicolare). Questi costi sono sopportati da terzi o dalla comunità.

Per la difesa dell'ambiente, e affinché vi sia equità di trattamento per tutti gli agenti energetici, i costi esterni dovrebbero essere **integrati** in quelli interni. Questo può avvenire tramite la prescrizione di oneri »ecologici«, tali cioè da combattere i danni all'ambiente (ad es., l'obbligo dei catalizzatori per gli autoveicoli), o tramite imposte a compensazione dei carichi ambientali provocati (ad es. la tassa sui carburanti). La relazione tra causa ed effetto non è però sempre evidente, ed i costi esterni non sono sempre esattamente definibili, o **traducibili in moneta.**

Settore

**Elementi di economia energetica**

# Collaborazione al di là delle frontiere – sempre attuale

La Svizzera non può svolgere una politica ed una ricerca indipendenti, come non può sviluppare la propria economia o proteggere efficacemente il proprio ambiente senza la collaborazione internazionale.

**La collaborazione internazionale va a vantaggio di tutti i partecipanti**, ammesso che sia fondata su un vero spirito di cooperazione. In questo caso, essa è fonte di sinergia, permette di eliminare le sovrapposizioni e rafforza l'efficacia della ricerca; non da ultimo, può essere profittevole all'industria del proprio paese. Infine, il lavoro internazionale favorisce l'armonizzazione delle norme legislative e dei regolamenti.

**Non sempre, però, la collaborazione internazionale è auspicabile e vantaggiosa.** In linea generale, i lavori di ricerca dai quali si spera ottenere, a breve termine, risultati brevettabili non sono appropriati alla cooperazione internazionale, almeno per un paese come la Svizzera fortemente dipendente dalle esportazioni. In tali casi, infatti, sono possibili solo brevetti nazionali. Occorre perciò soppesare di caso in caso i vantaggi e gli svantaggi che un lavoro di ricerca potrebbe trarre da una collaborazione internazionale.

**La ricerca svizzera offre un terreno tradizionalmente accogliente ai progetti internazionali.** L'UFE può fornire tutte le informazioni al riguardo.

La cooperazione nel quadro dell'**Agenzia Internazionale sull'Energia (AIE)** risale al 1977. Attualmente la Svizzera partecipa ad oltre la metà di tutti i progetti di questa Agenzia, godendo di un vero diritto di consultazione nella concezione e nello svolgimento dei progetti.

Anche l'Unione Europea (UE) collabora ai progetti dell'AIE. **La Svizzera è quindi esattamente al corrente dei lavori di ricerca energetica elaborati dalla UE.** Inoltre, **numerose convenzioni regolano la partecipazione del nostro paese ai programmi UE**, quali COST, EUREKA, EURATOM. Gli istituti svizzeri di ricerca collaborano **anche ai programmi-quadro dell'UE** nel settore dell'energia. Bisogna osservare però che l'accesso a questi programmi è reso piuttosto difficile e le possibilità di intervento nella concezione e nella scelta dei progetti sono molto limitate.

Il concetto federale a base della ricerca energetica **auspica la collaborazione con gli Stati dell'Europa orientale e con i paesi in via di sviluppo.** In primo piano vi sono soprattutto aspetti limitati al breve termine. Una cooperazione efficace è possibile solo tramite contatti e finanziamenti diretti. Si tratta di rafforzare, e di consolidare, i gruppi di ricerca locali grazie alla realizzazione di progetti comuni opportunamente selezionati. Si deve anche esaminare la possibilità di svolgere sul terreno, nei paesi dell'Est, ricerche i cui risultati possano essere facilmente adattati alle condizioni svizzere.

E' infine auspicabile **la collaborazione** a livello mondiale ed un impegno **più intenso con i paesi in via di sviluppo, specialmente nell'ottica energia/ambiente.**

## Glossario »internazionale«

L'**AIE (Agenzia Internazionale della Energia)**, con sede a Parigi, è stata fondata nel 1974 dall'Organizzazione per la cooperazione e lo sviluppo economico (OCSE) dopo che quest'ultima, in seguito alla crisi petrolifera del 1973, aveva considerato insicuro l'approvvigionamento di energia (l'OCSE è impegnata a coordinare la politica economica e l'aiuto allo sviluppo dei paesi industrializzati). L'AIE si propone di ridurre la quota di partecipazione del petrolio alla copertura del fabbisogno energetico dei paesi industrializzati incentivando il ricorso alle energie alternative. A tale scopo, essa offre un quadro per la realizzazione di lavori di ricerca finanziati dai paesi partecipanti.

