

**THE BOOK ON RENEWABLE ENERGY POTENTIALS OF SERBIA AND MONTENEGRO**

# **LIBER PERPETUUM**

**KNJIGA O POTENCIJALIMA OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE U SRBIJI I CRNOJ GORI**

Compiled and revised by:

Vladimir Janković

Contribution:

Miroslav Benišek, Mihailo Milivojević, Ljubisav Stamenić, Miroslav Lambić, Dušan Mikičić, Franc Kosi, Dušan Radivojević, Dušan Vasiljević, Milan Rajković

Translation:

Milan Rajković

Title:

LIBER PERPETUUM

The book on renewable energy in Serbia and Montenegro

Publisher:

OSCE Mission to Serbia and Montenegro,  
Economic and Environmental department

Design and layout:

TOTAL DESIGN, Belgrade

3D cover:

M@gic M@p, Belgrade

Solar micro powerplant:

Marko Stojanović, Nebojša Stojanović

Printed by:

Stojkov, Novi Sad

Print run:

1.000 copies

Edition 2004

**ISBN 86-903283-8-6**

The views expressed in this publication represent those of the authors and do not necessarily reflect the official position of the OSCE. All rights over this publications are property of the OSCE. Any unauthorized copying or reprint will bare legal consequences.

NOT FOR SALE

Uredio i priredio:

Vladimir Janković

Saradnici:

Miroslav Benišek, Mihailo Milivojević, Ljubisav Stamenić, Miroslav Lambić, Dušan Mikičić, Franc Kosi, Dušan Radivojević, Dušan Vasiljević, Milan Rajković

Preveo:

Milan Rajković

Naslov:

LIBER PERPETUUM

Knjiga o obnovljivim izvorima energije u Srbiji i Crnoj Gori

Izdavač:

OEBS Misija u Srbiji i Crnoj Gori,  
Sektor za ekonomska pitanja i politiku životne sredine

Dizajn i priprema:

TOTAL DESIGN, Beograd

3D korice:

M@gic M@p, Beograd

Sunčana microelektrana:

Marko Stojanović, Nebojša Stojanović

Štampa:

Stojkov, Novi Sad

Broj štampanih knjiga:

1,000 primeraka

Godina izdavanja: 2004

**ISBN 86-903283-8-6**

Analize date u ovom izveštaju su rezultat autorskog pristupa problemu i ne odražavaju neophodno zvaničan stav OEBS-a. Sva prava na ovoj publikaciji pripadaju OEBS-u. Neovlašćeno štampanje i umnožavanje se kažnjava po zakonu

NIJE ZA PRODAJU



 LIBER PERPETUUM



## OSCE & Energy/Environment & Resources

**OSCE**, being an international organization with a clear mandate to help providing conditions for security and cooperation in the region, has the highest interest to enable sustainable economic development that is considered as a basis for political stability. On the other hand, there is no economic advance without energy. In this respect, by understanding energy management as a substance for development and linking it with the principles of sustainable development, it is clear why promoting the use of renewable energy sources is seen as important political issue and a substantial element for facilitating the process of harmonization in transitional countries, in this particular case Serbia and Montenegro, with EU standards.

“The OSCE is committed to the achievement of sustainable development, which aims at economic growth and poverty reduction and takes fully into account the impact of human activities on the environment. We support the global action foreseen in the Rio Declaration on Environment and Development, Agenda 21, the Monterrey Consensus, and the internationally agreed development goals, including those in the UN Millennium Declaration, and the Plan of Implementation adopted at the 2002 Johannesburg World Summit on Sustainable Development.” (OSCE Ministerial Council, Maastricht 2003).

“According to the Resolution of the Policy of the Environmental Protection in FR Yugoslavia (Serbia and Montenegro), the policy has been designated as a specific, unified and long-term programme and a component of the integral system of FRY. The principal goals of the policy of cleaner production and waste minimization are as follows: to reduce waste generation; to introduce a low-waste material technology and recycling of waste in interconnected industrial production; to introduce programmes for the enhancement of production along with the reduction of energy consumption; to give importance of the preventive approach by reducing quantities for final disposal either through prevention of waste (by ‘clean technologies’ and lengthening the lifetime of products and device treatments of

## OEBS & energija & životna sredina & resursi

**OEBS**-u je, kao međunarodnoj organizaciji sa jasnim mandatom da pomaže stvaranju uslova za bezbednost i saradnju u regionu, u najvišem interesu da omogući održivi ekonomski razvoj koji se smatra osnovom političke stabilnosti. Sa druge strane, bez energije nema ekonomskog razvoja. Imajući ovo u vidu i shvatajući upravljanje energijom osnovom razvoja te njegovim povezivanjem sa principima održivosti, jasno je zašto je promocija korišćenja izvora obnovljive energije shvaćena kao važno političko pitanje koje uvodi oblast zaštite životne sredine u proces harmonizacije sa standardima EU. Ovo je od izuzetnog značaja za zemlje u tranziciji, posebno za Srbiju i Crnu Goru.

„OEBS se obavezao da ostvari održivi razvoj, koji teži ekonomskom rastu i smanjenju siromaštva, potpuno uzevši u obzir uticaj ljudskog faktora na životnu sredinu. Mi podržavamo globalni učinak predviđen Deklaracijom iz Ria o životnoj sredini i razvoju, Agendu 21, Monterejski konsenzus i ciljeve razvoja dogovorene na međunarodnom nivou uključujući one iz Milenijumske deklaracije UN-a, kao i Plan primene usvojen 2002. godine na Svetском samitu o održivom razvoju u Johannesburgu.“ (Ministarski savet OEBS-a, Maastricht 2003. god.)

