

Zeitschrift: Archi : rivista svizzera di architettura, ingegneria e urbanistica = Swiss review of architecture, engineering and urban planning

Herausgeber: Società Svizzera Ingegneri e Architetti

Band: - (2002)

Heft: 5

Artikel: L'importanza dell'energia idroelettrica a livello mondiale

Autor: Romer, Arturo

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-132463>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 02.02.2025

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

L'importanza dell'energia idroelettrica a livello mondiale

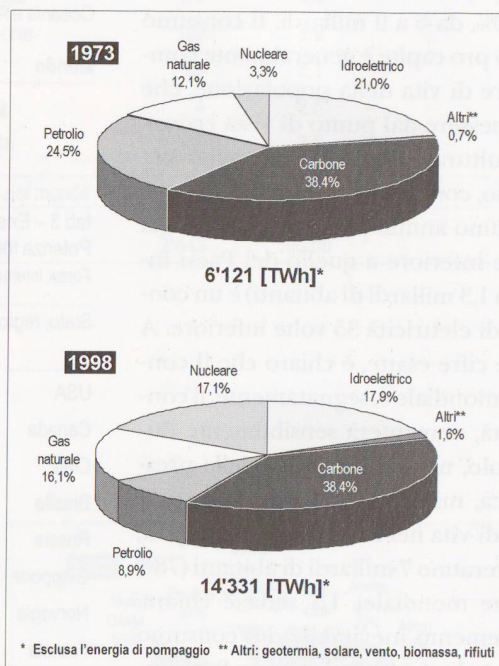
Arturo Romer
direttore ESI

Introduzione

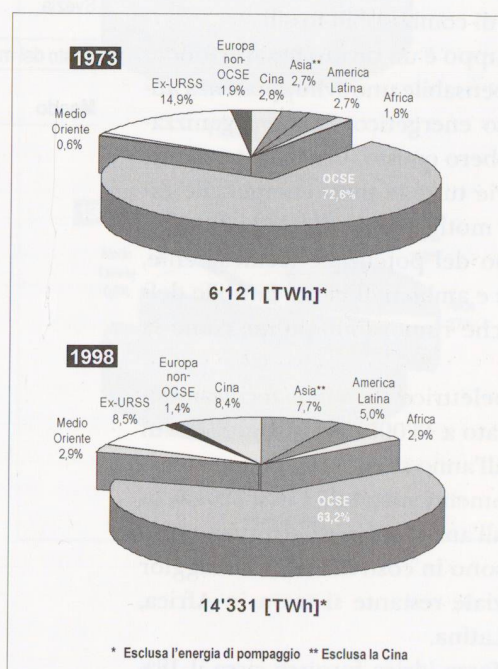
Man mano che il Ventunesimo secolo procede, la prosperità economica globale spinge il consumo di energia a livelli record. In particolare, si prevede che il consumo di elettricità aumenterà a una velocità superiore all'offerta energetica totale. Oggi, la maggior parte dell'energia (80%) proviene da fonti fossili, e cioè carbone, gas e petrolio, ma nel mondo sono sempre più diffuse le preoccupazioni per il carattere non sostenibile di queste forme di energia, il che mette in dubbio il loro impiego in una strategia energetica a lungo termine. Le preoccupazioni per il disordine sui mercati dei combustibili fossili e le fluttuazioni dei prezzi, nonché l'impatto ambientale negativo delle fonti energetiche fossili inducono a privilegiare politiche energetiche sostenibili che includano lo sviluppo dell'offerta energetica rinnovabile. La tecnologia delle energie rinnovabili assume varie forme. Oggi, l'opinione comune associa spesso l'energia rinnovabile all'elettricità prodotta sfruttando l'energia eolica, solare o geotermica. Ma la maggiore fonte di energia rinnovabile sfrutta una tecnologia ormai collaudata: la forza idrica. La forza idrica è rinnovabile perché trae la sua energia essenziale dal sole, che alimenta il ciclo idrologico, che a sua volta assicura un continuo approvvigionamento rinnovabile di acqua. La forza idrica rappresenta più del 92% di tutta l'energia rinnovabile prodotta. Rappresenta anche un'opzione per immagazzinare energia, ottimizzando così la produzione di elettricità.