L'**EURATOM** (Comunità europea per l'energia nucleare) si basa su un trattato, concluso nel 1957 tra i paesi membri dell'UE, avente lo scopo di creare e sviluppare in questi paesi l'industria nucleare. La Svizzera collabora con l'EURATOM dal 1979.

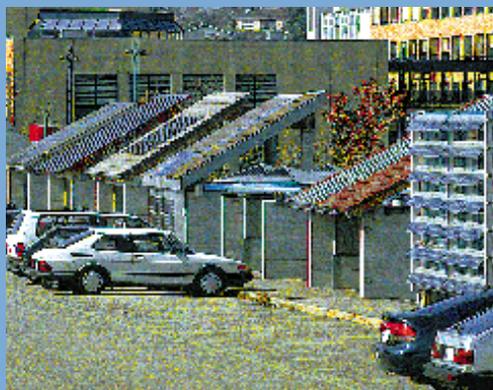
**EUREKA** è una iniziativa degli Stati dell'Europa occidentale, nata nel 1985, volta a promuovere la partecipazione dei diversi paesi allo sviluppo di progetti di ricerca prossimi in grado di soddisfare le esigenze del mercato.

Nel quadro di **COST**, cooperazione europea nel settore della ricerca scientifica e tecnica, istituita nel 1971, si provvede al coordinamento dei progetti allo scopo di incentivarne l'efficacia.

Il **programma-quadro di ricerca dell'UE** vuole rafforzare la capacità concorrenziale dell'industria, specialmente nel campo dell'energia. A tale scopo si promuovono le attività nazionali di ricerca che necessitano di sforzi particolari.



Collaborazione internazionale nel settore della **fusione nucleare**: il rivestimento della camera interna del Tokamak con carburi del boro, sviluppati in Svizzera, (nel JET, in figura) protegge in larga misura il plasma dalle impurità.



Collaborazione internazionale nel **fotovoltaico**: nel quadro di un progetto AIE presso il PFL, alcuni impianti FV sono messi in opera per dimostrare la loro integrazione nell'architettura degli edifici.

Integrazione  
internazionale

# La ricerca teorica e le applicazioni pratiche

Gli scienziati non sono in genere degli uomini di affari. Essi si dedicano al loro lavoro spinti in primo luogo dal desiderio di soddisfare la loro curiosità tecnica o scientifica. Terminato un progetto, si dedicano completamente al prossimo. Quello che accade con i risultati del suo lavoro è di secondaria importanza. Questa attitudine, più diffusa nella ricerca fondamentale che in quella applicata, si incontra più spesso nella ricerca pubblica che in quella privata. In ogni caso, la ricerca viene a costituire un inutile dispendio di mezzi e di impegno qualora i risultati teorici, suscettibili di trovare applicazioni pratiche promettenti (creazione di nuovi prodotti o di processi tecnologici), non siano sfruttati in pieno o lo siano solo tardivamente.

**Il trasferimento al campo pratico svolge un ruolo molto importante nella ricerca energetica in quanto contribuisce a garantire l'approvvigionamento di energia.** L'aumento della capacità concorrenziale dell'industria grazie al lancio di un nuovo prodotto giova anche all'economia pubblica nel suo insieme. Per questi motivi, le possibilità di trasferimento nel settore pratico sono sempre più oggetto di attenzione a livello internazionale, contrariamente a quanto avveniva nel passato.

Non esistono ricette semplici per facilitare il passaggio delle idee teoriche alle applicazioni concrete, anche perché un tale trasferimento deve conciliare gli interessi, spesso contrastanti, della ricerca, dell'industria, dell'amministrazione, dell'economia e dei consumatori. Questo significa che una strategia valida per un determinato tema non lo è per il successivo. L'industria si interessa ai risultati convertibili rapidamente in prodotti commerciabili, mentre la ricerca ufficiale tende piuttosto ad occuparsi di obiettivi raggiungibili in tempi lunghi. In altre parole, **le vie da seguire per il trasferimento dei risultati teorici sono varie e molteplici.**

Una commissione internazionale di esperti, che nel 1992/93 ha esaminato **la ricerca svizzera sulla energia**, ha attribuito **un buon voto all'attività di transfer**. Quali erano state **le misure adottate** dall'UFE?

