

# ULOGA OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE U BUDUĆOJ OPSKRBI ELEKTRIČNOM ENERGIJOM THE ROLE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN FUTURE ELECTRICITY SUPPLY

Dr. sc. Malcolm W. Kennedy, CBE, FEng, FRSE, PB Power Ltd.,  
Amber Court, William Armstrong Drive, Newcastle upon Tyne,  
NE4 7YQ, Velika Britanija

Mr. sc. Zoran Stanić, HEP d.d., Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska  
Malcolm W. Kennedy, CBE, FEng, FRSE, PhD, PB Power Ltd.,  
Amber Court, William Armstrong Drive, Newcastle upon Tyne,  
NE4 7YQ, United Kingdom

Zoran Stanić, MSc, HEP d.d., Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia

Članak se bavi ulogom obnovljivih izvora energije u opskrbi električnom energijom. Izvorni razlog za njihovo uvođenje i razvoj bio je stvaranje protuteže porastu stvaranja stakleničkih plinova koji nastaju pri proizvodnji električne energije iz fosilnih goriva.

Europska unija predstavlja najbolji primjer delegirane politike i propisa koje zakonodavci i vlade prikladno tumače. Zakoni na području energije i okoliša usvojeni u Republici Hrvatskoj približili su se europskom zakonodavstvu, s ciljem integriranja Republike Hrvatske u unutarnje europsko tržište električne energije i Europsku uniju.

This article deals with the role of renewable energy sources in the electricity supply industry. The original reason for their introduction and development was to help offset the rise in the production of greenhouse gases due to electricity generation from fossil fuels. The EU represents the best example of federally delegated policy and regulation interpreted differently by national regulators and governments. The laws in the area of energy and the environment enacted by the Republic of Croatia have been approximated to the European legislation in order for the Republic of Croatia to be integrated in the internal European electricity market and EU.

Ključne riječi: djelatnost opskrbe električnom energijom, energija vjetra, europsko tržište električne energije, proizvodnja električne energije iz obnovljivih izvora, Protokol iz Kyota, staklenički plinovi, tehnologije obnovljivih izvora

Key words: electricity supply industry, European electricity market, greenhouse gases, Kyoto Protocol, renewable electricity generation, renewable technologies, wind energy



## 1 UVOD

Čovječanstvo je dobivalo energiju tisućama godina paljenjem drva i drugih biomasa, za kuhanje, oblikovanje metala i grijanje. Od srednjovjekovnih vremena čovjek je također ukrotio potoke i rijeke za pogone mlinova i vjetar za mljevenje kukuruza. Energija iz obnovljivih izvora nije novost!

Povijest prvih stotinu ili više godina proizvodnje električne energije pokazuje da se osim razvoja hidroenergetike, koja je često vezana uz druge namjene (npr. navodnjavanje i zaštita od poplava), skoro sva ostala tehnologija proizvodnje temeljila na sagorijevanju ugljena, loživog ulja i plina, te u novije vrijeme na nuklearnoj fisiji. Ove toplinske tehnologije proizvodnje električne energije imaju bitnu prednost, a to je da se njima može pretvoriti i pridobiti energija visoke koncentracije, te su sukladno tome niskih prostornih zahtjeva.

Uspostavljene tehnologije bile su podložne trajnom i intenzivnom razvoju. Projektirane su uglavnom za priključenje na međusobno povezane mrežne sustave počev od 1920. pa nadalje, na regionalnoj, državnoj ili međunarodnoj osnovi. Cilj je bio proizvesti i dostaviti lako dostupnu i pouzdanu električnu energiju s odgovarajućom kombinacijom elektrana i najnižom mogućom cijenom. Društveni i ekološki utjecaji opskrbe električnom energijom donedavno su imali ograničenu važnost.

Međutim, tijekom proteklih 15-ak godina sve se više vjeruje u postojanje globalnog zagrijavanja i promjene klime, te u utjecaj koje navedeni proizvodni procesi imaju na ove pojave. Kako god bilo, postoji zajednička suglasnost oko pretpostavke da oni proizvodni procesi koji stvaraju tzv. stakleničke plinove, uglavnom ugljični dioksid, prijete u budućnosti stabilnosti naše globalne klime.

Globalna proizvodnja sve većih količina stakleničkih plinova sada se intenzivno kontrolira i mjeri, naročito ugljičnog dioksida (CO<sub>2</sub>), koji je posljedica većine proizvodnih procesa, uključujući proizvodnju električne energije, potrošnju energije u domaćinstvima i prijevoz.

Prema Međunarodnoj organizaciji za energiju (IEA) [1], do 2030. globalne emisije CO<sub>2</sub> bit će 52 % veće u usporedbi s emisijama u 2005., osim u slučaju da svijet obuzda svoju potrošnju energije. Čak i ako razvijene države počnu provoditi politiku vezanu uz promjenu klime, IEA smatra da će globalna emisija CO<sub>2</sub> ipak porasti za otprilike 30 % tijekom ovog razdoblja.

Međunarodnim Protokolom iz Kyota iz 1997., ratificiranim tek 2005., tražilo se smanjenje

## 1 INTRODUCTION

Mankind has extracted energy for thousands of years from the burning of wood and other biomass materials for cooking, shaping of metal and keeping warm. Since medieval times, he has also harnessed streams and rivers to drive mills and wind to grind corn. Renewable energy is not new!

The history of the first 100 years or more of the generation of electricity shows that apart from the development of hydro, which was often coupled to other purposes, e.g. irrigation and flood control, virtually all the remainder of generation technology has been based upon the burning of coal, oil and gas and more recently nuclear fission. These thermal methods of electricity production have the intrinsic advantage of being able to convert and capture energy of high concentration and correspondingly low space requirements.

These established technologies were subject to continuous and intensive development, and were designed mainly for connection to interconnected grid systems from the 1920s onwards on either a regional, national or international basis. The aim was to produce and deliver electricity with an appropriate plant mix at the lowest cost and with high availability and reliability. The social and environmental impacts of electricity supply were of limited importance until recently.

Over the past 15 years or so, however, there has been a growing belief in the existence of global warming, climate change and the impact that industrial processes have on these phenomena. By common consent, however, those industrial processes that produce so-called greenhouse gasses, principally carbon dioxide, are now assumed to threaten the future stability of our global climate.

The global production of ever higher levels of greenhouse gasses, notably the carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) arising from most industrial processes, including the production of electricity, domestic energy consumption and transport, are now under intense scrutiny and measurement.

According to the International Energy Agency (IEA) [1] global emissions of CO<sub>2</sub> will be 52 % higher by 2030 compared to the emissions in 2005 unless the world curbs its energy consumption. Even if developed nations implement climate change policies, global CO<sub>2</sub> emissions will still rise according to the IEA by some 30 % over this period.

The international 1997 Kyoto Protocol, not ratified until 2005, sought a 5 % cut in CO<sub>2</sub> emissions



svjetskih emisija CO<sub>2</sub> za 5 % do 2012. godine. Sjedinjene Američke Države su zainteresirane za smanjenje emisija CO<sub>2</sub>, ali njihovo nesudjelovanje u ostvarivanju ovog cilja smanjuje vjerodostojnost sporazuma iz Kyota.

Kao predvodnik svjetskog pokreta za smanjenje emisija, Velika Britanija, koje je odgovorna za samo 2 % globalne emisije CO<sub>2</sub>, postavila si je za cilj 20-postotno smanjenje do 2010. u usporedbi s brojkama iz 1990. Malo je vjerojatno da će se taj cilj ispuniti.

Budući da je proizvodnja električne energije jedan od ključnih izvora emisije CO<sub>2</sub> (u Velikoj Britaniji odgovorna je za 22 % ukupne proizvodnje CO<sub>2</sub>), nije iznenađujuće što su vlade diljem svijeta usmjerene na djelatnost opskrbe električnom energijom radi smanjenja emisije CO<sub>2</sub>. Ta usmjerenost na proizvodnju električne energije nešto je lakša od usmjerenosti na prijevoz, proizvodnju i domaćinstva, koji su mnogobrojniji, raznolikiji i imaju veću političku interakciju.

Jedan od najznačajnijih doprinosa smanjenju emisija iz proizvodnje električne energije je uvođenje i razvoj tzv. proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora, od koje se očekuje da će tijekom vremena imati sve veći udjel u isporučenoj električnoj energiji. Posebice u Europi, predviđen opseg proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora koji se sada shvaća kao smjernica, vjerojatno će uskoro postati obavezan [2]. Gospodarskim poticajima na razini vlada podržava se postizanje predviđenih opsega proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora.

## 2 DJELATNOSTI OPSKRBE ELEKTRIČNOM ENERGIJOM U EUROPI

Radi razumijevanja konteksta djelatnosti proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora, nužno je opisati stanje elektroprivredne djelatnosti u Europi, u kojoj proizvodnja električne energije iz obnovljivih izvora postaje sve značajniji dio.