„Prema Rezoluciji politike zaštite životne sredine u SR Jugoslaviji (Srbiji i Crnoj Gori), ova politika je određena kao specifični, ujedinjeni dugoročni program i kao komponenta celovitog sistema SRJ. Osnovni ciljevi politike čistije proizvodnje i minimalizacije otpada su sledeći: smanjenje stvaranja otpada; uvođenje tehnologije materijala sa niskim procentom otpada i reciklaže otpada u međusobno povezanoj industrijskoj proizvodnji; uvođenje programa za povećanje proizvodnje koji uporedo smanjuju potrošnju energije; davanje prednosti preventivnom pristupu pomoću redukcije količine finalnog otpada bilo sprečavanjem nastanka otpada (pomoću ‘čistih tehnologija’, produženjem trajanja proizvoda i planiranim tretiranjem škarta) ili ponovnom upotrebom (reciklažom) i uvođe-

waster) or by re-use (recycling) and to implement the 'polluter pays' principle, meaning that the greatest responsibility for the produced waste lies with the one who produces such waste" (FR Yugoslavia's Country Profile for the Johannesburg Summit 2002).

The energy sector was the first sector in which international organizations concentrated their efforts when the new government took over in the year 2001, in order to cover immediate heating needs and allow for the resumption of industrial and economic activity. They initiated a program that includes restoration, maintenance and upgrading of the Danube hydro-electric facilities, of the thermal electricity lignite-fed plants, as well as of the main electricity dispatching center and the corresponding telecommunications equipment.

The power sector is characterized by depressed electricity prices, rising demand and deteriorating reliability, due to ageing assets in need of rehabilitation and repair. Serbia and Montenegro now import 23% of its peak requirements. Transmission capabilities were sharply reduced during the war and after the bombings and inventory has been depleted, leading to the necessity for imports of energy (funded by international financial institutions) and threatening the stability and capacity of the generation and transmission system. Power shortages are often during the winter and the rehabilitation of the sector is dependent on foreign aid: the EU committed Eur 30 million through the Commission and Eur 90 million through the European Agency for Reconstruction, and the German government provided DM 30 million, while there is consideration for an European Bank for Reconstruction and Development Eur 90 million loan to begin meeting urgency investment needs. Yugoslavia was the first East European country to join the European Electricity grid, but these connections were disrupted in 1991. It is foreseen that after the completion of rehabilitation works the energy production facilities, the distribution network, management and maintenance services will be put up for privatization.

The effects of sanctions and oil embargoes were exacerbated by aerial bombardment, which caused severe damage to the country's two largest oil refineries (Pancevo and Novi Sad), fuel storage facilities and regional distribution centers. Reconstruction of refineries and oil infrastructure is a very important priority. Also, it is important to note that 25% of the country's needs in oil prior to the war were drilled at the Vojvodina oilfields. With regard to natural gas, Serbia and Montenegro is expected to consume 2.4 billion cubic meters annually, but domestic production covers only 26% of demand, while the share of gas in

njem principa ,zagađivač plaća', koji bi značio da najveću odgovornost za stvaranje otpada snosi onaj ko isti proizvodi." (SR Jugoslavija - Profil na Samitu u Johannesburgu 2002).



Energetski sektor je bio prvi na koji su međunarodne organizacije koncentrisale svoje delatnosti pošto je nova vlada preuzela vlast 2001. godine, u nameri da pokrije goruće potrebe i uzmu u obzir obnavljanje industrijskih i ekonomskih aktivnosti. Oni su inicirali program koji je obuhvatao obnavljanje, održavanje i unapređivanje postrojenja hidro-elektreane Đerdap, pogona na lignit za proizvodnju električne energije, kao i glavnog dispečerskog centra električne energije i odgovarajuće opreme za telekomunikaciju.

Karakteristike sektora električne energije su pad cena električne struje, povećanje zahteva i pogoršanje pouzdanosti zbog zastarele opreme kojoj je neophodno obnavljanje i popravak. Srbija i Crna Gora uvoze 23% svoje vršne potrošnje. Mogućnosti prenosa su jako smanjene tokom rata i posle bombardovanja a oprema amortizovana što je vodilo ka neophodnom uvozu energije (finansiran od strane IFI-ja) čime je ugrožena postojanost i kapacitet proizvodnje kao i sistem prenosa. Nestašice struje su bile česte tokom zime, a rehabilitacija ovog sektora zavisila je od strane pomoći: EU je inicijalno odobrila 30 miliona evra preko svoje Komisije i 90 miliona evra preko Evropske agencije za rekonstrukciju, a nemačka vlada je obezbedila 30 miliona maraka, dok je Evropske banke za rekonstrukciju i razvoj predvidela zajam od 90 miliona evra kako bi se počelo sa podmirivanjem hitnih investicionih potreba. Jugoslavija je bila prva istočnoevropska zemlja priključena na evropsku dalekovodnu električnu mrežu, ali su ove veze prekinute 1991. godine. Predviđa se da će se tek posle završetka obnavljanja mehanizama i postrojenja za proizvodnju energije pristupiti procesu privatizacije.