- Creazione dell'**ENET** quale centro di informazione e di transfer, incaricato di rendere accessibili al pubblico tutte le pubblicazioni di una certa importanza. Inoltre l'UFE si incarica di inserirle in una banca internazionale dati.
- Nel quadro dei progetti incentivati, si esige la presentazione di un **rapporto annuale dettagliato che viene reso accessibile all'opinione pubblica e, in particolare, ai rami industriali interessati.**
- Le imprese e le associazioni non direttamente coinvolte nella ricerca energetica sono invitate regolarmente a partecipare a **seminari informativi.**
- Uno degli strumenti più efficaci di trasferimento dei risultati teorici nella pratica si è rivelato essere il **sostegno che i progetti P+D** possono ricevere dall'UFE e dai Cantoni.
- I direttori dei diversi settori sono tenuti a compilare, insieme ai loro programmi di lavoro, anche un **concetto relativo all'attività di transfer.**

Una ulteriore promozione del transfer si è avuta con **il passaggio di molti laureati dall'università all'industria, sempre conservando il loro campo di lavoro**: come numerosi esempi stanno a dimostrare, lo scontro tra le conoscenze teoriche e la costrizione a produrre per la pratica si è rivelato molto fruttuoso.

## Esempio di transfer: carta dell'irraggiamento solare in Svizzera

Alla fine degli anni 70 è apparso chiaro che uno sfruttamento efficace e diffuso dell'energia solare presupponeva la conoscenza dell'intensità e della durata dell'irraggiamento per ogni località del paese. Solo così è infatti possibile calcolare l'apporto energetico degli impianti solari e dimensionare correttamente la superficie dei pannelli e degli accumulatori d'acqua calda. In Svizzera esistono alcune stazioni meteorologiche che misurano i dati relativi al sole: il loro numero è però insufficiente se confrontato agli oltre 3000 comuni del nostro paese. In breve: esiste l'urgente necessità di una carta dell'irraggiamento solare per ogni località. NEFF e UFE hanno assunto il finanziamento del progetto METEONORM che riunisce meteorologi e utilizzatori.

1982–1985: i dati disponibili in materia di irraggiamento solare non sono quasi utilizzabili per i progettisti, in quanto imprecisi e relativi a periodi troppo brevi. Si è proceduto quindi ad una faticosa elaborazione dei dati raccolti da 69 stazioni meteorologiche sulla durata del soleggiamento ed a quella

dei dati forniti dai satelliti per valutare la distribuzione della nuvolosità. Edizione di «METEONORM per i progettisti di impianti solari», quaderni per una nuova presentazione dei dati meteorologici, soprattutto in vista della loro uso **per la produzione di acqua calda e per il riscaldamento.**

- 1986–1988: proseguimento dei lavori di misurazione e di valutazione. METEONORM viene completato con i dati **per gli impianti fotovoltaici.**
- 1989–1990: proseguimento dei lavori di misurazione e di valutazione per ampliare METEONORM con i dati **per impianti eolici.**
- 1991–1995: misurazioni eseguite con i metodi EED più moderni. **Manuale con un programma PC** per calcolare il soleggiamento in una località qualsiasi in vista di una sua utilizzazione attiva, passiva e fotovoltaica.

Il transfer dei risultati del progetto si può stimare in base ai 12'000 esemplari delle edizioni 1985/88/90 venduti (di cui il 10 % all'estero). METEONORM fa ormai parte del bagaglio di ogni progettista di impianti solari.

La ricerca è come sempre inoltrarsi su un terreno sconosciuto – non si è mai sicuri di raggiungere la meta. Nonostante un'accurata preparazione, alcuni progetti non sono coronati da successo. In questa pagina, e

nella seguente, è riportata in forma concisa l'iter di qualche progetto: alcuni hanno raggiunto l'obiettivo senza incontrare difficoltà, altri hanno dovuto superare ostacoli più o meno seri, altri sono sulla buona strada.

## **Glossario del transfer**

Per **transfer** si intende il passaggio dei risultati teorici alle applicazioni pratiche. Un esempio servirà a chiarire quanto detto: un progetto di ricerca ha dimostrato che – durante il periodo di riscaldamento – un isolante termico trasparente, posato sulla facciata di un immobile, ha permesso di convogliare all'interno dello stesso oltre 100 kWh di energia termica per ogni m<sup>2</sup> di superficie. Sono stati quindi installati alcuni impianti P+D che hanno confermato i risultati della ricerca. In seguito a ciò, parecchie ditte svizzere hanno iniziato la fabbricazione di questo materiale: le vendite, prima timide, si sono poi sviluppate in maniera soddisfacente; il transfer può dirsi riuscito.