Europska unija predstavlja najbolji primjer delegirane politike i propisa koje nacionalni regulatori i vlade prikladno tumače. Nije iznenađujuće što se u cijeloj Europskoj uniji politika ne primjenjuje ravnomjerno, a usklađenost je još uvijek ozbiljno pitanje.

Prva Direktiva Europske unije o opskrbi električnom energijom [3] datira od prije skoro 10 godina, a u njoj je prvi put uvedeno načelo otvorenog pristupa sustavu i konkurencije u proizvodnji i opskrbi.

worldwide by 2012. The United States is not indifferent to the reduction of CO<sub>2</sub> emissions but its non-participation in this target-based approach diminishes the Kyoto agreement's credibility.

As a leader in the world movement to reduce emissions, the UK, which is responsible for only 2 % of global CO<sub>2</sub> emissions, has set its own target of a 20 % reduction by 2010 compared to 1990 figures. This target is unlikely to be met.

Since the generation of electricity is one of the main sources of CO<sub>2</sub> emissions (in the UK it is responsible for 22 % of all CO<sub>2</sub> production), it is not surprising that the electricity supply industry is being targeted by governments throughout the world to reduce its emissions. This targeting of electricity production is slightly easier than the targeting of transport, industry and domestic sources, which are much more numerous, more diverse and have greater political interaction.

One major contribution to the reduction of emissions from the production of electricity is the introduction and development of so-called renewable generation, which is now expected to provide an increasing proportion of the electricity supplied with the passage of time. Particularly in Europe, the targets for the production of electricity generated from renewable sources, although currently regarded as guidelines, are likely to become mandatory [2]. To achieve the specified amounts of renewable generation, the attainment of these targets is being supported by government-inspired economic incentives.

## 2 OVERVIEW OF THE ELECTRICITY SUPPLY INDUSTRY IN EUROPE

To place the development of renewable electricity generation in context, it is first necessary to describe the background of the electricity supply industry (ESI) in Europe, of which it forms an increasingly important part.

The EU represents the best example of federally delegated policy and regulation interpreted differently by national regulators and governments. Not surprisingly, policy has not been evenly applied throughout the EU and compliance is still a serious issue.

The first EU Directive of Electricity Supply [3] dates back almost 10 years ago, in which the principles of open system access and competition in generation and supply were first introduced. A more recent

Novija Direktiva, 2003/54/EC [4] uvedena je prije tri godina zbog sporog napretka ostvarenog od 1996.

Najnoviji Godišnji izvještaj o napretku, u skladu s tom posljednjom Direktivom, izdan je u studenom 2005. [5]. Ovaj Izvještaj o napretku u stvaranju unutarnjeg tržišta plina i električne energije potvrđuje da prekogranična konkurencija još uvijek nije dovoljno razvijena da bi kupcima pružila realne alternative nacionalnih dobavljača. Ključni su pokazatelji u tom smislu neujednačenost cijena diljem Europske unije i niska razina prekogranične trgovine električnom energijom. Najvažniji uzrok tome je što države članice nisu Direktive primijenile pravovremeno ili dovoljnim odlučno.

U ovoj je fazi prepoznato pet područja lošeg funkcioniranja tržišta:

- tržišta plina i električne energije u mnogim su državama članicama i dalje koncentrirana, što domaćim operaterima daje mogućnost utjecanja na cijenu,
- mnoga veleprodajna tržišta nisu likvidna, ili zbog dugoročnih ugovora (plin), ili zato što tvrtke djeluju istovremeno u proizvodnji i maloprodaji, ograničavajući na taj način razvoj veleprodajnih tržišta (električna energija). Razina razdvajanja mreže i opskrbnih aktivnosti također je nedovoljna,
- prepreke prekograničnoj opskrbi plinom i električnom energijom sprječavaju razvoj integriranog tržišta energije Europske unije,
- manjak transparentnosti na tržištu, što koristi domaćim operaterima, a potkopava položaj novih sudionika. Nedovoljna transparentnost također pojačava nepovjerenje,
- elektroprivreda i potrošači nemaju dovoljno povjerenja u mehanizme određivanja cijene na veleprodajnim tržištima energije, a cijene su značajno porasle.

### 3 POLITIKA PREMA PROIZVODNJI ELEKTRIČNE ENERGIJE IZ OBNOVLJIVIH IZVORA

Posljednjih su godina Vlade u cijelome svijetu prepoznale izvore emisije CO<sub>2</sub> kao prvi korak prema pronalasku rješenja. Ovi se izvori mogu općenito grupirati, kako je prikazano u tablici 1 koja vrijedi za Veliku Britaniju, ali je svojstvena svim industrijaliziranim zemljama. Treba spomenuti da nacionalni udjeli CO<sub>2</sub> ne uključuju međunarodni zračni promet i aktivnosti na moru, što su najbrže rastući izvori.

Directive, 2003/54/EC [4], was introduced 3 years ago in view of the slow progress achieved since 1996.

The latest Annual Report on progress in compliance with this latest directive was issued in November 2005 [5]. This Report on the Progress in Creating the Internal Gas and Electricity Market confirms that cross-border competition is not yet sufficiently developed to provide customers with a real alternative from the nationally established suppliers. Key indicators in this respect are the absence of price convergence across the EU and the low level of cross-border trade in electricity. The most important cause for this is the failure of Member States to implement the directives on time or with sufficient determination.

Five areas of market malfunctioning have been identified at this stage:

- gas and electricity markets in many Member States continue to be concentrated, creating scope for incumbent operators to influence prices,
- many wholesale markets are not liquid, either because of long-term contracts (gas) or because companies are active both in production and in the retail market, limiting the development of wholesale markets (electricity). There is also an inadequate level of unbundling of network and supply activities,
- barriers to the cross-border supply of gas and electricity prevent the development of integrated EU energy markets,
- there is a lack of transparency on the markets that benefits incumbents and undermines the position of new entrants. Lack of transparency also aggravates mistrust,
- there is little trust by industry and consumers in the specific price formation mechanisms on energy wholesale markets and prices have increased significantly.

### 3 CURRENT POLICY RELATING TO RENEWABLE ELECTRICITY GENERATION

Over recent years, governments worldwide have identified sources of CO<sub>2</sub> emissions as a first step towards finding remedies. These sources can be broadly grouped as shown in Table 1, which applies to the UK but is typical of industrialised countries. It should be noted that national allocations of CO<sub>2</sub> do not include international air travel and marine activities, which are the fastest growing sources.

Tablica 1 - Emisije CO<sub>2</sub> u Velikoj Britaniji: Udjeli sektora  
Table 1 - UK CO<sub>2</sub> emissions: Sector eontributions

Korisnik/Zagađivač / User/Polluter	Postotak ukupne emisije CO <sub>2</sub> u Velikoj Britaniji / Percentage of Total UK CO <sub>2</sub> Emissions
Prijevoz* / Transport*	26
Industrija / Industry	24
Proizvodnja električne energije / Electricity Generation	22
Kućanstva / Domestic	14
Trgovina / Commercial	12
Drugo / Other	2

\*Nisu uključeni međunarodni zračni i morski prijevoz, koji imaju najbrži rast /

\*Fastest growing, international air and marine transport not included

U tablici 2 navode se porezi i poticaji koje je uvela britanska Vlada tijekom proteklih 15 godina s ciljem smanjenja emisija iz elektroenergetskog sektora i poticanja razvoja proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora.

Table 2 indicates taxation and incentives introduced by the UK Government over the past 15 years to inhibit emissions from the electricity sector and encourage the development of renewable generation.

Tablica 2 - Poticaji britanske vlade proizvodnji energije iz obnovljivih izvora  
Table 2 - UK Government encouragement of renewable generation

Obveza nefosilnog goriva / Non-fossil Fuel Obligation	1991.
Naknada za klimatske promjene / Climate Change Levy	1999.
Energetska revizija Odjela za djelotvornost i inovativnost / Performance and Innovation Unit's Energy Review	2001.
Uvođenje Certifikata o obvezi obnovljivih izvora / Introduction of Renewable Obligation Certificates (ROCS)	2002.
Bijela knjiga o energiji / Energy White Paper	2003.
Prošireni ciljevi i dodatni novac / Extended Targets and Extra Money	2004.
EU Shema trgovanja emisijama / EU Emissions Trading Scheme	2005.

Što se tiče proizvodnje električne energije, ključne metode obuzdavanja rasta i mogućeg smanjenja emisija mogu se navesti na sljedeći način:

- proizvodnja iz čistog ugljena, npr. plin iz ugljena,
- uzimanje i uskladištenje ugljika iz ugljena i drugih fosilnih izvora,
- povećan udio nuklearne proizvodnje,
- uvođenje i razvoj proizvodnje energije iz obnovljivih izvora.