Negativne posledice sankcija i naftnog embarga su bile dodatno uvećane vazдушnim bombardovanjem koje je nanelo ozbiljna oštećenja dvema najvećim rafinerijama u zemlji (Pančevo i Novi Sad), skladištima goriva i regionalnim centrima za distribuciju. Rekonstrukcija rafinerija i naftne infrastrukture je najviši prioritet. Takođe je važno konstatovati da je 25% potreba zemlje za naftom pre rata dobijano sa naftnih polja u Vojvodini. Što se tiče prirodnog gasa, za Srbiju i Crnu Goru se predviđa potrošnja od 2,4 milijarde kubnih metara godišnje a domaća proizvodnja pokriva samo 26%, dok se predviđa da će udeo gasa u potrošnji energije porasti na više od 30% do 2020. godine, što znači da se u tom sektoru moraju preduzeti suštinski radovi na infrastrukturi. Nafta i gas su uvoženi



energy consumption is expected to rise to more than 30% by 2020, which means that substantial infrastructure work in the sector will have to be undertaken. Oil and gas were imported from Russia, but the overall institutional restructuring of the industry is expected to focus on specialized entities for production of oil/gas, for refineries and for a gas network company covering the entire country. The government of state union has no authority over the sector, and the Republic of Serbia is seeking restructuring approaches, while NIS, the state-owned gas and oil company is searching for foreign investors to renovate its infrastructure.

‘We recognize that a high level of energy security requires a predictable, reliable, economically acceptable, commercially sound and environmentally friendly energy supply, which can be achieved by means of long-term contracts in appropriate cases. We will encourage energy dialogue and efforts to diversify energy supply, ensure the safety of energy routes, and make more efficient use of energy resources. We will also support further development and use of new and renewable sources of energy’ (OSCE Ministerial Council, Maastricht 2003).

So far, a single comprehensive study on Renewable Energy Sources (RES) potentials was not convened and overall review was not available. That disabled any serious approach for developing this niche of energy sector in Serbia and Montenegro.

Taking into account OSCE priorities for 2004 **“New Challenges for Building up Institutional and Human Capacity for Economic Development and Co-operation”**, this book has the aim to provide the insight to RES potentials in Serbia and Montenegro in order to enable fresh capital investments in this sector and to foster creation of regional energy market. The publication is targeted to a wide area of users, starting from government and governmental bodies that are to provide legal environment and incentives for renewable energy production, for equipment producers, investors and the consumers.

The book wants to inform and to educate to help and to instruct and to be a useful tool for understanding the issue of sustainable development.

iz Rusije, ali opšta reorganizacija industrije bi trebalo da se bazira na specijalizovanim postrojenjima za proizvodnju nafte/gasa, na rafinerije i na kompanije koje distribuiraju gas i pokrivaju celu državu. Vlada zajednice država nema nadležnost nad tim sektorom, a Republika Srbija poseže za reorganizacionim pristupima, dok je NIS, kompanija za naftu i gas u državnom posedu, u potrazi za stranim investitorima koji će uložiti u obnovu infrastrukture.

„Mi priznajemo da visok nivo energetske sigurnosti zahteva predvidljivo, pouzdano, komercijalno prihvatljivo i ekonomski zdravo snabdevanje energijom u skladu sa životnom sredinom, koje može biti postignuto uslovima dugoročnih ugovora u odgovarajućim slučajevima. Mi ćemo podstaći dijaloge o energiji i napore da se unese različitost u snabdevanje energijom, obezbediti sigurnost energetske puteva i povećati efikasnost energetske resursa. Takođe ćemo podržati dalji razvoj i upotrebu novih energetske izvora i obnovljivih izvora energije” (Ministarski savet OEBS-a, Maastricht 2003. god.)

Što se tiče obnovljivih izvora energije (OIE), do sada nijedna obimna studija o njihovim potencijalima nije sačinjena, tako da opšti presek nije dostupan. To je onemogućilo bilo kakav ozbiljan pristup razvoju ovog dela energetske sektora u Srbiji i Crnoj Gori.

Uzimajući u obzir prioritete OEBS-a za 2004. godinu **„Novi izazovi u izgradnji institucionalnih i ljudskih mogućnosti u funkciji ekonomskog razvoja i saradnje“**, ova knjiga ima za cilj da obezbedi uvid u OIE potencijale Srbije i Crne Gore kako bi se omogućila sveža investicijska ulaganja u ovaj sektor i podstaklo stvaranje Regionalnog energetske tržišta. Ova publikacija je usmerena ka širokom krugu korisnika, počevši od vlade i vladinih organa koji treba da obezbede pravno okruženje i daju podstrek proizvodnji i upravljanju obnovljivim izvorima energije, do stručnih institucija, proizvođača opreme, investitora i krajnjih kupaca.

Ova knjiga ima za cilj da informiše i obrazuje, da pomogne i usmeri, ali i da bude korisno sredstvo za razumevanje pitanja održivog razvoja.

## Foreword



I am very pleased to have the opportunity to write the foreword to this publication on alternative energy and its implications for a sustainable economic development in Serbia and Montenegro. Since its origins in 1975, the Conference for Security and Co-operation in Europe (CSCE) - now the Organization for Security and Co-operation in Europe (OSCE) - has promoted a comprehensive concept of security, which centers around the notion that security does not have only a politico-military component, but also human and environmental dimensions. This concept underscores the nexus between stability and sustainable economy and environmental security.

Almost thirty years on, in December 2003, the 55 Ministers of Foreign Affairs of the OSCE area have reaffirmed the validity of this concept when elaborating the Organization's new security strategy for the twenty-first century which seeks to identify how to confront new global challenges in a changing security system. In order to counter specific economic and environmental threats, an OSCE Strategy Document for the Economic and Environmental Dimension has been adopted. The Document places great emphasis on energy security reached through economically and environmentally friendly principles: among those are renewable sources, diversification in the means of production, and efficient management of waste. In order to advance these tenets and eradicate environmental degradation, non-sustainable use of natural resources and pollution, the OSCE encourages co-operation among participating States, exchange of information and dialogue on best practices, and supports education and consciousness-raising in environmental protection.