Produttori	[TWh]	[%] della produzione mondiale
USA	3'804	26.5
Cina	1'166	8.1
Giappone	1'036	7.2
Russia	826	5.8
Canada	562	3.9
Germania	552	3.9
Francia	507	3.5
India	494	3.4
GB	357	2.5
Brasile	322	2.2
Resto del mondo	4'705	33.0
Mondo	14'331	100.0

tab 1 - La produzione mondiale di elettricità nel 1998
Fonte: International Energy Agency



1 - La produzione mondiale di elettricità (confronto tra 1973 e 1998). Suddivisione per fonti energetiche. Fonte: International Energy Agency



2 - La produzione mondiale di elettricità (confronto tra 1973 e 1998). Suddivisione per aree geografiche. Fonte: International Energy Agency

Il quadro energetico globale

Tra il 1997 e il 2020, si stima che il consumo totale di energia finale, a livello mondiale, da tutte le fonti aumenterà del 60%, passando da 111'000 TWh a 178'000 TWh all'anno. Se si considera la quota dell'elettricità sul consumo energetico totale, l'incremento risulta ancora più marcato. L'*International Energy Outlook 2000* prevede che tra il 1997 e il 2020 il consumo globale di elettricità crescerà dell'83%, da 12'000 TWh (1997) a 22'000 TWh (2020).

Entro il 2050, la popolazione mondiale dovrebbe aumentare del 50%, da 6 a 9 miliardi. Il consumo energetico annuo pro capite è generalmente commisurato al tenore di vita della popolazione, che caratterizza il benessere dal punto di vista economico, sociale e culturale. Oggi, i Paesi meno sviluppati del mondo, con 2,2 miliardi di abitanti, registrano un consumo annuo pro capite di energia primaria 20 volte inferiore a quello dei Paesi industrializzati (con 1,3 miliardi di abitanti) e un consumo pro capite di elettricità 35 volte inferiore. A prescindere dalle cifre esatte, è chiaro che il consumo energetico mondiale e, segnatamente, il consumo di elettricità, aumenterà sensibilmente durante questo secolo, non solo a causa della pressione demografica, ma anche a causa dell'evoluzione del tenore di vita nei Paesi meno sviluppati, che nel 2050 conteranno 7 miliardi di abitanti (78% della popolazione mondiale). La sfida è chiara, dunque: un incremento inevitabile del consumo energetico nel mondo, con il rischio di un forte impatto ambientale, e cambiamenti climatici dovuti alla combustione di combustibili fossili.

Il diritto allo sviluppo è un diritto umano fondamentale e non è pensabile uno sviluppo senza approvvigionamento energetico. Poche organizzazioni contesterebbero questo. Vista la situazione, saranno necessarie tutte le fonti energetiche disponibili, ma per motivi ambientali la priorità va data allo sviluppo del potenziale tecnicamente, economicamente e ambientalmente fattibile delle fonti energetiche rinnovabili, pulite, come la forza idrica.

Il potenziale idroelettrico mondiale tecnicamente fattibile è stimato a 13'000 TWh all'anno, di cui circa 8'000 TWh all'anno sono attualmente considerati economicamente possibili. Circa 720 GW (o circa 2'600 TWh all'anno) sono già sfruttati, mentre altri 108 GW sono in costruzione. La maggior parte del potenziale restante si trova in Africa, Asia e America Latina.

Attualmente, la forza idrica fornisce circa il 18% dell'elettricità mondiale.