Prva i druga navedena tehnologija još uvijek zahtijevaju značajan tehnički razvoj prije no što će moći pružiti značajan doprinos. Treća tehnologija mora ukloniti troškovne i političke zapreke, te zapreke vezane uz stajalište javnosti u mnogim državama. To ostavlja proizvodnju iz obnovljivih izvora kao ključnu univerzalnu tehnologiju obustavljanja rasta proizvodnje ugljičnog dioksida iz opskrbe električnom energijom, gdje ne postoje ozbiljne tehničke prepreke.

Insofar as electricity generation is concerned, the main methods of arresting the growth and perhaps the reduction of emissions can be listed as follows:

- clean coal production, e.g. gas from coal,
- carbon capture and storage from coal and other fossil fuel sources,
- increased proportion of nuclear generation,
- introduction and development of renewable generation.

The first and second methods listed above still require significant technical development before they can be regarded as having a likely significant contribution to make. The third has possible cost, political and public perception hurdles to clear in many countries. This leaves renewable sources of generation as the main universal methods of arresting the growth of carbon dioxide production from electricity supply where there are no serious technical obstacles.

Kao što je prikazano u poglavlju 5, svi oblici proizvodnje energije iz obnovljivih izvora zahtijevaju neki oblik potpore kako bi bili atraktivniji ulagačima. Stoga je bitno da vlade priskrbe neki oblik potpore developerima ako se pojave vrijedni doprinosi vezani uz obnovljive izvore. U Velikoj Britaniji potpore se odnose na širok raspon tehnologija, sa značajnom iznimkom velikih hidroelektrana. Tablica 3 navodi tehnologije koje mogu dobiti potporu u Velikoj Britaniji.

As will be seen in Section 5, all forms of renewable generation require some form of subsidy to prove attractive to investors. It is, therefore, essential that governments provide some form of subsidy to developers if worthwhile contributions from renewable sources are to arise. In the UK, subsidy applies to a wide variety of technologies, with the notable exception of large-scale hydro. Table 3 indicates those technologies in the UK that attract subsidies.

Tablica 3 - Izvori energije koji zadovoljavaju uvjete za Obvezu obnovljivih izvora: Velika Britanija  
Table 3 - Sources of energy eligible for the Renewables Obligation: UK

Izvor / Source	Zadovoljava uvjete / Eligibility
Deponijski plin / Landfill gas	✓
Kanalizacijski plin / Sewage gas	✓
Energija iz otpada / Energy from waste	Uvjete zadovoljava samo energija iz nefosilnih izvora / Only non-fossil derived energy will be eligible. Energija dobivena spaljivanjem mješovitog otpada ne zadovoljava uvjete / Energy from incinerating mixed waste will not be eligible. Energija iz nefosilnih elemenata dobivenih iz mješovitog otpada korištenjem naprednih tehnologija zadovoljava uvjete / Energy from the non-fossil derived element of mixed waste using advanced technologies will be eligible
Hidroelektrane s više od 20 MW iskazanog neto kapaciteta / Hydro exceeding 20 MW declared net capacity (dnc)	Samo elektrane stavljene u pogon nakon datuma Naredbe / Only stations commissioned after the date the order is made
Hidroelektrane iskazanog neto kapaciteta 20 MW ili manje / Hydro 20 MW or less dnc	✓
Vjetar na kopnu (onshore) / Onshore wind	✓
Vjetar na moru (offshore) / Offshore wind	✓
Suizgaranje biomase / Co-firing of biomass	Zadovoljava uvjete do 31. ožujka 2011., za do 25 % dobavljačeve obveze / Eligible until 31 March 2011 for up to 25 % of a supplier's obligation Najmanje 75 % biomase mora biti od energetske nasade od 1. travnja 2006. / At least 75 % of biomass fuel to be energy crops from 1 April 2006
Druga biomasa, npr. poljoprivredni ostaci i ostaci u šumarstvu / Other biomass, e.g. agricultural and forestry residues	✓
Geotermalna energija / Geothermal power	✓
Energija plime i plimne struje / Tidal & tidal stream power	✓
Energija valova / Wave power	✓
Fotonaponska tehnologija / Photovoltaics	✓
Energetski nasadi / Energy crops	✓

Osim Europske unije, mnoge su druge države usvojile ciljeve, zakonske obaveze i odredile financijske poticaje za promicanje razvoja proizvodnje energije iz obnovljivih izvora. Te

Besides the EU, many other countries have adopted targets, legal obligations and financial incentives to promote the development of renewable power generation. These countries include those with

države uključuju i one s različitim političkim nazorima, kao na primjer Australiju, Brazil, Kanadu, Indiju i Sjedinjene Američke Države. U većini slučajeva određeni su postoci opskrbe električnom energijom koji se moraju postići do definiranih datuma. Države koje nisu potpisale protokol iz Kyota također su usvojile ciljeve, kao napr. Australija i mnoge države u SAD-u.

U ovom se dokumentu, međutim, pobliže razmatraju isključivo ciljevi i poticaji u Europi. Ti su ciljevi možda isprva samo indikativni, ali vjerojatno će s vremenom postati obvezni.

U 2001. [2] Europska unija odredila je za cilj 22-postotni udio električne energije dobivene iz određenih obnovljivih izvora. Ovaj bi se cilj trebalo postići do 2010. Cilj zatim raste do 33 posto ukupne isporučene električne energije do 2020. godine. Tablica 4 pokazuje analizu po pojedinim udjelima 15 zemalja članica 2001. Treba se napomenuti da je državama kao što su Austrija, Švedska i Portugal već 1997. određen vrlo visok postotak energije iz obnovljivih izvora, sukladno visokim razinama postojeće hidroizvodnje.

varying political outlooks such as Australia, Brazil, Canada, India and the United States. In most cases, the percentages of electricity supply at milestone dates are specified. Non-signatories to the Kyoto Protocol have also adopted targets examples, including Australia and many states in the US.

In this paper, however, only targets and incentives in Europe are discussed in detail. These targets may be indicative at first but are likely to become mandatory with the passage of time.

In 2001 [2] the EU set a target of 22 % for the proportion of electricity to be supplied from defined renewable sources. This target is to be achieved by 2010. The target then rises to 33 % of all electricity supplied by 2020. Table 4 shows the individual breakdowns allocated to the 15 Member States as of 2001. It should be noted that countries such as Austria, Sweden and Portugal have been allocated a very high percentage of renewable figures, even in 1997, because of the correspondingly high levels of installed hydro capacity.

Tablica 4 - Nacionalni indikativni ciljevi za udio električne energije dobivene iz obnovljivih izvora energije (OIE) u ukupnoj potrošnji električne energije (E) do 2010.  
Table 4 - National indicative targets for the contribution of electricity produced from renewable energy sources (RES) to gross electricity consumption (E) by 2010

	OIE-E- u TWh 1997. / RES-E TWh 1997	OIE-E u % 1997. / RES-E % 1997	OIE-E % 2010. / RES-E % 2010
Belgija / Belgium	0,86	1,1	6,0
Danska / Denmark	3,21	8,7	29,0
Njemačka / Germany	24,91	4,5	12,5
Grčka / Greece	3,94	8,6	20,1
Španjolska / Spain	37,15	19,9	29,4
Francuska / France	66,00	15,0	21,0
Irska / Ireland	0,84	3,6	13,2
Italija / Italy	46,46	16,0	25,0
Luksemburg / Luxembourg	0,14	2,1	5,7
Nizozemska / Netherlands	3,45	3,5	9,0
Austrija / Austria	39,05	70,0	78,1
Portugal / Portugal	14,30	38,5	39,0
Finska / Finland	19,03	24,7	31,5
Švedska / Sweden	72,03	49,1	60,0
Velika Britanija / United Kingdom	7,04	1,7	10,0
Zajednica / Community	338,41	13,9	22,0



Tablica 5 prikazuje ključne mehanizme potpore obnovljivim izvorima koje je usvojila svaka sadašnja zemlja članica Europske unije [6].

Table 5 shows the main renewable support mechanisms adopted by each of the current EU Member States [6].