It is in this spirit that the OSCE Mission to Serbia and Montenegro presents this manual which adopts a holistic approach to sustainable development and focuses on the intimate link between energy consumption, economic activity and environmental impact. This publication aims to contribute to the debate on alternative energy and shed light on its potential use in Serbia and Montenegro, and to play a role in disseminating knowledge and raising public awareness on this issue.

Ambassador **Maurizio Masari**  
Chief, OSCE Mission in Serbia and Montenegro

## Predgovor



Veliko mi je zadovoljstvo što sam u prilici da sastavim predgovor za publikaciju o alternativnim izvorima energije i uticajima njihovog korišćenja na stalni ekonomski razvoj u Srbiji i Crnoj Gori. Još od svog osnivanja 1975. godine, Konferencija za evropsku bezbednost i saradnju (KEBS) - sadašnja Organizacija za evropsku bezbednost i saradnju (OEBS) - zalagala se za sveobuhvatni koncept bezbednosti koji se zasniva na ideji da pojam bezbednosti ne sadrži samo vojno-političku komponentu, već poseduje i humanu i ekološku dimenziju. Ovim konceptom naglašava se veza između stabilnosti i samoodržive ekonomije i ekološke bezbednosti.

Skoro trideset godina kasnije, u decembru 2003. godine, prilikom izrade nove bezbednosne strategije OEBS-a za dvadeset prvi vek u cilju suočavanja sa novim globalnim problemima u vremenu promena sistema bezbednosti, 55 ministara spoljnih poslova zemalja članica OEBS-a potvrdilo je da je ovakav koncept i dalje na snazi. Tom prilikom je kao instrument borbe protiv pojedinih ekonomsko-ekoloških opasnosti usvojen dokument pod nazivom Strategija OEBS za ekonomsku dimenziju i dimenziju zaštite životne sredine. U tom dokumentu velika pažnja posvećuje se energetske bezbednosti. Ona se postiže poštovanjem izvesnih ekonomskih i ekoloških principa kao što su korišćenje obnovljivih izvora, raznovrsnih sredstava proizvodnje i efikasne kontrole otpada. Organizacija OEBS podstiče saradnju među zemljama članicama, razmenu informacija i iskustava, i pruža pomoć u organizovanju kurseva i aktivnosti usmerenih na podizanje nivoa svesti o problemima zaštite životne sredine.

U duhu pomenute politike, Misija OEBS u Srbiji i Crnoj Gori objavljuje priručnik koji ima sveobuhvatni pristup samoodrživom razvoju i koji se fokusira na blisku povezanost potrošnje energije, ekonomskih aktivnosti i životne sredine. Ovaj priručnik predstavlja doprinos raspravi o alternativnim vidovima energije i objašnjava aspekte njihove eventualne upotrebe u Srbiji i Crnoj Gori, sa namerom da doprinese širenju znanja i podizanju nivoa svesti građana o ovoj problematici.

Ambasador **Maurizio Masari**  
šef Misije OEBS-a u Srbiji i Crnoj Gori





## Preface

The purpose of this book is to give the interested laymen, engineer or the scientist an understanding of the renewable and advanced energy systems that can be used for the production of energy, primarily electricity and of the potential for development of these systems in Serbia and Montenegro. These systems include wind, solar, hydroelectric, geothermal, tidal, wave, ocean thermal, battery and fuel cell. Clearly, among these there are some systems which have been in use for many years, while some of them are very new. Some of them produce electricity that is cost effective today, while others are still in the development stages and may be commercially viable several years from now.

The emphasis here is on the production of electricity and on the systems aspect of these various technologies among which are solar, hydroelectric, geothermal, wind and biomass. Several other technologies which are now in various stages of research and development, but without any commercial application are also briefly presented in this book. Technologies which are well-understood, and are in use today, are treated more elaborately in this book and the aspects of their use in Serbia and Montenegro are discussed.

All the renewable and advanced energy systems discussed in this book have one characteristic in common, that is, generally high investment, but low operating cost. However, the actual operating cost of conventional power-generating systems is usually not calculated accurately nor presented in an adequate manner. Because of this misrepresentation, most of these energy systems are not very cost-competitive with other conventional systems on the basis of first cost. However, as these systems have much lower operating cost compared to the conventional systems, the overall cost of energy appears much more attractive on the basis of life-cycle analysis. Moreover, when, due to the non-polluting nature of their operation, environmental credit is given to these

Definition of sustainable energy:

„Energy spent with the same speed as it's naturally renewed“

## Uvod



Definicija obnovljive energije:

„Energija koja se eksploatiše istom brzinom kojom se i prirodno obnavlja“

Cilj ove publikacije je da zainteresovanom laiku, inženjeru, političaru, bankaru, pronalazaču, investitoru, zemljoradniku ili naučniku pruži osnovne podatke o tehnologijama obnovljivih i alternativnih izvora energije. U prvom redu govori se o dobijanju električne energije iz takvih izvora, kao i o potencijalima za njihovu primenu u Srbiji i Crnoj Gori. Obnovljivi i alternativni izvori energije, od kojih su pojedini sasvim novi, a neki se koriste već duže vremena, obuhvataju fotonaopnske sisteme, toplotne kolektore, vetro-potencijal, vodeni potencijal, geotermalni potencijal, biomasu, gorivne ćelije, itd. Neki od ovih izvora omogućavaju profitabilnu proizvodnju električne ili termo energije, dok su pojedini još uvek u razvojnoj fazi, pa se njihova komercijalna primena tek očekuje.