Vari Paesi, come la Cina, l'India, l'Iran e la Turchia, stanno realizzando programmi di sviluppo

tab 2 – Il potenziale tecnico mondiale di energia idroelettrica

Fonte: D. Bonnet, *Nutzung regenerativer Energie*

Continenti	P _t [GW]	E _t [TWh]	a _t	F [10 ⁶ km ²]	P _t / F [MW] / [km ²]
	1	2	3	4	5
Africa	780	3'604	0.53	29'421	0.03
Asia	828	3'192	0.44	44'384	0.02
Europa	284	953.4	0.38	11'177	0.025
America del nord	313	1'409	0.51	24'419	0.013
America del sud	577	3'276	0.65	17'806	0.032
Oceania e Australia	85	470	0.63	8'521	0.01
Mondo	2'867	12'904	0.52	135'728	0.02

a_t = grado di utilizzazione degli impianti; F = superficie; P_t = potenziale tecnico; E_t = produzione tecnica

tab 3 – Energia idroelettrica a livello mondiale.

Potenza installata, anno 1998

Fonte: International Energy Agency

Stato, regione	Potenza installata in [GW]	[%]
USA	99	13.73
Canada	67	9.29
Cina	66	9.15
Brasile	56	7.76
Russia	44	6.10
Giappone	45	6.24
Norvegia	28	3.88
Francia	25	3.47
India	22	3.05
Svezia	16	2.22
Resto del mondo	253	35.09
Mondo	721	100.00

idroelettrico su grande scala e vi sono progetti in costruzione in circa 80 Paesi. Secondo recenti sondaggi mondiali, condotti per la World Atlas & Industry Guide, vari Paesi considerano la forza idrica la chiave per il loro sviluppo economico futuro: tra questi il Sudan, il Ruanda, il Mali, il Benin, il Ghana, la Liberia, la Guinea, il Bhutan, la Cambogia, l'Armenia, il Kirgizistan, Cuba, il Costa Rica e la Guyana.

I vantaggi della forza idrica

La forza idrica offre vantaggi unici, raramente riscontrabili in altre fonti energetiche. Questi vantaggi possono essere attribuiti all'elettricità stessa o ad aspetti collaterali, spesso associati allo sviluppo del serbatoio. Nonostante le recenti discussioni, pochi negherebbero che i vantaggi ambientali netti della forza idrica sono di gran lunga superiori a quelli della produzione basata su fonti fossili. Nel 1997, ad esempio, si calcola che la forza idrica abbia permesso di evitare emissioni di gas a effetto serra per un volume equivalente a quello delle emissioni di tutte le automobili del pianeta (in termini di uso evitato di combustibili fossili). Benché anche lo sviluppo dell'intero potenziale idroelettrico restante non possa sperare di coprire l'intera domanda mondiale futura di elettricità, lo sfruttamento anche solo della metà di questo potenziale potrebbe avere enormi vantaggi ambientali in termini di uso evitato di combustibili fossili. Uno sviluppo della forza idrica accuratamente pianificato può quindi fornire un prezioso contributo al miglioramento del tenore di vita nei Paesi in via di sviluppo (Asia, Africa, America Latina), dove esiste ancora il maggior potenziale: circa 2 miliardi di abitanti di aree rurali dei Paesi in via di sviluppo sono ancora senza elettricità.

La forza idrica – l'opzione più importante tra le energie rinnovabili e pulite – è spesso solo uno di tutta una serie di vantaggi dei progetti multifunzionali di sviluppo delle risorse idriche. Siccome i progetti idroelettrici sono generalmente integrati in progetti di sviluppo multifunzionali, spesso possono contribuire a sussidiare altre funzioni vitali di un progetto. Normalmente, la costruzione di una diga di sbarramento e del serbatoio associato comporta vari vantaggi in termini di benessere umano, come un approvvigionamento idrico sicuro, strutture d'irrigazione per la produzione alimentare e un maggior controllo delle piene, nonché vantaggi per la società, come maggiori opportunità di svago, miglioramento della navigazione, sviluppo della pesca, industria artigianale, ecc. Ciò non vale per tutte le fonti energetiche.