Tablica 5 - Okvirna ekološka politika Europske unije: Proizvodnja električne energije  
Table 5 - EU Environmental policy framework: Electricity generation

	Ključni mehanizmi potpore OIE / Main RES support mechanism	Dodatna proizvodnja 2004. (MW) / New addition to generation 2004 (MW)			
		ugljen nafta / coal/oil	plin / gas	OIE/ kogeneracija / RES/CHP	Ostalo (npr. nuklearna) / Other (eg nuclear)
Austrija / Austria	Zajamčena tarifa (prekinuto) / Feed in tariff (terminated)	0	+100	+500	0
Belgija / Belgium	Zeleni certifikati / Green certificates	-	-	-	-
Danska / Denmark	Fiksna nagrada / Fixed premium	-300	0	+100	0
Finska / Finland	Porezni poticaji / Tax incentives	0	0	+190	0
Francuska / France	Zajamčena tarifa/javni natječaj / Feed in tariff/tendering				
Njemačka / Germany	Zajamčena tarifa / Feed in tariff	+60	0	+2 550	+530
Grčka / Greece	Zajamčena tarifa/poticaji za ulaganje / Feed in tariff/investment incentives	-	-	-	-
Irska / Ireland	Javni natječaj / Tendering	0	0	+200	0
Italija / Italy	Zeleni certifikati / Green certificates				
Luksemburg / Luxembourg	Zajamčena tarifa / Feed in tariff	-	-	-	-
Nizozemska / Netherlands	Zajamčena tarifa / Feed in tariff	0	0	+1 000	0
Portugal / Portugal	Zajamčena tarifa / poticaji za ulaganje / Feed in tariff/investment incentives	-50	+390	+650	0
Španjolska / Spain	Zajamčena tarifa / Feed in tariff	0	+4 000	+2 000	0
Švedska / Sweden	Zeleni certifikati / Green certificates	-	-		-
Velika Britanija / UK	Zeleni certifikati / Green certificates	-	-	-	-
Norveška / Norway	nepoznato / n.k.	0	0	+250	0
Estonija / Estonia	Zajamčena tarifa / Feed in tariff	-	-	-	-
Letonija / Latvia	Zeleni certifikati / Green certificates	0	0	+1 000	0
Litva / Lithuania	Zajamčena tarifa / Feed in tariff	0	0	00	-1 300
Poljska / Poland	Zeleni certifikati / Green certificates	-65	+8	+145	0
Češka Republika / Czech Republic	Zajamčena tarifa / Feed in tariff	+50	+50	0	0
Slovačka / Slovakia	Zajamčena tarifa / poticaji za ulaganje / Feed in tariff/investment incentives	-	-	-	-
Cipar / Cyprus	Poticaji za ulaganje / Investment incentives				
Malta / Malta	Porezni poticaji / Tax incentives				
Zbroj približno / Total approx.		-350	+4 700	+8 500	-800

Ovi se mehanizmi mogu svrstati pod dva ključna naslova:

#### **Sustavi s utvrđenom cijenom**

Ti su sustavi uglavnom u obliku zajamčenih tarifa, što znači zajamčeno plaćanje proizvođaču po kWh od dobavljača ili kupca, pri čemu je određena cijena daleko iznad vjerojatne cijene za konvencionalnu proizvodnju. Potpore za ulaganje i porezne olakšice također pripadaju ovoj opsežnoj grupi, a usvojilo ih je nekoliko država.

#### **Sustavi s kvotama energije iz obnovljivih izvora**

Postižu se uglavnom putem zelenih certifikata, za koje vrijede metode temeljene na promjenjivoj cijeni na tržištu, uz obvezu proizvodnje određene količine energije iz obnovljivih izvora. Zelenim certifikatima može se trgovati i imaju promjenjivu tržišnu cijenu.

Tablica 5 pokazuje da države članice daju malu prednost zajamčenoj tarifi, koja se može pojedinačno odrediti za svaku usvojenu tehnologiju, npr. vjetar, valove, plimu itd.

Rješenje zajamčene tarife uklanja mnoge financijske rizike developerima, dok se, naprotiv, zeleni certifikati smatraju rizičnijima, ali možda i profitabilnijima za developere. Tablica 5 također navodi učinak koji su potpore imale na ukupan porast proizvodnih kapaciteta u Europskoj uniji tijekom 2004.

## **4 TEHNOLOGIJE OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE**

Prilično je sigurno da će u idućih 20 godina isključivo sljedeće tehnologije obnovljivih izvora imati značajan doprinos ukupnom razvoju proizvodnje energije iz obnovljivih izvora:

- vjetar na kopnu (onshore),
- vjetar na moru (offshore),
- valovi,
- plimna struja,
- fotonaponska tehnologija,
- biomasa,
- hidroenergetika,
- geotermalna tehnologija.

Sljedi procjena prvih šest spomenutih tehnologija jer se za preostale smatra da su dosegnule stupanj potpuno razvijene tehnologije.

These mechanisms can be classified under two main headings:

#### **Fixed price systems**

These mainly take the form of feed in tariffs, meaning a guaranteed payment per kWh to the generator from the supplier or customer set well above likely prices for conventional generation. Investment subsidies and tax credits also come under this broad heading and have been adopted by a few states.

#### **Renewable quota systems**

This is achieved mainly through green certificates, where variable price market-based methods apply with an obligation to supply specified amounts of renewable energy. Green certificates may be traded and have variable market values.

Table 5 shows a slight preference amongst Member States for feed in tariffs which may be set for each individual adopted technology, e.g. wind, wave, tidal, etc.

The feed in tariff arrangement removes many financial risks from the developer, whereas the green certificates are regarded as more risky but perhaps more profitable for the developer. Table 5 also indicates the effect that subsidies have had on the total addition of new generating plants in the EU during 2004.

## **4 RENEWABLE TECHNOLOGIES**

Within the next 20 years, it seems fairly certain that only the following renewable technologies have the potential to make a significant contribution to the total renewable electricity generation development:

- onshore wind,
- offshore wind,
- wave,
- tidal flow,
- photovoltaic,
- biomass,
- hydro,
- geothermal.

An appraisal of the first six of the above follows, the remainder being considered to have reached mature technology.

#### 4.1 Vjetar na kopnu (onshore)

Uspostavila se dominantna tehnologija za velike vjetrogeneratore; oni koje se danas postavljaju gotovo svi imaju vodoravne osi, s tri lopatice, uz vjetar (uz vjetar znači da vjetar doseže rotor prije tornja). Prije su uređaji imali stalnu brzinu vrtnje, pružali sinkronu proizvodnju, ali pridobivanje energije pri različitim brzinama vjetra učinkovitije je s promjenjivom brzinom generatora, tako da je danas većina vjetrogeneratora promjenjive brzine, s indukcijskim generatorima s dvostranim napajanjem.

Potrebno je riješiti još dva ključna pitanja da bi vjetrogeneratori postali potpuno usklađeni s mrežom. Prvo je sposobnost pružanja frekvenzijskog i naponskog odziva operateru sustava, što znači da bi trebali raditi s dijelom opterećenja kako bi mogli povećati proizvodnju za postizanje istog. Budući da je energija vjetrogeneratora tako vrijedna u usporedbi s pogonskim troškom, koji je nepostojeći, postoji želja kod operatera vjetroelektrana da ne postupe u skladu s ovim zahtjevom. Ovo pitanje postaje sve važnije s porastom udjela energije vjetra. Drugo, u trenutku kvara u mreži vjetrogenerator mora moći raditi tijekom kvara i nastaviti proizvodnju bez crpljenja znatne reaktivne snage. Može čak biti potrebno da napaja mrežu reaktivnom snagom kako bi se nadoknadio manjak i pomoglo održati napon sustava. Jednom kada se mreža popravi, potrebno je obnoviti njezinu djelatnu snagu što je brže moguće. Puna mehanička snaga vjetrogeneratora nije dostupna odmah nakon popravka kvara mreže zbog položaja lopatica, što može utjecati na frekvenciju sustava ako je udio proizvodnje iz vjetra visok. Omogućavanje rada vjetrogeneratora tijekom kvara mreže pitanje je koje se razmatra, ali još uvijek nije riješeno.

Generatori na izravan pogon s permanentnim magnetom eliminiraju zupčani prijenosnik, koji je česti uzrok kvara, te su oko 2 % učinkovitiji u proizvodnji električne energije. Visoka cijena magneta i energetskih poluvodiča u konverteru dosad je bila ograničenje, ali ti se troškovi sada smanjuju. Niski troškovi proizvodnje kod velikih uređaja rezultirali su povećanjem veličine vjetrogeneratora svake godine. Na primjer, u Njemačkoj se prosječna veličina povećala sa 950 kW u 1999. na 1,7 MW u 2004.

Električna energija proizvedena vjetrogeneratorom mijenja se proporcionalno brzini vjetra na treću potenciju. Dakle, uređaj veličine 3 MW s promjerom rotora 90 m proizvodio bi oko 2,5 MW s prosječnom brzinom vjetra koja prevladava u Škotskoj, ali manje od 1 MW s prosječnom brzinom vjetra u Londonu. Škotska, sa stajališta obnovljivih izvora, ima jedan od najboljih izvora energije vjetra u Europi.