Razmatrane su, u prvom redu, tehnologije i sistemski aspekti proizvodnje električne energije iz solarnih, hidroelektričnih, geotermalnih izvora, te pomoću energije vetra i iz biomase. Takođe su razmotrene i neke druge tehnologije koje se još uvek istražuju i razvijaju, kao što su gorivne ćelije. Prikaz tehnologija koje se već duže vremena koriste, kao i prikaz mogućnosti njihove primene u Srbiji, dat je kompletnije i u širem obimu.

Zajednička karakteristika svih obnovljivih i alternativnih tehnologija prikazanih u ovoj publikaciji karakteriše relativno visok stepen početne investicije, ali i njihova kasnija niska operativna cena. Sa druge strane, prava cena konvencionalnih elektrana obično nije pravilno izračunata, kao ni predstavljena na pravilan način. Treba napomenuti da i dalje postoje brojne državne subvencije za tehnologije prerade i korišćenja nafte, nuklearne elektrane, termoelektrane, kao i prateće tehnologije. Međutim, kako obnovljivi izvori energije imaju znatno nižu operativnu cenu u poređenju sa konvencionalnim izvorima energije, ukupna cena energije povoljnija je na osnovu analize tehnoloških ciklusa, a posebno sa ekološkog aspekta. Naime, važan aspekt obnovljivih izvora energije pred-



sources, many of them appear cost-competitive with conventional energy technologies today, especially coal-fired power plants. This aspect is particularly important in comparing these renewable energy systems with the widely used coal-fired power plants in Serbia and Montenegro.

More than fifteen thousand wind mills which are connected to the electric utility grid signify the commercial viability of this technology in the North America as well as in Germany. There are also commercial and prototype wind mills producing electricity in Japan, China, India, and several countries in Europe. There are several multimegawatt grid-connected photovoltaic (PV) power plants in California and Australia. In addition, numerous kilowatt-size PV power plants have been built all over the world. A large majority of them are grid-connected. Several hundred megawatts of such generating capacity is under construction in various parts of the world. There are also grid-connected and stand-alone kilowatt-size PV power plants in Europe, Asia and Africa. Numerous small scale low-head hydroelectric power plants have been built in the 70's and early 80's in the United States and Europe. A substantial part of China's electric energy is produced from the more than one hundred thousand small hydropower plants that are in operation today. More than two thousand megawatts of geothermal energy-based electricity is in the United States, and several thousand more megawatts in the Philippines, Mexico, Italy, Iceland, Indonesia, Japan and New Zealand attest to widespread applicability of this technology. Tens of megawatts of battery storage systems have been built in the United States, Europe and Japan. Fuel cell power plants are being used as prototype generation facilities in the United States and Japan.

It is our hope to promote, through their better understanding and more widespread use, these old and new technologies in Serbia and Montenegro and to set the scene for their potential use and development. One major application of the renewable and advanced energy systems is in the electric utility grid, as is the case in the United States and Europe.

This book is divided into six parts, namely solar, wind, small scale hydro, biomass and geothermal. Each part is independent of the other and can be studied by itself. This book focuses on the delivery of both stand-alone and grid-connected electricity based on renewable and advanced energy systems and the potential for their implementation in Serbia and Montenegro. Resource assessment and the use of specific technologies are discussed. Data for potential developments in various parts of Serbia and Montenegro are used in illustrative examples.

stavlja njihov neznatan uticaj na životnu sredinu, te su sa tog aspekta mnogi od njih ekonomski konkurentni konvencionalnim tehnologijama proizvodnje energije. Ovaj aspekt je veoma važan pri razmatranju energetske situacije u Srbiji, gde termoelektrane dominiraju u energetske proizvodnji.

U poređenju sa ostalim tehnologijama proizvodnje električne energije, industrije bazirane na obnovljivim izvorima energije beleže najveći privredni rast u poslednjih šest godina. Tržišta fotonaponskih solarnih uređaja i uređaja baziranih na korišćenju energije vetra neprekidno rastu. Ukupni instalirani kapaciteti svih solarnih fotonaponskih (PV) sistema u svetu dostižu 2 GW. Istovremeno, isporuka PV ćelija i modula od 1986 godine raste prosečnom godišnjom stopom od 33% na svetskom nivou. Više od petnaest hiljada vetrenjača u Severnoj Americi i isto toliko u Nemačkoj povezanih sa distributivnim električnim mrežama, pružaju značajnu informaciju o komercijalnim mogućnostima ove tehnologije. Takođe, veliki broj komercijalnih i eksperimentalnih vetrenjača koje generišu električnu energiju trenutno se koriste u Evropi, Japanu, Kini i Indiji. Širom sveta izgrađeni su brojni multikilovatni fotonaponski sistemi instalisani na rezidencijalnim i poslovnim objektima, a takođe i brojne multimegavatne fotonaponske elektrane povezane u elektro-distributivne mreže. Veliki broj hidroelektrana na malim vodotokovima izgrađen je tokom 70-ih i 80-ih godina u Sjedinjenim državama i Evropi. Značajan deo električne energije koja se proizvodi u Kini generiše više od stotinu malih hidroelektrana. Više od dve hiljade megavata električne energije u SAD-u proizvede se iskorišćavanjem geotermalnih izvora energije, a još nekoliko hiljada megavata proizvedenih u Meksiku, Filipinima, Italiji, Islandu, Indoneziji, Japanu, Rusiji i Novom Zelandu, svedoči o širokoj rasprostranjenosti i izvodljivosti ove tehnologije. Prototipovi elektrana koje koriste gorivne ćelije za generisanje električne energije već se nalaze u pogonu u SAD-u, Kanadi, Evropi i Japanu. Pored toga, automobili i autobusi koji koriste kao pogon električnu energiju iz gorivnih ćelija počinju sve više da se koriste u Severnoj Americi, Evropi i Japanu.