Un passo importante sulla via del transfer sono gli **impianti P+D**. Negli **impianti P (pilota)** si realizza per la prima volta un impianto o si riproduce un processo su scala tecnica, allo scopo di controllare i risultati ottenuti in precedenza in laboratorio.

Il passo successivo è rappresentato dagli **impianti D (di dimostrazione)**, costruiti in scala 1:1, i quali permettono di formulare un severo giudizio tecnico, economico ed ecologico nell'ottica di una possibile realizzazione commerciale. Gli impianti D servono cioè a valutare le possibilità di mercato.

Gli impianti P, ma specialmente gli impianti D, dovrebbero anche richiamare l'attenzione degli utenti potenziali sui nuovi prodotti e sulle nuove tecnologie.

Nonostante il riconoscimento ottenuto, a metà degli anni 90 sono apparse alcune lacune nel sistema del transfer. **Nel 1996, l'UFE** è corso ai ripari eliminando, grazie ad una **riorganizzazione strutturale**, il fossato che separava la ricerca fondamentale dalla commercializzazione. La nuova struttura raggruppa in un unico settore tecnico sia i programmi di ricerca che gli impianti P+D e l'attività di penetrazione sul mercato, a profitto del coordinamento tra i 15 settori e del transfer.

Altre proposte per l'eliminazione dei punti deboli sono state presentate nel corso della 5ª conferenza svizzera sulla ricerca energetica, organizzata dall'UFE nel novembre 1995 ad Yverdon sul tema »transfer dei risultati«. Sono emerse tutta una serie di campagne aventi principalmente come obiettivo una **collaborazione più stretta tra la ricerca pubblica e quella privata**:

- Bisognerà ad esempio **invitare l'industria a partecipare ai progetti di ricerca il più presto possibile** in modo da poter adattare gli stessi ai suoi bisogni specifici.
- Nei gruppi che sorvegliano e consigliano i singoli settori della ricerca si dovranno inserire **un maggior numero di rappresentanti dell'industria** in possesso di una buona esperienza nei processi di transfer. I gruppi valuteranno i progetti anche in termini di trasferibilità dei risultati.

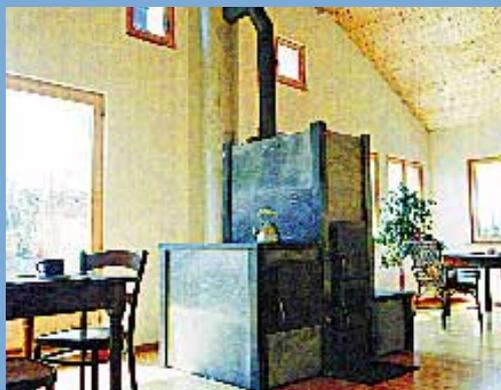
**Il presente fascicolo sottolinea l'importanza del transfer nella ricerca energetica riassumendo ed illustrando le misure più importanti di transfer al termine della descrizione dedicata ad ogni singolo settore di ricerca.**

Esempio di transfer: elementi FV per tetti piani

Per abbassare i costi dell'elettricità prodotta dagli impianti solari bisogna eliminare i costi del terreno: in altre parole, i moduli FV (pag. 8) devono poter essere montati sulle facciate o sui tetti ed integrati alla costruzione (nel senso di svolgere una seconda funzione, come elemento di copertura del tetto o della facciata, ad es. e sostituire quindi gli elementi costruttivi tradizionali). I numerosissimi tetti piani di edifici amministrativi e di fabbriche nascondono un enorme potenziale FV. Una comunità di ricercatori, formata da uno studio di ingegneria e da un istituto universitario, ambedue specializzati nel fotovoltaico, e da un futuro utilizzatore, ha proposto elementi di copertura per tetti piani più leggeri e più facili da montare – quindi più economici – degli elementi tradizionali. Questo progetto è sostenuto dall'UFE dal 1992.

- 1992–1993: sviluppo ed esame di elementi portanti di calcestruzzo, acciaio, leghe di alluminio e di eternit per montaggio a »Shed«. Cablaggio elettrico integrato. L'ecobilancio ed i costi parlano a favore degli elementi realizzati in calcestruzzo.
- 1994–1995: realizzazione di 5 impianti P+D su tetti di edifici scolastici e di fabbriche. Gli elementi portanti sono stati migliorati e prodotti a costi ridotti (meno del 50 % degli elementi portanti classici, il che ha reso possibile per la prima volta di produrre corrente solare ad un prezzo inferiore ad 1 franco al kWh). Gli elementi sopportano anche velocità del vento molto alte senza dispositivi speciali di ancoraggio. I moduli solari sono fissati mediante staffe metalliche.