Jedan od problema s vjetrom je njegova intermitentnost, zbog čega je potrebna druga rezervna

#### 4.1 Onshore wind

A dominant technology has emerged for large wind turbines; those being installed today are almost all horizontal-axis three-bladed upwind turbines (upwind means the wind reaches the rotor before the tower). Earlier machines had a constant rotation speed, providing synchronous generation, but the power capture at different wind speeds is more efficient with variable speed generators, so most turbines today are variable speed with doubly fed induction generators.

Two main issues still need to be addressed for these turbines to become fully grid compliant. The first is the ability to provide frequency and voltage response for the system operator, which requires the turbines to run at part load to be able to step up output to achieve this. Since the wind turbine energy is so valuable compared with the fuel cost, which is nil, there is a desire on the part of the turbine operator not to comply with this requirement. This issue becomes more significant as the proportion of wind power grows. Secondly, at the time of a network fault, the wind turbine must be able to ride through the fault and continue generating without drawing significant reactive power. It might even be required to feed reactive power into the fault to help maintain the system voltage. Once the network has been restored, it needs to restore its active power output as quickly as possible. Full mechanical power is not available immediately after the fault has cleared, due to the blade position which may affect the system frequency if the penetration of the wind generation is high. Enabling the turbines to ride through faults is an issue being addressed but not yet solved.

Permanent magnet direct drive generators eliminate the gearbox, a common cause of failure, and are about 2 % more efficient in electricity generation. The high cost of the magnets and the power semiconductors in the converter has so far been a barrier, but these costs are now falling. Lower generating costs from large machines has resulted in the size of turbines increasing each year. For example in Germany, the average size has increased from 950 kW in 1999 to 1,7 MW in 2004.

The electrical energy generated by a wind turbine varies with the cube of the wind speed. Thus a 3 MW rated machine with 90 m rotor diameter would generate around 2,5 MW with the average wind speed prevailing in Scotland, but less than 1 MW with London's average wind speed. Scotland, from a renewable energy point of view, has one of the best wind resources in Europe.

One of the problems with wind is its intermittency, which requires other generation to provide backup.

proizvodnja. U Njemačkoj se predviđa pripadni trošak manji od 0,5 EURcent/kWh, ovisno o slučaju. Međutim, postavljanje većeg broja vjetrogeneratora zahtijeva i ojačavanje mreže, a taj trošak još nije precizno određen.

Eon netz upotrebljava trenutačnu izlaznu snagu svih svojih vjetroelektrana zajedno s vremenskom prognozom za predviđanje buduće izlazne snage, s 96-postotnom točnošću za 4 sata i 90-postotnom za dan unaprijed. Velike varijacije u energiji mogu se pojaviti tijekom kratkog vremenskog razdoblja, a čak i kada su predviđene, postoje problemi upravljanja. Izlazna snaga vjetroelektrana Eon netza 24. je prosinca 2004. pala s 6 024 MW na ispod 2 000 MW unutar samo 10 sati.

#### 4.2 Vjetar na moru (offshore)

Kako vjetroelektrane postaju sve veće, pronalaženje prikladnih mjesta na kopnu bez velikih ekoloških problema postaje sve teže, što je jedan od pokretača napretka vjetroelektrana moru. U usporedbi s korištenjem vjetra na kopnu, vizualni utjecaj korištenja vjetra na moru na krajolik je manji, a buka, flikeri i gniježđenje ptica ne uzimaju se u obzir. Također nema problema s neprikladnom zemljom, kao što je treset. Međutim, mora se obratiti pažnja o utjecaju na morski svijet, uključujući ribu, a infrastrukturni troškovi su obično veći.

Krajem 2005., u cijelom svijetu bilo je ukupno 10 projekata na moru. Rani projekti bili su relativno maloga opsega, u plićacima ili zaklonjenim vodama. Nedavno dovršen Horns Rev projekt u danskim vodama najveći je projekt na moru u svijetu, s vjetrogeneratorima 80x2 MW. Od 587 MW u cijelom svijetu, sve u Europi, 124 MW nalazi se u vodama Velike Britanije, a North Hoyle i Scroby Sands su ušli u pogon s po 60 MW u 2004.

U Njemačkoj je do 2003. postavljeno 14,6 GW kapaciteta na kopnu, ali ništa na moru; do 2015. predviđa se rast na 26,2 GW na kopnu i 9,8 MW kapaciteta na moru. Zbog ujednačenijeg vjetra i manje turbulencija sa uzvisina i zgrada iskorištavanje postavljenog kapaciteta bolje je na moru. U Njemačkoj će do 2015. vjetar na moru činiti 27 % ukupnog kapaciteta u vjetroelektranama, ali će priskrbiti 42 % električne energije proizvedene vjetrom. Jedan od razloga takve razlike su veće prosječne brzine vjetra kod sjeverozapadne njemačke obale. Škotska bi također mogla dobiti visoku iskorištenost, ako se izgrade vjetroelektrane na njezinoj sjeverozapadnoj obali. Pristup na mrežu i oštriji morski okoliš, međutim, obeshrabrujući su faktori.

Visok jedinični trošak temelja i montaže za uređaje na moru doveo je do toga da je njihova prosječna veličina veća od kopnenih, s novom generacijom uređaja od

In Germany the cost of this is thought to be less than 0,5 EURcent/kWh, depending on the scenario. As more wind turbines are installed, however, the network will need to be reinforced and the cost of this has not yet been estimated accurately.

Eon netz uses the momentary power outputs of all its wind plants coupled with the weather forecasts to predict future power outputs, with a 96 % accuracy for 4 hrs and 90 % for a day ahead. Large power swings can occur over a short period of time and even if they are predicted they are not without control issues. On 24 December 2004, the wind power output for Eon netz fell from 6 024 MW to under 2 000 MW within just 10 hours.

#### 4.2 Offshore wind

As wind farms become increasingly larger, finding suitable onshore sites with no strong environmental concerns becomes more problematic, which is one of the drivers for offshore wind farms. Compared with onshore, offshore wind's visual intrusion is less, noise, flicker and bird nesting are not issues, and there is no problem with sensitive land such as peat moorlands, although the impact on marine life including fish needs to be addressed and infrastructure costs are usually much higher.

Late in 2005, a total of 10 offshore projects were currently operational worldwide. The early projects were relatively small scale and in shallow or sheltered waters. The recently completed Horns Rev project in Danish waters is the largest offshore project in the world, with 80x2 MW turbines. Of the 587 MW worldwide, all in Europe, 124 MW is in UK waters, with North Hoyle and Scroby Sands each commissioning 60 MW in 2004.

In Germany, by 2003 there were 14,6 GW of installed onshore capacity but none offshore; by 2015 this is forecast to rise to 26,2 GW onshore and 9,8 MW offshore. Because of more uniform wind; less turbulence from hills and buildings, the utilisation of installed capacity is better offshore. In Germany by 2015, offshore wind will be 27 % of the total wind capacity in installed capacity but will provide 42 % of the electrical energy generated by wind. Part of this difference is the higher average wind speeds off the northwest German coast. Scotland may also see high utilisation if wind farms are ever built off its NW coast. Access to the grid and a harsher marine environment are, however, deterrents.

The high unit cost of foundations and installation for offshore machines has led to their average size being greater than onshore, with the new generation of 5 MW machines expected to be the norm by the



5 MW za koju se očekuje da će postati uobičajena veličina do kraja desetljeća. Osim veličine, druga ključna razlika je u tome da se gondole na moru obično izvodi, s pozitivnim zračnim pritiskom koji sprječava potencijalnu koroziju uzrokovanu prskanjem mora. Održavanje i popravak veći je problem na moru, budući da pristup za vrijeme olujnog vremena može biti otežan. Pored toga, postoje pitanja dostupnosti i troškova vezanih uz postavljanje potrebnih podvodnih kablova. Trendovi rasta proizvodnje iz vjetra opisani su potpunije u poglavlju 6. Europa je vodeća u razvoju korištenja energije vjetra na moru s 73 % ukupnog svjetskog kapaciteta u 2004.

#### 4.3 Valovi i plima

U usporedbi s vjetrom, tehnologije valova i plime u svojim su počecima te se čak ne može ni sastaviti uži izbor konkurentnih tehnologija. Još ne postoji niti jedna dominantna tehnologija. Tek je mali broj prototipova spojen na mrežu, a prvi prototipovi većeg opsega očekuju se možda za dvije godine, s puštanjem u pogon prve farme možda tek 2010.

##### 4.3.1 Valovi

Velika Britanija posjeduje oko pola ukupnog europskog potencijala za korištenje energije valova. Valovi najveće energije nalaze se na sjeverozapadnoj obali Škotske. Za maksimalno povećanje proizvodnje bilo bi idealno da su postrojenja za pretvorbu energije valova locirana otprilike 10 km od morske obale, ovisno o konfiguraciji morskoga dna. To bi omogućilo presretanje valova prije nego što se energija izgubi tijekom kretanja prema plićim vodama. Na toj su udaljenosti troškovi kablovskih priključaka i temeljenja viši, tako da će početni razvoj uređaja i elektrana vjerojatno biti bliže obali od onog potrebnog za optimalno pridobivanje energije.