Glavna ideja ove publikacije je promocija, razumevanje i korišćenje ovih novih i dokazanih obnovljivih izvora energije i tehnologija u Srbiji i Crnoj Gori, kao i priprema terena za njihovo potencijalno šire korišćenje i razvoj. Publikacija je podeljena u šest tematskih celina od kojih svaka obrađuje jedan vid energije: solarnu, energiju vetra, hidro potencijale na malim vodotokovima, biomasu i geotermalnu energiju. Svaki deo je nazvisan od drugih i može se čitati zasebno. Knjiga je fokusirana na proizvodnju i distribuciju električne energije putem samostalnih elektrana ili elektrana povezanih na komercijalnu distributivnu mrežu, i na mogućnost njihove primene u Srbiji i Crnoj Gori. Razmatrani su i aspekti vezani za resurse i korišćenje specifičnih tehnologija, a kao ilustrativni primeri



Because of their modular nature, low maintenance cost, and low fuel requirements, wind and solar energy technologies, batteries and fuel cells are especially attractive for stand-alone applications in Serbia and Montenegro. With this in mind, a universal approach has been followed in presenting the material in this book. We hope that this book will be used as a reference text for future stand-alone energy system designs in Serbia and Montenegro...

### **Utilization of Renewable Sources of Energy**

Most of the renewable sources of energy mentioned are considered distributed low-density energy sources. In other words, their power plant can produce only up to tens of megawatts of electricity, while a large coal or nuclear power plant can produce more than 2000 megawatts. However, renewable energy based generators are environmentally benign in general, and a very large number of them can be built to derive a substantial amount of electricity. For example, it is possible to instale solar photovoltaic (PV) generators on many rooftops, but it is unlikely that many people will allow a coal or a nuclear power plant in their neighborhood. The low density and intermittent operation are some of the drawbacks of renewable energy sources. In order to promote the use of such energy sources it will be necessary to apply some innovative ideas. For example, solar photovoltaic power (PV) is intermittent, but a hybrid system of PV and fuel cell power plants would eliminate this problem. There are many other ways of using the modern technology to make the renewable and other alternate energy technologies work for us. For example, satellite imaging can be used to predict the cloud and wind movements, which in turn can provide valuable information for the operation of solar, wind and hydro power plants. Renewable energy technologies would not only bring environmentally-friendly energy sources to us; but could also provide new challenges, research and job opportunities for tomorrow's engineers.

### **Renewable and Nonrenewable Energy Technologies and Their Impact**

Most countries in the world will be facing serious energy shortages in the near future. High energy consumption and the ever-increasing world population will force residents of many countries to confront the critical problem of dwindling domestic fossil energy supplies. Current dependence of majority of countries on oil has important economic costs and portends future negative effects on national and international security and the economy. Annual world oil consumption is nearly 4 billion tonnes while the reserves of

dati su podaci o potencijalnom razvoju ovih tehnologija u različitim krajevima Srbije. Solarne tehnologije i tehnologije bazirane na energiji vetra, kao i gorivne ćelije, bilo kao samostalne ili povezane u distributivne električne mreže, posebno su pogodne i interesantne za korišćenje u Srbiji i Crnoj Gori zbog svoje modularne prirode, niske cene goriva i niskih cena održavanja. Ovaj aspekt je korišćen kao univerzalan kriterijum za prezentaciju materijala u ovoj publikaciji. Nadamo se da će se ova knjiga koristiti kao polazna referenca pri budućim primenama i promocijama upotrebe obnovljivih izvora energije u Srbiji i Crnoj Gori.

### **Upotreba obnovljivih izvora energije**

Većinu pomenutih obnovljivih izvora energije smatraćemo distribuiranim energetskim izvorima niske snage, što podrazumeva da elektrana koja koristi obnovljive izvore može da proizvede do nekoliko desetina megavata električne energije (velike termoelektrane ili nuklearne elektrane mogu da proizvedu više od 2000 megavata). Svakako, mnogi od obnovljivih ili alternativnih izvora energije mogu se koristiti i za izgradnju generatora velike snage, a što je od velike važnosti, generatori pokretani obnovljivim izvorima energije su ekološki neškodljivi. Na primer, moguće je postaviti solarne fotonaponske generatore na veliki broj krovnih konstrukcija, ali je sasvim izvesno da velika većina ljudi ne bi dozvolila izgradnju termoelektrane ili nuklearne elektrane u njihovom bliskom okruženju. Sa druge strane, relativno niska snaga, viša cena i povremeno isprekidan rad predstavljaju nedostatke generatora pokretanih obnovljivim izvorima energije, te ekspanzija njihovog korišćenja zahteva inovativne ideje kojima bi se prevazišli ovi nedostaci. Na primer hibridni sistem koji obuhvata solarne fotonaponske module, vetar i gorivne ćelije, kompenzovao bi nedostatke generatora isključivo na vetar ili sunce, jer oni ne rade kontinualno. Svakako postoji veliki broj načina da se moderne tehnologije iskoriste u cilju eksploatacije obnovljivih i alternativnih izvora energije. Na primer, satelitski snimci se mogu koristiti za predviđanje kretanja oblaka i vetra pružajući na taj način značajnu informaciju za funkcionisanje i proračun solarnih ili vetro generatora, kao i hidro elektrana. Dakle, tehnologije obnovljivih izvora energije ne samo da nam omogućavaju pristup ekološkim izvorima energije, već mogu da omoguće nove izazovne naučno istraživačke projekte i otvaranje novih radnih mesta za naučnike i inženjere.