La produzione del sistema portante completo dei moduli standard FV è iniziata nel 1996. Il primo impianto di una certa importanza – potenza di picco pari a 102 kW prodotta da 1200 moduli FV standard su 2400 blocchi di cemento – è montato sul tetto di una nuova banca nei pressi di Lugano.



**Esempio di transfer: elementi fotovoltaici per tetti piani.** Ogni modulo FV, lungo 120 cm e largo 52 cm, poggia su due zoccoli di calcestruzzo. Il peso dello zoccolo garantisce una sufficiente resistenza all'azione del vento.

**Esempio di transfer: caldaia a legna.** Nuovi tipi di caldaie e di stufe uniscono condizioni tecniche ottimali di combustione e design moderno. Esse sono sufficienti a riscaldare abitazioni a basso consumo.

Esempio di transfer:  
Bruciatori a legna

Dagli anni 80 fino all'inizio degli anni 90 sono stati sostenuti numerosi progetti di **bruciatori a legna economici e poco inquinanti** (ved. pag. 10). Il mercato offre attualmente impianti ecologici ad alto rendimento di ogni tipo – dalle stufe a legna per le abitazioni a basso consumo energetico, ai sistemi di tele-riscaldamento, alle centrali termoelettriche a blocco.

Esempio di transfer:  
Corrosione delle caldaie  
ad olio combustibile

Negli anni 80, numerose caldaie ad olio ad alto rendimento (**caldaie a condensazione**) venivano attaccate dalla **corrosione** dopo pochi anni di esercizio. Uno studio ha permesso di risalire alle cause: l'acido solforico che si forma dallo zolfo presente nel combustibile si condensa sulla parete esterna della caldaia provocandone la corrosione. Un altro progetto ha permesso di dimostrare che un rivestimento di resine sintetiche termoindurenti costituisce una protezione efficace.

Esempio di transfer:  
Accumulatori  
per autoveicoli elettrici

Un progetto per lo sviluppo di **accumulatori al Nickel/idruri metallici** (ved. pag. 17) è sfociato, a metà degli anni 90, in un prototipo per auto elettriche in grado di competere efficacemente sul piano internazionale. Non conoscendo l'evoluzione che subirà la trazione elettrica, appare prematuro passare alla costruzione in grande serie di questo tipo di accumulatore.

**Trasferimento  
nella pratica  
dei risultati  
della  
ricerca**

# La ricerca: CHI, COSA e COME?

Appare evidente che la ricerca svolta dagli appositi istituti della Conferazione e dei Cantoni – PF, università, scuole tecniche – sia finanziata con il denaro pubblico. Controverso era invece il finanziamento pubblico volto alla promozione della ricerca privata svolta dall'industria, dagli studi di ingegneria e dai privati. L'industria, la grande impresa industriale in particolare, ha per lungo tempo rifiutato il sostegno dello Stato, e questo per una buona ragione: **chi intende profittare del denaro della collettività deve impegnarsi a rendere pubblici i risultati dei suoi lavori**, con il pericolo che la concorrenza ne possa trarre profitto.

Nel frattempo si sono sviluppati modelli in grado di garantire all'industria una **protezione, anche se limitata nel tempo, per i settori »sensibili« della ricerca**. Più che questa concessione agli interessi delle imprese, **è stata la recessione degli anni 90 ad incrementare la domanda di aiuto finanziario da parte del settore privato** (si aggiunga la pressione della concorrenza esercitata dai paesi esteri, dove la ricerca industriale è spesso fortemente sostenuta dai poteri pubblici). Il finanziamento statale della ricerca sembra essere oggi un aiuto molto gradito (mentre i mezzi propri dedicati alla ricerca si assottigliano a causa della recessione).

L'industria continua tuttavia a preferire il lavoro »a porte chiuse« quando si tratta di attività che sembrano promettere sviluppi di un qualche interesse. Il sostegno pubblico è richiesto per i problemi marginali e per i lavori preparatori ad alto rischio finanziario, ancora immaturi per una qualche applicazione pratica.

**Grazie agli incarichi di ricerca ricevuti, numerosi studi di ingegneria hanno la possibilità di specializzarsi** in diversi settori e di migliorare la loro capacità concorrenziale.

**Aspetto centrale della promozione è la ricerca applicata**. Si tratta cioè di quella ricerca in grado di esprimersi in un prodotto (ad es. un computer a basso consumo energetico), in un impianto di conversione dell'energia (ad es. le pile a combustibile), in misure di miglioramento (ad es. sistemi di controllo del traffico atti ad evitare ingorghi) o procedimenti (ad es. condizionamento dell'aria a basso consumo).