Uređaje koji su trenutačno u stadiju razvoja karakteriziraju različiti načini preuzimanja energije valova. Tehnologija uključuje: oscilirajuće stupce vode koji pokreću oscilirajuće stupce zraka za pokretanje turbine, člankovite cilindre koji plutaju na valovima i međusobno se pomiču te time pumpaju fluid koji prolazi kroz turbinu, sustave kojima se valovi hvataju preko niske brane u akumulaciju i ispuštaju preko turbine, kao i fiksne usidrene plutače čije vertikalne oscilacije pokreću cijevne pumpe ili linearne generatore. Smanjenje troškova će postati značajno samo kada se pojavi određeni broj dominantnih tehnologija.

Uređaj poznat kao Pelarmis, koji koristi princip člankovitih cilindara, čini se da je općenito prihvaćen kao najnapredniji razvojni uređaj za korištenje energije valova. Prototip uređaja

end of the decade. Other than size, the other main difference is that offshore nacelles are typically climate controlled with positive air pressure to keep potentially corrosive sea spray out. Maintenance and repair is more of an issue offshore, since access in stormy weather can be difficult. Additionally, there are availability and cost issues surrounding the design and installations of the required submarine cables. Trends in the growth of wind generation are described more fully in Section 6. Europe, however, is leading the way in development, with 73 % of the world's total installed capacity in 2004.

#### 4.3 Waves and tides

Compared with wind, wave and tidal technologies are in their infancy, and even a short list of competing technologies has yet to emerge. There is as yet no single dominant technology. Only a small number of scaled prototypes have been grid connected with the first full scale prototypes expected in perhaps 2 years time, with the first farm not due in service before perhaps 2010.

##### 4.3.1 Wave

The UK has around half of Europe's total wave resources, with the waves of the greatest energy being situated off the northwestern coast of Scotland. To maximise output, wave energy conversion devices should ideally be located about 10 km offshore, depending on seabed configuration, to intercept waves before they dissipate energy in moving to shallower waters. Cable and mooring costs are higher at this distance so the early development of devices and farms is likely to be closer to shore than that required for optimum power capture.

Various ways of power take-off characterise the devices currently under development. Methods include oscillating water columns which excite oscillating air columns to drive a turbine; articulated cylinders which float and align themselves normal to the waves, which move the cylinders relative to each other which drive hydraulic fluid via an accumulator storage system into a turbine. There are devices where waves are concentrated into a low head capture chamber and exit via a turbine; and fixed moor buoys whose vertical oscillations drive a hose pump or a linear generator. Cost reduction will only become significant once a limited number of dominant technologies emerge.

A device known as Pelarmis, which uses the articulated cylinder principle, seems to be generally acknowledged as being the wave device which is the most advanced in the development process. A prototype device has been in the water off Orkney in northern Scotland and has generated electricity. An order has been signed for 3 units at 750 kW to be

stavljen je u more na obali kod Orkneya u sjevernoj Škotskoj, gdje je proizvodio električnu energiju. Zaključena je narudžba 3 takve jedinice od 750 kW za Portugal, gdje su financijski poticaji visoki.

#### 4.3.2 Plimna struja

Plima i oseka rezultat su gravitacijskih sile između mora i primarnih astronomskih tijela u našem Sunčevom sustavu, a 95 % sile koja proizvodi plimu i oseku potječe od Sunca i Mjeseca. Magnituda plime ovisi o položaju Zemlje, Sunca i Mjeseca, njihovoj relativnoj udaljenosti u eliptičnim orbitama, geografskoj širini i ograničenjima uzrokovanim kopnenom masom. To je sve vrlo predvidljivo. U nedavnom je izvještaju Black and Veatch 2004. [7], naslovljenom Procjena energetskog potencijala plimnih struja u Velikoj Britaniji, Europi i globalno, navedeno da ukupni zbroj resursa plimnih struja u Velikoj Britaniji iznosi 110 TWh/godišnje, a 22 TWh/godišnje moguće je iskoristiti.

Većina uređaja za plimnu struju trenutačno u razvoju koristi turbine kao mehanizme za proizvodnju energije. Postavljene su u smjeru struje na morskom dnu ili pričvršćene za plutajuće ili uronjene platforme. Uređaj poznat kao Tidal, koji koristi dvostruku turbinu na uronjenom krilu koje se okreće s okretanjem plimne struje, općenito se smatra da će najvjerojatnije biti komercijalno uspješan. Vjerojatno će se početni uređaji za energiju plime preprojektirati ili instalirati u mirnijim vodama, kako bi se spriječili nepovoljni učinci publiciteta uzrokovanog olujnim štetama.

Većina uređaja za plimnu energiju instaliranih diljem svijeta koristi plimne zapreke, kao na primjer 240 MW Rance projekt u Francuskoj. Budući da su najbolje lokacije često na osjetljivim područjima estuarija te da je prouzročena ekološka šteta po današnjim normama visoka, mala je vjerojatnost da će se u skoroj budućnosti nastaviti s ikakvim važnijim projektima plimnih zapreka u Velikoj Britaniji. Uređaji za iskorištavanje plimne struje mnogo su manje vizualno nametljivi, neki su uronjeni i ne vide se te ne uzrokuju oštećenje obale; svi trenutačni plimni uređaji u razvoju koriste plimnu struju.

Zajednički problem iskorištavanja valova i plime jest činjenica da je potrebno najmanje nekoliko stotina MW instaliranog kapaciteta kako bi se troškovi smanjili i postali isplativi, čak i sa znatnom potporom u obliku zelenog certifikata ili zajamčene tarife, dok se djelatnost ne razvije. Portugal ima 12-godišnju zajamčenu tarifu, povezanu s indeksom cijena za uređaje za energiju valova od 23,5 EURcenta/kWh za prvih 20 MW priključene snage, zbog čega stručnjaci za razvoj obnovljivih izvora tu EU državu smatraju najpoželjnijom. Osim toga, neke vlade

su opskrbljivati Portugal, gdje je financijski poticaj visok.

#### 4.3.2 Tidal stream

Tides are the result of gravitational forces between the seas and the primary astronomical bodies in our solar system, with 95 % of the forces generating tides coming from the sun and the moon. The magnitude of a tide depends on the alignment of the earth, sun and moon; their relative distances in elliptical orbits, latitude and restrictions caused by land mass. These are all very predictable. A recent report by Black and Veatch 2004 [7], entitled UK Europe and Global Tidal Stream Energy Resource Assessment, estimates the UK total tidal resource to be 110 TWh/yr, with 22 TWh/yr extractable.

Most of the tidal stream devices currently under development use a turbine as the power take off mechanism, set normal to the flow direction and mounted either on the seabed or suspended from a floating or submerged platform. A device known as Tidal, which uses twin turbines on a submerged wing that reverses with the tidal stream reverse, seems to be generally viewed as the most likely to be commercially successful. It is likely that initial tidal devices will be either over engineered or installed in calmer waters to prevent adverse public relations setbacks from storm damage.

Most of the tidal energy devices installed around the world use tidal barrages such as the 240 MW Rance project in France. Given that the best sites are often in sensitive estuary areas and that the environmental damage caused is high by today's standards, it is unlikely that any significant tidal barrage projects will go ahead in the UK in the foreseeable future. Tidal stream devices are much less visually intrusive, some are submerged and invisible, and do not cause shoreline damage; all of the current tidal devices being developed use tidal stream.

An issue common to both wave and tidal schemes is that they will require at least several hundred MW of installed capacity to drive costs down to be economical, even with a significant subsidy in the form of Green Certificate or Feed-In Tariff until the industry develops beyond this point. Portugal has an index-linked 12-year-guaranteed feed in tariff for wave devices of 23,5 EURcent/kWh for the first 20 MW of connected power, which has made this Member State of the EU the preferred one for developers. In addition, some governments are offering grants for developing work in an effort to best identify and develop technical solutions.

nude financijsku potporu za razvoj tih djelatnosti u nastojanju da se što bolje identificiraju i razviju tehnička rješenja.