### **Obnovljivi i neobnovljivi izvori energije**

Većina zemalja širom sveta suočiće se sa ozbiljnim nedostacima energije u bliskoj budućnosti. Velika potrošnja i porast broja stanovnika u svetu primoraće stanovnike

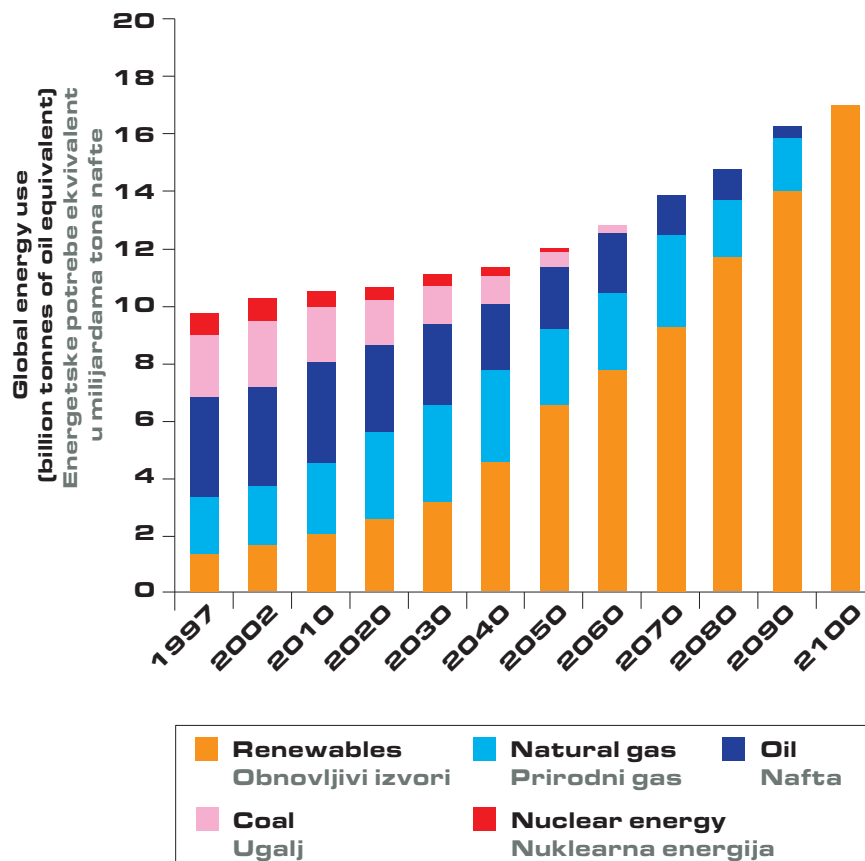


conventional oil, are of 120-160 billion tonnes according to the oil companies and national statistics. Because of its limited availability, oil is to reach its world peak production in 2010 to 2012. Thus, present use of fossil and nuclear energy resources cannot offer long-term and sustainable solutions for future development of populations in either industrialised or un-served regions and nations. These negative impacts and risks are not included in the current energy prices, so there is no special economic incentive to end the wasteful use of fossil and nuclear energy resources.

Fossil fuel reserves are being rapidly depleted, and within a decade or two most countries will be forced to turn to renewable energy for some of their energy needs. Undoubtedly the new technologies will be developed which will make it possible to exploit more oil and coal. However, this extra extraction can only be achieved at greater energy and economic costs. When the energy input needed to power these methods approaches the amount of energy mined, extraction will no longer be cost-effective.

The fossil energy system created dependencies worldwide, because the energy sources for the world consumption are concentrated in just a few areas. This makes those societies that

**Diagram 1: Global clean energy scenario**  
**Dijagram 1: Prognoza energetske potrebe i energetske izvora do 2100-te godine**



velikog broja zemalja da se suoče sa problemom kritičnog smanjenja zaliha domaćih fosilnih energetske izvora. Trenutna energetska zavisnost većine zemalja od nafte i njenih derivata zahteva znatne ekonomske izdatke i u budućnosti nagoveštava negativne efekte na nacionalne ekonomije, kao i na međunarodnu bezbednosnu situaciju. Prema podacima naftnih kompanija, kao i drugim nacionalnim statističkim podacima, ukupna svetska potrošnja nafte iznosi skoro 4 milijarde tona godišnje, dok su ukupne rezerve oko 120-160 milijardi tona. Kako će prerada nafte dostići vrhunac između 2005 i 2008 godine, a uzimajući u obzir ograničenost zaliha, sadašnje korišćenje fosilnih i nuklearnih goriva ne može da obezbedi dugotrajni i održivi razvoj.

Zalihe fosilnih goriva brzo nestaju, a u roku od jedne ili dve decenije većina zemalja će biti primorana da koristi obnovljive izvore energije za podmirivanje svojih energetske potrebe. Svakako, razvoj novih tehnologija za eksploataciju nafte i uglja je izvestan, ali uz povećanje ekoloških, energetske i ekonomskih izdataka koji će neminovno usloviti neprofitabilnost njihovog budućeg korišćenja.

Usled koncentracije energetske resursa u svega nekoliko oblasti u svetu, korišćenje fosilnih goriva stvorilo je sistem međuzavisnosti, tako da se države koje



are dependent on fossil energy imports extremely vulnerable. The dependence on relatively few energy producing regions did not only advance the global process of concentration of the energy economy, but also led to constantly rising costs of the energy infrastructure and increasing trade imbalances. The economies of numerous energy producing countries are one-sided dependent on oil exports. Therefore those countries are economically, socially and politically unstable. With their impact on the ecosystem, the massive use of nuclear and fossil energy resources endangers the basic existence of human beings. Many people suffer from direct health damages. The predicted climate change, possible nuclear contamination and insoluble risks especially from production of plutonium in nuclear reactors, create even bigger dangers. Today predominantly the population of poor countries suffer the most from the results of non-sustainable resource use. There are no physical and technological limitations to continue the present distortion. The natural and technical potential of renewable energies is sufficient to satisfy all energy needs of the world population. The natural potential of renewable energies that is available on earth every day is 20.000 times larger than the daily consumption of atomic and fossil energies. Since these technologies are still relatively young, there is an enormous potential for further technological improvement and new applications.