**Gli impianti pilota e di dimostrazione hanno il compito di accelerare il trasferimento dei risultati teorici nella pratica. Questo è il motivo per cui questi impianti sono inclusi nei programmi di promozione, a condizione tuttavia che l'industria o l'esercente sopporti la maggior parte dei costi**. Una tale condizione obbliga l'industria ad un esame critico ed approfondito del progetto, cosa che a sua volta favorisce le realizzazioni indipendenti.

**Oltre all'UFE** (ved. colonna a destra), i fondi dell'economia energetica per la ricerca **appoggiano direttamente progetti di ricerca specifici**.

**Diversi Cantoni versano contributi per la realizzazione di impianti pilota e di dimostrazione (P+D)** nel settore della tecnica energetica. I centri cantonali dell'energia forniscono informazioni sulla promozione cantonale e sulle modalità di assegnazione dei contributi.

## Il quadro giuridico della promozione

La Confederazione poggia il suo aiuto diretto alla ricerca nel settore energetico sulle seguenti norme giuridiche:

- legge sull'energia atomica (art. 2) del 23.12.59,
- legge sulla ricerca del 7.10.1983,
- decreto sull'energia (art. 10) del 14.12.1990.

A queste si aggiungono numerose competenze specifiche, sia a livello di costituzione che di legge, le quali permettono alla Confederazione di promuovere la ricerca energetica (ad es. la legislazione sulla protezione dell'ambiente).

**L'attività promozionale della Confederazione avviene in parte per via indiretta attraverso i contributi versati al Fondo nazionale svizzero, ai programmi di ricerca dell'UE ed attraverso i finanziamenti ai PF ed agli Istituti di ricerca. L'aiuto diretto e specifico è possibile però solo tramite l'UFE.**

L'articolo costituzionale sull'energia approvato nel 1990 fornisce alla Confederazione anche la competenza per la promozione degli impianti pilota e di dimostrazione, soprattutto nel settore del risparmio energetico e dell'utilizzazione delle energie rinnovabili.

Il decreto sull'energia, entrato in vigore nel 1991, getta le premesse legali per la promozione degli impianti P+D. Esso dovrebbe essere sostituito, nel 1998, da una legge sulla energia poggiante sulle stesse basi.

Alcuni Cantoni hanno inserito nella loro legislazione la promozione degli impianti P+D, altri limitano il loro appoggio ai propri impianti.

I Cantoni partecipano alla ricerca energetica attraverso i lavori svolti dalle università cantonali, dagli istituti tecnici superiori e dalle scuole tecniche di specializzazione.

## Il trattamento ed il disbrigo delle domande

Ognuno è libero – istituto universitario, ditta e studio di ingegneria, persone singole – di rivolgersi all'UFE per l'ottenimento di contributi per lo sviluppo di progetti di ricerca sull'energia.

**L'obiettivo del progetto deve essere in armonia con il »concetto federale per la ricerca energetica«**. Gli interessati devono perciò assicurarsi – sulla base del »concetto« in vigore e del piano di esecuzione valido per il settore in questione – che i loro progetti sono conformi alle direttive della Confederazione in materia (il »concetto« ed i piani di esecuzione sono disponibili presso l'UFE).

**La domanda deve essere presentata all'UFE sotto forma di schema progettuale o di offerta dettagliata** (domanda-re il modulo speciale ad hoc).

**Se del caso, l'UFE può mettere a concorso progetti di ricerca** pubblicandone le condizioni nelle riviste tecniche e nel »ENET-News«. Le domande relative a questi progetti seguono lo stesso iter delle domande »spontanee«.

**Entro un mese, l'UFE fa conoscere la sua decisione: rifiuto o esame del progetto. La decisione definitiva è presa in genere nel corso dei tre mesi successivi alla presentazione del progetto**, dopo essere stato sottoposto all'esame di un gruppo di esperti.

**L'UFE decide sull'ammontare del contributo, dopo aver consultato gli esperti ed i direttori del programma e del settore interessati**. A seconda dell'ampiezza e dei costi del progetto, i contributi possono essere compresi tra qualche migliaio di franchi fino ad oltre un milione. La durata del progetto si estende in genere nell'arco di tre anni.

Indirizzi da consultare: pagina seguente.