#### 4.4 Fotonaponske ćelije (PV)

Iako je fotonaponski efekt poznat od prvih opažanja koje je Edmund Becquerel napravio 1837., tek je 1980. nastala proizvodnja fotonaponskih ćelija, čija je većina globalne proizvodnje bila u panelima tiskanih silikonskih solarnih ćelija. Uspješne tvrtke za proizvodnju fotonaponskih ćelija smještene su u SAD-u, Europi i Japanu. Istraživanja su se bavila alternativnim materijalima. Solarne ćelije od bakar sulfida bile su promašaj. Slijedile su ćelije od amorfne silicija, koji je bio uspješno primijenjen, ali se od 1990. smatra neodgovarajućim za tržišta električne energije. Rast tržišta, iako je iznosio 24 % godišnje, u realnim odnosima novca i megawata bio je spor. Isporuke diljem svijeta do 1997. nisu dosežale 100 MW. Od 1997. rast je dramatičan, 38 % godišnje od 2000. vođen visoko uspješnim programima potpora u Japanu i Njemačkoj, tako da su 2004. isporuke po prvi put premašile 1 GW. Više od 80 posto svjetskog tržišta je u Japanu i Njemačkoj, a te države također dominiraju i svjetskom proizvodnjom.

Kristalni silicij na monokristalnim ili multikristalnim pločicama je i dalje dominantna tehnologija. Tehnologije tankih slojeva bore se za položaj protiv masivne infrastrukture i uobičajenog načina proizvodnje silicija. Istraživanje uređaja treće generacije se nastavlja.

Tržište kristalnim silicijem podijeljeno je između monokristalnog i multikristalnog silicija, a prednost se daje multikristalnim pločicama, što je proizašlo iz niskih kapitalnih troškova po toni proizvodnje za multikristalnu izvedbu i jednostavnije tehnologije u usporedbi s monokristalnom izvedbom. Monokristalna izvedba, iako skuplja, daje višu učinkovitost koja se sada približava 20 % i održava svoju konkurentnost na razini sustava.

Stopa rasta proizvodnje fotonaponskih ćelija je 38 posto godišnje od 2000. 95 % tog tržišta opskrbljuje se kristalnim silicijskim PV modulima. Gotovo 80 % se primjenjuje u sustavima priključenima na mrežu, uglavnom kao sustavi postavljeni na krovovima sa snagom manjom od 10 kW kapaciteta. To je rezultat programa potpore u Njemačkoj i Japanu.

Velike elektrane predstavljaju rastući sektor unutar sustava povezanih na mrežu. Dok je tržište krovnim pločama dobro opremljeno komponentama, postoji posebna potreba za MW inverterima napona i drugim električnim uređajima za ovu rastuću upotrebu.

Korištenje autonomnih uređaja ne smije se zanemariti. U jednakoj se mjeri sastoji od industrijskih aplikacija

#### 4.4 Photovoltaics (PV)

While the photovoltaic effect has been known since the first observations by Edmund Becquerel in 1837, it was not until 1980 that the PV industry had taken shape, with the bulk of global production in screen printed silicon solar cells and well funded PV production companies were established in the USA, Europe and Japan. Research was active in alternative materials. The copper sulphide solar cell was a failure. This was followed by amorphous silicon, which enjoyed some success in consumer products but by 1990 was thought not to be suitable for power markets. Market growth, while 24 % a year in real terms of cash and Megawatts (MW), was slow. Worldwide shipments did not reach 100 MW until 1997. Since 1997, growth has been dramatic, at 38 % pa since 2000, driven by highly successful subsidy programmes in Japan and Germany, so that in 2004 shipments exceed 1 GW for the first time. Over 80 % of the world market is in Japan and Germany, and these countries also dominate world production.

The dominant technology remains crystalline silicon on either monocrystalline or multicrystalline wafers. Thin film technologies struggle to make any impact against the massive infrastructure and proven nature of silicon manufacturing, although research, particularly in "third generation" devices, continues.

The crystalline silicon market is divided between mono and multicrystalline silicon, with a preference for multicrystalline wafers, which has arisen from the lower capital cost per tonne of ingot produced for the multicrystalline case and a lower level of technology compared to single crystal growth. The monocrystalline route, while being a more expensive wafer gives a higher efficiency now approaching 20 % which maintains its competitiveness at the system level.

Growth of PV has been at the rate of 38 % pa since 2000. Ninety-five percent of this market has been supplied with crystalline silicon PV modules. Nearly 80 % of the systems were supplied for on-grid applications, largely as rooftop mounted systems of less than 10 kW capacity. This has been driven by the nature of the subsidy programmes in Germany and Japan.

A growing sector within the grid-connected market is that of large power plants. While the rooftop market is well supplied with components, there is a need particularly for MW scale inverters and other electronic devices for this growing application.

The off-grid sector should not be ignored. This is made up almost equally of industrial application

za telekomunikacije, navigacijskih pomagala i praćenje vremena, te ruralnih elektrifikacija, uglavnom kao 40 W solarni sustavi. To je još uvijek veliko tržište, ali s relativno sporim rastom od oko 10 posto godišnje.

#### 4.5 Biomasa

Biomasa je proces u kojem sirovi ili obrađeni biljni materijal oksidira, spaljuje se ili fermentira kako bi se izravno ili neizravno proizvela toplina. Biomasa može biti u obliku poljoprivrednih ostataka, drva, drvenjače, papirnatoг smeća, gradskog čvrstog otpada, energetskih nasada i metana prikupljenog iz skladišta otpada. Iako se biomasa smatra obnovljivom, ne primjenjuje se uvijek na održiv način. U ruralnim područjima drvo osigurava čak 65 posto ljudske potrebe za energijom.

Ukupna godišnja održiva upotreba prirodnih šumskih zemljišta za ogrjev u ruralnim komunalnim područjima iznosi 6 milijuna tona, ali posljedice sječe šuma već su vidljive, što znači da je održiva vrijednost očito premašena u nekim područjima. Drvo ispušta manje emisija  $\text{NO}_x$  i  $\text{SO}_x$  od fosilnih goriva, ali ipak može uzrokovati ozbiljne zdravstvene posljedice, pri čemu su emisije čestica ozbiljan problem.

Ako se brzorastući nasadi koriste kao gorivo, moraju se natjecati s djelatnostima za proizvodnju hrane. Stoga, to može biti skupo gorivo. Nasadi/plantaže zahtijevaju velika zemljišna područja, a pritisak za proizvodnjom hrane će se povećati.

Biomasa je drugi najveći obnovljiv izvor energije. U urbanim područjima bit će u obliku razvoja uporabe otpada kao goriva, što će se često povezivati s toplifikacijom područja u novim građevinskim zonama (promoviranima kroz prostorno planiranje i razvojem energetskih opskrbljivača), kako bi se formirali relativno veliki kogeneracijski sustavi. U ruralnim područjima prevladavat će biomasa za rasplinjavanje bazirana na energetskim nasadima; veličinu tih pogona ograničavaju troškovi prijevoza biomase i rastuća učinkovitost relativno malih pogona za dobivanje energije iz biomase. Također će doći do znatne uporabe generatora male snage, baziranih na izgaranju biomase. Procjene uporabe biomase su općenito nesigurne.

Specijalizirana primjena biomase uključuje miješanje otprilike 5 % biomase, npr. palminih koštica, u kotlovima na kruto gorivo u velikim termoelektranama na ugljen. U Velikoj Britaniji to uključuje potporu putem zelenih certifikata.

for telecommunications, navigation aids, weather monitoring and rural electrification mainly as 40 W solar home systems. This is still a large market but a relatively slow growing one at around 10 % pa.

#### 4.5 Biomass

Biomass is the process whereby raw or processed plant material is oxidised, burnt or fermented to produce heat, either directly or indirectly. Biomass can be in the form of agricultural residues, wood, wood pulp, paper trash, municipal solid waste, energy crops and methane captured from landfill sites. Although biomass is considered renewable, it is not always applied in a sustainable way. In rural areas, wood provides as much as 65 % of man's energy needs.

The total annual sustainable use of natural woodlands in communal rural areas as firewood is about 6 million tons, but since deforestation is already evident, the sustainable value is obviously being exceeded in some areas. Wood releases fewer emissions of  $\text{NO}_x$  and  $\text{SO}_x$  than fossil fuels, but can still have a serious health impact, with particulate emissions being a serious issue.

If fast growing crops are cultivated as fuel, they must compete with food growing activities. They can, therefore, be an expensive fuel. Crops/ plantations require substantial land area and the pressure to produce food is going to increase.

Biomass makes up the second largest renewable energy source. In urban areas, this will be in the form of waste-fuelled developments, often allied to district heating schemes in new building projects (promoted through planning regulations and the development of energy service providers) to form relatively large CHP systems. In rural areas, gasification-based biomass generation fuelled by energy crops will predominate; the size of these plants will be restricted by the costs of transporting biomass and the increasing efficiency of relatively small biomass power plants. There will also be a significant presence of small-scale combustion-based biomass generators. Estimates of the penetration of biomass generally are uncertain.

A specialist application of biomass involves the blending of, say 5 % biomass, e.g. palm kernels, in pulverised fuel boilers in large coal-fired power stations. In the UK, this attracts subsidy payments through green certificates.