However, fossil and especially nuclear energy is still receiving ten times more public support for research and development than the renewables and this has been the case for decades. In the industrialised countries only 7% of research funding is earmarked for renewable energy compared to 70% for nuclear R&D. It is therefore obvious that harnessing the renewable energies should be given the highest political and economic priority in order to shift the world to a renewable energy supply.

Fossil fuel combustion, especially those based on oil and coal, is the major contributor to increasing carbon dioxide concentration in the atmosphere, thereby contributing to probable global warming. This climate change is considered one of the most serious environmental threats throughout the world because of its potential impact on food production and processes vital to a productive environment. Therefore, concerns about carbon dioxide emissions may discourage widespread dependence on coal use and encourage the development and use of renewable energy technologies.

Even if the rate of increase of per capita fossil energy consumption is slowed down by conservation measures, rapid population growth is expected to speed fossil energy depletion and intensify global warming. Therefore, the projected availability of all fossil energy reserves has probably been overstated. Substantial reductions of use of fossil

zavise od uvoza fosilnih goriva nalaze u podređenim položajima. Sa druge strane, rezultat ovakve situacije je ne samo koncentracija energetske ekonomije, već konstantno povećanje cena energetske infrastrukture i povećanje trgovinskog debalansa. Zemlje izvoznice baziraju svoju ekonomiju isključivo na izvozu energetskih sirovina što dovodi do političke, ekonomske i socijalne nestabilnosti. Rašireno korišćenje nuklearnih i fosilnih energetskih sirovina ugrožava ljudsku egzistenciju, jer ima direktan negativan uticaj na zdravlje ljudi. Predviđene klimatske promene, mogućnost nuklearne kontaminacije i nerešeni problemi vezani za proizvodnju plutonijuma u nuklearnim reaktorima, stvaraju dodatne probleme i opasnosti. Danas, uglavnom stanovništvo siromašnih zemalja, najviše oseća negativne posledice korišćenja neobnovljivih izvora energije, iako ne postoje ni tehnološki ni fizički razlozi za održanje trenutnog stanja. Prirodni i tehnički potencijal obnovljivih izvora energije dovoljan je da zadovolji sveukupne energetske zahteve svetske populacije, jer je njihov prirodni dnevni potencijal 20.000 puta veći od dnevne potrošnje nuklearnih i fosilnih goriva. Kako se radi o relativno mladim tehnologijama, postoji ogroman potencijal za njihova dalja tehnološka usavršavanja i nove primene.

Međutim industrija bazirana na fosilnim gorivima, a naročito nuklearni energetski sektor, još uvek dobijaju deset puta veće državne subvencije za istraživanje i razvoj od tehnologija obnovljivih izvora energije. U industrijalizovanim zemljama samo 7% od ukupnog fonda za istraživanje i razvoj odvaja se na obnovljive izvore energije u poređenju sa 70% za istraživanje i razvoj nuklearnih i drugih tehnologija. Jasno je da se korišćenju obnovljivih izvora energije mora dati najveći politički i ekonomski prioritet, kako bi se izvršila preorijentacija ka ovim izvorima energije i njihovom tehnološkom razvoju.

Sagorevanje fosilnih goriva, naročito onih baziranih na nafti i uglju, predstavlja najverovatniji uzrok globalnom zagrevanju, dakle stvaranju tzv. efekta staklene bašte. Promena klimatskih uslova predstavlja jednu od najozbiljnijih opasnosti za zemljin ekološki sistem zbog mogućeg uticaja na proizvodnju hrane i ključne procese koji stvaraju produktivnu prirodnu okolinu. Zabrinjavajući porast emisije ugljen dioksida u atmosferu, između ostalih faktora, može da dovede do smanjenja zavisnosti od upotrebe uglja i ohrabri razvoj i korišćenje obnovljivih energetskih tehnologija.

Iako je upotreba fosilnih goriva po glavi stanovnika smanjena usled mera očuvanja prirodnih resursa, porast populacije u svetu dovodi do bržeg smanjenja zaliha fosilnih goriva i povećanja globalnog zagrevanja. Takođe je zbog istih razloga procena trenutne energetske situacije u svetu ne adekvatna, odnosno zalihe fosilnih goriva su verovatno precejene. Znatna redukcija potrošnje fosilnih goriva putem efikasnijeg korišćenja energije



fuels through an efficient use of energy and the adoption of solar energy technologies extends the life of fossil fuel resources and could provide the time needed to develop and improve renewable energy technologies.

Finally, in order to shed more light on the comparison between renewable and nonrenewable energy utilization, Fig. 1 presents the environmental effects of different energy technologies.

**Figure 1.** Ecological effects of the different energy technologies



i primena solarnih i drugih obnovljivih izvora produžili bi vek trajanja fosilnih izvora energije sa jedne strane, a sa druge strane mogli bi da obezbede vreme neophodno za razvoj i poboljšanje tehnologija korišćenja obnovljivih izvora energije.

Konačno, u cilju boljeg poređenja upotrebe obnovljivih i neobnovljivih izvora energije, na slici 1 uporedno su prikazani ekološki efekti različitih energetske tehnologija.

**Slika 1.** Ekološki efekti različitih energetske tehnologija