Promozione  
della  
ricerca  
energetica

# Indirizzi

## dei direttori dei settori e dei programmi

	SETTORE Subsettore	Direttore settore (UFE)	Ricerca	Direttore programma	P&D	
Sez. sfruttam. razionale dell'energia	<b>SISTEMI E FRONTIERE ESTERNE DEGLI EDIFICI</b>	<b>Hans-Peter Nützi</b> 031 - 322 56 49	<b>Markus Zimmermann</b> , EMPA-KWH, 8600 Dübendorf tel. 01 - 823 41 78, fax 01 - 821 62 44 E-mail: mark.zimmermann@empa.ch			
	<b>IMPIANTISTICA</b>	<b>Martin Stettler</b> 031 - 322 55 53				
	<b>ARCHITETTURA SOLARE e SFRUTTAMENTO LUCE DIURNA</b>	<b>Walter Luginbühl</b> 031 - 322 56 41	<b>Robert Hastings</b> , ETH-Hönggerberg, 8093 Zurigo tel. 01 - 633 29 88, fax 01 - 633 10 75 E-mail: hastings@orl.arch.ethz.ch			
	<b>ELETTRICITÀ, APPARECCHI</b>	<b>Rolf Schmitz</b> 031 - 322 54 61	<b>Roland Brüniger</b> , Isenbergstr. 30, 8913 Ottenbach tel. 01 - 760 00 66, fax 01 - 760 00 68 E-mail: roland.brueiniger@r-brueiniger-ag.ch			
Sezione energie rinnovabili	<b>CALORE AMBIENTE, COGENERAZIONE FORZA-CALORE</b>	<b>Fabrice Rognon</b> 031 - 322 47 56	<b>Martin Zogg</b> , Kirchstutz 3, 3414 Oberburg tel. 034 - 422 07 85, fax 034 - 422 69 10 E-mail: martin.zogg@bluewin.ch	<b>Fabrice Rognon</b>		
	<b>SFRUTTAM. ATTIVO DELL'ENERGIA SOLARE</b> Calore solare	<b>Urs Wolfer</b> 031 - 322 56 39	<b>J.-Chr. Hadorn</b> , ch. des Fleurettes 5, 1007 Lausanne tel. 021 - 616 28 31, fax 021 - 616 28 31 E-mail: jchadorn@swissonline.ch	<b>Pierre Renaud</b> , PLANAIR, Crêt 108 A, 2314 La Sagne, tel. 032 - 931 88 28, fax 032 - 931 18 68 E-mail: info@planair.ch		
	<b>SFRUTTAM. ATTIVO DELL'ENERGIA SOLARE</b> Fotovoltaico		<b>Stefan Nowak</b> , Waldweg 8, 1717 St. Ursen tel. 026 - 494 00 30, fax 026 - 494 00 34 E-mail: stefan.nowak.net@bluewin.ch			
	<b>LEGNA</b>	<b>Daniel Binggeli</b> 031 - 322 68 23	<b>Daniel Binggeli</b>	<b>Chr.-W. Rutschmann</b> , VHE, Falkenstr. 26, 8008 Zurigo, tel. 01 - 252 30 70, fax 01 - 251 41 26 E-mail: lignum@access.ch		
	<b>ALTRE BIOMASSE</b>	<b>Martin Hinderling</b> 031 - 322 56 42	<b>Martin Hinderling</b>			
	<b>ALTRE ENERGIE RINNOVABILI</b> Geotermia	<b>Martin Brunner</b> 031 - 322 56 10	<b>Harald L. Gorhan</b> , EWI, Bellerivestr. 36, 8034 Zurigo tel. 01 - 385 27 33, fax 01 - 385 26 54 E-mail: harald.gorhan@ewi.ch			
	<b>ALTRE ENERGIE RINNOVABILI</b> Piccole centrali idroelettriche		<b>Martin Brunner</b>	<b>H.P. Leutwiler</b> , ITECO, Postfach, 8910 Affoltern a. A., tel. 01 - 762 18 33, fax 01 - 762 18 15 E-mail: iteco@iteco.ch		
	<b>ALTRE ENERGIE RINNOVABILI</b> Energia eolica		<b>Martin Brunner</b>	<b>Robert Horbaty</b> , ENCO GmbH, Bärenwil 195, 4438 Langenbruck, tel. 062 - 390 16 53, fax 061 - 390 18 73, E-mail: enco@spectraweb.ch		
<b>CALORE DI RIGETTO</b>	<b>Martin Zogg</b> , Kirchstutz 3, 3414 Oberburg tel. 034 - 422 07 85, fax 034 - 422 69 10 E-mail: martin.zogg@bluewin.ch		<b>Martin Brunner</b>			
Sezione settori particolari	<b>FONTI CHIMICHE E FOSSILI DI ENERGIA</b> Chimica solare e idrogeno	<b>Alphons Hintermann</b> 031 - 322 56 54	<b>Armin Reller</b> , BTW, Schlachthofstr. 1, 8406 Winterthur tel. 052 - 209 09 90, fax 052 - 209 09 91 E-mail: btwag@diel.eunet.ch			
	<b>FONTI CHIMICHE E FOSSILI DI ENERGIA</b> Combustione e carburazione		<b>Alphons Hintermann</b>			
	<b>FONTI CHIMICHE E FOSSILI DI ENERGIA</b> Accumulo di calore		<b>Jean-Christophe Hadorn</b> , ch. des Fleurettes 5, 1007 Lausanne tel. 021 - 616 28 31, fax 021 - 616 28 31 E-mail: jchadorn@swissonline.ch			
	<b>ENERGIA NUCLEARE</b> Tecnica e sicurezza nucleare	<b>Christophe de Reyff</b> 031 - 322 56 66	<b>Wolfgang Kröger</b> , PSI, 5232 Villigen tel. 056 - 310 27 42, fax 056 - 310 44 11 E-mail: kroeger@psi.ch			
	<b>ENERGIA NUCLEARE</b> Ricerca sulla sicurezza		<b>Sabyasachi Chakraborty</b> , HSK, 5232 Villigen tel. 056 - 310 39 36, fax 056 - 310 39 95 E-mail: chakraborty@hsk.psi.ch			
	<b>ENERGIA NUCLEARE</b> Fusione nucleare		<b>Stéphane Berthet</b> , BBW, 3003 Berna tel. 031 - 322 99 67, fax 031 - 322 78 54 E-mail: stephane.berthet@bbw.admin.ch			
	<b>ACCUMULATORI / PILE A COMBUSTIBILE</b>	<b>Léo Dubal</b> 031 - 322 56 44	<b>Léo Dubal</b>			
	<b>TRASPORTI</b> Trasporti in generale	<b>Martin Pulfer</b> 031 - 322 49 06	<b>Martin Pulfer</b>			
<b>TRASPORTI</b> Veicoli leggeri	<b>Martin Pulfer</b>		<b>Urs Muntwyler</b> , Postfach 512, 3052 Zollikofen tel. 031 - 911 50 63, fax 031 - 911 51 27			
<b>ELEMENTI DI ECONOMIA ENERGETICA</b>	<b>Stefan Hammer</b> 031 - 322 56 24	<b>Ruedi Meier</b> , Bolligenstr. 14, 3006 Berna tel. 031 - 633 36 22, fax 031 - 333 24 69				