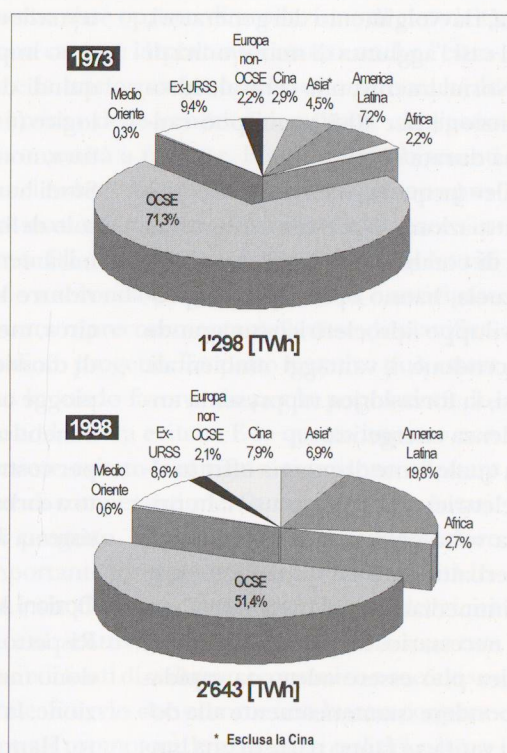
Caratteristiche della forza idrica

tab 4 – I produttori di energia idroelettrica a livello mondiale.

Anno 1998

Fonte: International Energy Agency

Produttori	[TWh]	[%] della produzione mondiale
Canada	332	12.6
USA	322	12.2
Brasile	291	11.0
Cina	208	7.9
Russia	159	6.0
Norvegia	116	4.4
Giappone	103	3.9
India	83	3.1
Svezia	74	2.8
Francia	66	2.5
Resto del mondo	889	33.6
Mondo	2'643	100.00



3 – La produzione di energia idroelettrica a livello mondiale (confronto tra 1973 e 1998).

Fonte: International Energy Agency

- Le **risorse idriche sono molto diffuse** nel mondo. Esiste un potenziale in circa 150 Paesi e il 70% circa del potenziale economicamente fattibile deve ancora essere sfruttato, soprattutto nei Paesi in via di sviluppo.
- È una **tecnologia collaudata e progredita** (vanta oltre un secolo d'esperienza), con centrali elettriche moderne, che assicurano processi di conversione energetica altamente efficienti (>90%), il che è anche un vantaggio ambientale.
- La produzione di **energia di punta** sfruttando la forza idrica permette di ottimizzare l'impiego dell'energia elettrica di base ricavata da altre fonti, meno flessibili, come l'energia eolica o solare. Il tempo di reazione rapida permette di far fronte a improvvise fluttuazioni della domanda.
- Registra **costi d'esercizio più bassi** e una **durata di vita degli impianti più lunga** rispetto ad altre forme di produzione su grande scala. Una volta fatto l'investimento iniziale nelle necessarie opere del genio civile, la **durata di vita dell'impianto può essere allungata** economicamente, con una manutenzione relativamente poco costosa e la sostituzione periodica delle attrezzature elettromeccaniche (sostituzione delle ruote della turbina, riavvolgimento dei generatori, ecc. - in alcuni casi l'aggiunta di nuove unità di produzione). Normalmente, una centrale idroelettrica in funzione per 40-50 anni può raddoppiare la sua durata di vita.
- Il «combustibile» (acqua) è **rinnovabile** e non è soggetto a fluttuazioni di mercato. Paesi con ampie riserve di combustibili fossili, come l'Iran e il Venezuela, hanno optato per un programma di sviluppo idroelettrico su grande scala, riconoscendone i vantaggi ambientali. Per molti Paesi, la forza idrica rappresenta anche l'indipendenza energetica.
- La forza idrica quale fonte di energia offre inoltre ai sistemi elettrici vantaggi esclusivi. In primo luogo, una volta immagazzinata in grandi quantità nel serbatoio trattenuto dalla diga, la forza idrica è immediatamente disponibile per l'uso, quando necessario. In secondo luogo, la fonte energetica può essere adeguata rapidamente per rispondere istantaneamente alla domanda. Questi vantaggi fanno parte di una lunga serie di caratteristiche utili, note come servizi ausiliari.

tab 5 - L'energia idroelettrica nei paesi alpini d'europa e in europa, anno 1999

Fonte: *Hydropower & Dams, World Atlas 2001*

Paese	Potenziale tecnico [GWh / a]	Potenziale economico [GWh / a]	Potenza installata [MW]	Produzione media [GWh / a]	Utilizzazione del potenziale tecnico [%]	Parte % di produz. nel 1999 [%]
Germania	25'000	20'000	4'331	16'000	64	3.8
Austria	56'000	53'700	11'500	37'500	69	65.0
Francia	72'000	71'500	25'200	69'800	97	15.0
Italia	69'000	54'000	15'267	46'230	67	19.4
Slovenia	8'800	6'125	846	3'700	42	29.6
Svizzera	41'000	35'500	13'229	34'508	83	56.3
Paesi alpini	271'800	240'825	70'373	207'738	76	16.3
Europa*	1'225'000	775'000	173'200	567'000	46	15.5

*senza Russia e Turchia

Emissioni evitate

Oggi, l'85% del consumo di energia primaria è di origine fossile (carbone, petrolio e gas) o tradizionale (legna) e provoca nell'atmosfera ingenti emissioni di gas a effetto serra: anidride carbonica (CO₂) liberata dalla combustione e metano dalla lavorazione del carbone e del gas naturale. A livello internazionale, è risaputo che queste emissioni causano importanti cambiamenti climatici e avranno quindi delle conseguenze anche sul sistema idrologico (e quindi sulle riserve d'acqua e sull'agricoltura, nonché sul livello dei mari).

Studi hanno inoltre rivelato che lo sviluppo anche solo della metà del potenziale idroelettrico economicamente fattibile a livello mondiale potrebbe ridurre le emissioni di gas a effetto serra del 13% circa, mentre l'effetto di riduzione delle emissioni di diossido di zolfo (SO₂) (la causa principale delle piogge acide) e ossido d'azoto è ancora maggiore. Tenendo conto anche del combustibile necessario per costruire le centrali idroelettriche, un impianto a carbone può emettere 1'000 volte più SO₂ di un sistema idroelettrico.

Opzioni a confronto

Rispetto alla forza idrica, le centrali fossili richiedono meno tempo per la progettazione, l'approvazione, la costruzione e il recupero dell'investimento. Hanno però costi d'esercizio superiori e durate di vita normalmente più brevi (circa 25 anni), sono importanti fonti d'inquinamento dell'aria, dell'acqua e del suolo e di gas a effetto serra e offrono meno opportunità di vantaggi economici derivati. Altre energie rinnovabili (sole, vento, biomassa, ecc.) sono valide opzioni a complemento della forza idrica in contesti specifici, ma anche se si facessero

tab 6 – Indicatori rilevanti di sistemi di produzione di elettricità (ipotesi elettricità: mix elettrico europeo)

Fonte: PSI, Villigen 2000

Indicatore	Riserve di combustibile	Consumo di materiale	Gas ad effetto serra	Ossidi di zolfo	Rifiuti per deponia	Scorie di alta e media radioattività	Costi di produzione dell'energia elettrica del sistema	Costi esterni (= costi sociali)
Sistema	Anni	kg/GWh _{el}	t(CO _{2-eq})/GWh _{el}	kg(SO _x)/GWh _{el}	kg/GWh _{el}	kg/GWh _{el}	cts/kWh _{el}	cts/kWh _{el}
Carbone	160 - 2'300	14 - 19	950 - 1'200	950 - 25'000	5'800 - 54'000	0.13 - 0.20	5.7 - 7.4	3.1 - 15.8
Gas naturale	70 - 170	16	530	260	1'500	0.04	4.7 - 5.8	0.8 - 5.5
Energia nucleare	120 - 400	7 - 9	8 - 29	56 - 150	650 - 1'200	9.0 - 11.0	5.1 - 7.5	0.2 - 1.3
Forza idrica	∞	<1	4	8 - 10	30	0.006	centrale fluviale 3 - 14 centrale ad accumulazione 4 - 21	centrale fluviale esigui centrale ad accumulazione 0 - 1.2
Energia fotovoltaica	∞	270 - 1'600	110 - 260	700 - 3'600	4'900 - 10'000	0.6 - 1.2	70 - 140	0.1 - 1.5

grandi sforzi per svilupparle non sarebbero in grado di produrre grandi quantità di energia nei prossimi decenni, né di offrire lo stesso livello di servizio, essendo fonti intermittenti, che richiedono un approvvigionamento di sostegno. Valutando i costi sull'intero ciclo di vita, la forza idrica risulta superiore rispetto a praticamente tutte le altre forme di produzione di energia.