tutti: UFE, 3003 Berna  
fax 031 - 382 44 03  
E-mail: nome.cognome@bew.admin.ch

## Indice

*Perché questo fascicolo?*

- 1 La ricerca energetica – un impegno anche politico*
- 2 La strategia della ricerca energetica a breve termine*
- 3 Il quadro organizzativo:  
settori, programmi, progetti ed esperti*
- 4 L'edificio: un sistema energetico da razionalizzare*
- 6 Impianti ed apparecchi elettrici a basso consumo*
- 7 Sfruttamento del calore ambiente e del calore perduto*
- 8 I pannelli solari per l'acqua calda ed il riscaldamento*
- 9 L'elettricità dai tetti e dalle facciate*
- 10 Più energia, e più pulita, da legna ed altre biomasse*
- 11 Calore (e corrente?) dal sottosuolo*
- 12 Elettricità dal vento ... e dalle piccole centrali idroelettriche*
- 13 Accumulo di energia: chimica solare ... acqua e terreno*
- 14 Combustione pulita grazie al laser ed al computer*
- 15 La ricerca sulla sicurezza delle centrali nucleari*
- 16 Verso il grande obiettivo: la fusione nucleare*
- 17 Batterie per la casa, l'auto e l'industria*
- 18 Pile a combustibile per calore, elettricità e autoveicoli*
- 19 Il risparmio energetico nel traffico veicolare*
- 20 Interdipendenza tra società, politica, ecologia ed energia*
- 21 Collaborazione al di là delle frontiere – sempre attuale*
- 22 La ricerca teorica e le applicazioni pratiche*
- 24 La ricerca: CHI, COSA e COME?*

*Indirizzi dei direttori dei settori e dei programmi*



*Stampato su carta fabbricata  
secondo procedimenti che tutelano l'ambiente*