L'impatto sociale e ambientale della forza idrica

Qualsiasi sviluppo infrastrutturale comporta inevitabilmente un certo grado di cambiamento. Oltre a sbarrare una valle per creare il serbatoio, la costruzione di una diga e di una centrale elettrica provocano cambiamenti sociali e fisici. È probabile che sorgano interrogativi etici complessi, come l'assicurazione alle nazioni del diritto allo sviluppo o il rispetto dei diritti delle popolazioni e delle comunità interessate dal progetto.

In quest'ambito, è determinante esplorare e prevedere le conseguenze sociali e ambientali all'inizio del processo di pianificazione, in modo da adottare misure adeguate per evitare, mitigare o compensare l'impatto. I paragrafi seguenti illustrano le principali preoccupazioni sociali e ambientali in relazione ai progetti idroelettrici e danno degli esempi di misure che possono essere adottate per farvi fronte.

Aspetti sociali

Come per altre forme di attività economica, i progetti idroelettrici possono presentare aspetti sociali sia positivi che negativi. I costi sociali sono generalmente associati alla trasformazione dell'utilizzazione del territorio nella regione che accoglie il progetto e alla migrazione delle persone che vivo-

no nell'area del serbatoio. Un crescente numero di esempi (Cina, India, Brasile) dimostra che le attuali strategie sono adeguate. In alcuni casi sono addirittura promosse come modelli da cui trarre lezioni per progetti futuri. Benché le migrazioni provocate dalla forza idrica possano essere significative e debbano essere ben gestite, bisogna tener presente che anche altre opzioni di produzione di elettricità possono causare importanti riasseti: anche l'estrazione e la trasformazione del carbone, nonché lo smaltimento delle ceneri del carbone obbligano delle comunità a migrare. E anche i cambiamenti climatici indotti dai gas a effetto serra possono provocare massicce migrazioni, se i livelli del mare s'innalzano. Gli effetti sociali dei progetti idroelettrici variano a seconda del progetto. Ma se è anticipato e affrontato precocemente nella fase di pianificazione di un progetto, l'impatto negativo può essere gestito in modo favorevole per la popolazione locale o addirittura evitato. E se questo impatto non può essere evitato o mitigato, si possono adottare misure di compensazione. Durante la fase operativa, il progetto idroelettrico può rappresentare un'importante fonte di reddito per la comunità locale. Le vie d'accesso, la disponibilità di elettricità locale e altre attività associate al serbatoio sono tutte possibili fonti di sviluppo economico e sociale sostenibile. È ovvio che occorre una buona cooperazione tra i promotori, le autorità, i politici e la comunità e che i vantaggi a lungo termine devono essere rivolti alle comunità interessate. Una forza idrica socialmente accettabile significa che, per poter andare a buon fine, qualsiasi progetto deve essere discusso con tutti gli interessati e adattato ai loro bisogni e che bisogna concludere con successo trattative con le comunità locali colpite.

Dal punto di vista sociale, il successo o l'insuccesso di un progetto idroelettrico è determinato dall'integrazione di considerazioni sociali nella fase di concezione iniziale.

Aspetti ambientali

Come già indicato, la forza idrica vanta una lunga storia e nel corso del tempo sono state apprese varie lezioni. Oggi, è praticamente impossibile progettare una centrale idroelettrica di una certa grandezza senza studi dettagliati sul suo impatto potenziale e senza l'elaborazione di un rapporto d'impatto ambientale.

Dimensione d'impianto e impatto

Spesso, le misure che favoriscono la crescita delle tecnologie rinnovabili e delle energie «verdi» escludono i «grandi» progetti idroelettrici, dal momento che si ha l'impressione che quelli piccoli abbiano un impatto minore.

Varie organizzazioni hanno condotto lavori di ricerca su questo aspetto. L'impatto di un unico grande progetto idroelettrico è stato paragonato all'impatto cumulato di un insieme di piccoli progetti che fornisce la stessa potenza e lo stesso livello di servizio. È emerso, ad esempio, che i progetti piccoli richiedono generalmente un'area del serbatoio totale maggiore di un unico grande progetto per immagazzinare lo stesso volume di acqua. Ciononostante, i piccoli progetti idroelettrici sono un complemento utile e necessario nel mix di produzione di elettricità, in particolare nelle aree rurali. A essere determinanti per la natura e l'entità dell'impatto dei progetti idroelettrici sono soprattutto le condizioni specifiche del sito e non la grandezza del progetto. È importante anche ottimizzare lo sviluppo rispettando l'intero sistema fluviale della regione.

Conclusioni

Man mano che prosegue la solida espansione economica, resta un interrogativo: la crescente popolazione mondiale da dove continuerà a ricavare l'elettricità necessaria per alimentare il motore economico? Benché la maggior parte della nuova produzione provenga da risorse fossili, la riflessione convenzionale sullo sviluppo di nuove risorse e offerte dovrebbe mettere maggiormente l'accento sull'impiego di risorse rinnovabili e sostenibili.

L'energia idroelettrica, che offre vantaggi non indifferenti in un sistema elettrico integrato, ha un ruolo importante da svolgere in futuro. Questo studio ha mostrato una consapevolezza in seno all'industria nei confronti dell'impatto sociale e ambientale della forza idrica, che deve essere valutato nel-

l'ambito di ogni progetto; l'esperienza esistente per evitare o mitigare l'impatto; e la ricerca in corso.

Il potenziale idroelettrico restante nel mondo deve essere preso in considerazione nel nuovo mix energetico e i progetti previsti devono tener conto dell'impatto sociale e ambientale, in modo da consentire l'adozione delle necessarie misure di mitigazione e compensazione.

Lo sviluppo idroelettrico dovrebbe andare di pari passo con attività di ricerca e sviluppo nel campo di altre opzioni rinnovabili, come l'energia solare o eolica. Dovrebbero essere ottimizzate e promosse anche le misure di conservazione dell'energia.

Qualsiasi sviluppo comporta dei cambiamenti e richiede un certo grado di compromesso: l'importante è valutare i vantaggi e l'impatto con sufficiente anticipo e con un adeguato grado di dettaglio, coinvolgendo tutti gli interessati, in modo da trovare il giusto equilibrio.

Due miliardi di persone nei Paesi in via di sviluppo non dispongono di un approvvigionamento elettrico affidabile ed è soprattutto in questi Paesi che, nel prossimo futuro, la forza idrica offre una fonte energetica rinnovabile su scala realistica.

Oggi, l'impatto dei progetti idroelettrici è capito. Bisogna quindi identificare e adottare misure di mitigazione e di compensazione adeguate, in modo da garantire che qualsiasi progetto rappresenti un utile netto per le popolazioni interessate. Esistono sistemi per migliorare i processi di pianificazione e la qualità delle decisioni, che a loro volta assicurano che le preoccupazioni sociali e ambientali siano integrate nella riflessione sulla fattibilità economica e tecnica. L'industria idroelettrica deve collaborare con tutti gli interessati, compresi gli organismi di regolamentazione, i grandi finanziatori e i gruppi d'interesse competenti, per sviluppare norme future, volte a garantire procedure equilibrate e ragionevoli di pianificazione, costruzione e gestione delle centrali idroelettriche.

Fonti bibliografiche

- www.iea.org
- www.psi.ch
- www.electricita.ch
- www.strom.ch
- www.poweron.ch
- www.swv.ch
- www.bwg.ch
- www.hydro.org
- www.hydropower-dams.com
- www.ieahydro.org
- www.wasserkraft.de
- www.admin.ch/buwal
- T. Bohn, *Nutzung regenerativer Energie*, Bd. 13