#### 4.6 Sažetak tehnologija i mogućnosti

Čini se da će vjetar na kopnu (onshore) imati najveći udio u novoj električnoj energiji iz obnovljivih izvora priključenih na mrežu tijekom sljedećih 15 godina. Međutim, potkraj tog razdoblja, ograničenost raspoloživih lokacija i mreže će vjerojatno kočiti daljnji rast.

Vjetar na moru (offshore) još je na početku i opterećen s otprilike 40 % više kapitalnih troškova u usporedbi s vjetrom na kopnu, te također uz značajno više troškove održavanja. Vjerojatno će i mrežno povezivanje također biti značajno skuplje. Pripadni viši faktori iskoristivosti vjetrogeneratora na moru mogu donekle nadoknaditi dulje prekide rada zbog održavanja.

Tehnologije koje koriste valove i plimnu struju razvijaju se s raznolikim konkurentskim izvedbama. Većina testiranih modela ima manje od jedne četvrtine stvarnog opsega uređaja. Njihova je vrijednost ograničena zbog odsutnosti linearnosti u izvedbi projekta iz modela u pogon pune veličine. Realistični modeli stvarnog opsega rezultirali bi kapitalnim troškovima, što bi tu tehnologiju učinilo financijski neprivlačnom. Trenutačno se čini da će široko rasprostranjeni komercijalno uspješni projekti biti mogući tek za 10 godina.

Fotonaponske ćelije imaju mnoge specijalističke primjene, npr. u prestižnim zgradama i u udaljenim aplikacijama bez mreže. Međutim, njegov budući rast vjerojatno će biti golem, ali ograničen na otprilike manje od 10 % obujma proizvodnje iz obnovljivih izvora u idućih 15 godina.

Tehnologija proizvodnje biomase nešto je manje zahtjevnija od drugih, ali mogli bi je ograničavati troškovi opskrbe gorivom i problemi isporuke, a razvoj nasada namijenjenih za biomasu mogao bi se sve više natjecati s proizvodnjom hrane.

#### 4.6 Summary of technologies and prospects

It would appear that onshore wind will provide the greatest proportion of new renewable grid-connected power over the next 15 years. However, towards the end of that period, the availability of suitable sites and grid constraints are likely to inhibit further growth.

Offshore wind is still in its infancy and is burdened with perhaps 40 % higher capital cost compared with onshore wind and what are likely to be significantly higher maintenance costs. Grid connections are also likely to be significantly higher. The intrinsically higher utilisation factors of wind turbines offshore may be offset to some extent by longer maintenance outages.

Wave and tidal flow technologies are being developed with a variety of competing designs. Most of the models being tested are below one quarter full scale but their value is limited because of the absence of linearity in performance in projecting from model to full size. Realistic full-scale models would seem to yield capital costs which makes this technology financially unattractive. At present widespread commercially successful designs seem to be at least 10 years into the future.

Photovoltaics have many specialist applications e.g. in prestigious buildings and remote off-grid applications. Nevertheless, their future growth is likely to be spectacular but limited to perhaps less than 10 % of the renewable output in 15 years from now.

The technology of biomass generation is slightly less demanding than some but may well be limited by the cost of the availability of fuel supply and delivery issues where the development of purpose-grown biomass crops will increasingly compete with food production.

## 5 ISPLATIVOST PROIZVODNJE ENERGIJE IZ OBNOVLJIVIH IZVORA

Razmatranja u poglavljima 3 i 4 podrazumijevaju da je trenutčan trošak proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora općenito viši od troškova proizvodnje električne energije iz konvencionalnih izvora. Unatoč tom trenutnom stanju, opasno je pretpostaviti da će se to nastaviti neodređeno dugo zbog sljedećih razloga:

- za proizvodnju energije iz ugljena, nafte i plina, trošak goriva je, a mogao bi i ostati, promjenjiv po većinom rastućoj krivulji,
- za nuklearnu proizvodnju nedavno je izgrađeno nekoliko novih elektrana u Europi i SAD-u te su stoga rezultirajući troškovi nesigurni,
- za svu morskou tehnologiju, uključujući valove, plimu i vjetar, kapitalni i troškovi održavanja nisu još dovoljno dokazani,
- za biomasu nesiguran je trošak i raspoloživost prikladnog goriva,
- EU shema trgovanja emisijama, uvedena 2005., imat će učinak na troškove termalne proizvodnje, ali za sada to još nije sigurno za dugoročno razdoblje i pripadajući troškovi ulaganja za smanjenje emisija ne potiču se još primjereno.

Unatoč tim nesigurnostima, slika 1 prikazuje relativne sadašnje troškove glavnih tehnologija prihvaćenih za proizvodnju električne energije koje će biti povezane u mrežu. U ovom su prikazu upotrijebljeni troškovi Velike Britanije. Zbog trenutne cijene zelenog certifikata od otprilike 6,5 EURcent/kWh, jedino se vjetar na kopnu može sigurno natjecati na tržištu, na temelju uvjeta ekonomičnosti i uz današnje troškove tehnologija neobnovljivih izvora energije.

Unatoč očitim gospodarskim nedostacima i stoga troškova opskrbe krajnjih korisnika električne energije iz obnovljivih izvora, postoje druge jasne prednosti razvoja proizvodnje energije iz obnovljivih izvora, koji nisu sadržane na slici 1, a uključuju:

- procijenjeno smanjenje emisija CO<sub>2</sub> u EU za 17 posto do 2020.,
- industriju koja bi u Europi zapošljavala 200 000 ljudi,
- upotrebu lokalnih resursa,
- procijenjenu uštedu od 115 milijardi eura u izbjegnutim troškovima za gorivo,
- povećanu raznolikost dostupnih goriva, što bi vodilo prema boljoj sigurnosti opskrbe.

## 5 THE ECONOMICS OF RENEWABLE GENERATION

The discussions in Sections 3 and 4 imply that at present the cost of electricity production from renewable sources is generally higher than conventional sources. Despite this being the case at present, it is dangerous to assume that this will remain the case indefinitely, for the following reasons:

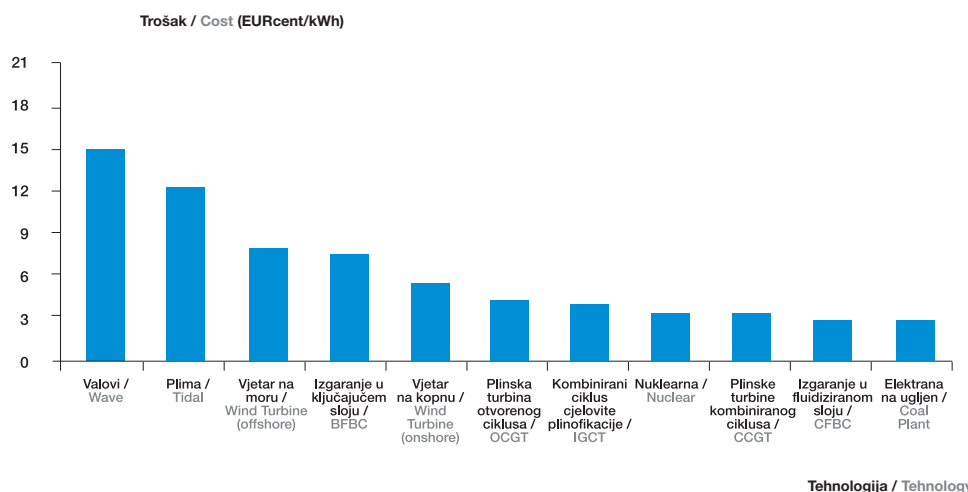
- for coal, oil and gas generation, the cost of fuel is and may continue to be volatile on a generally rising curve,
- for nuclear generation, few new plants have recently been built in Europe and the US and therefore outturn costs are uncertain,
- for all marine technology, including wave, tidal and offshore wind, capital and maintenance costs are not yet sufficiently proven,
- for biomass, the cost and availability of suitable fuel is uncertain,
- the EU emissions trading scheme, introduced in 2005, will have an effect on thermal generating costs but as yet this is uncertain in the long run and associated investment cost to reduce emissions is not yet properly incentivised.

Despite these uncertainties, Figure 1 shows the relative present-day costs of the main technologies adopted for generating electricity that will be grid connected. UK costs are used in this illustration. With the green certificate (ROC) currently trading at perhaps 6,5 EURcent/kWh, only onshore wind can be certain to compete favourably in the market purely on economical terms with today's costs of other non-renewable technologies.

Despite the apparent economic disadvantages and hence cost to the end user of renewable sources of electricity supply, there are other clear advantages in the development of renewable generation sources not included in Figure 1, which include the following:

- reduced CO<sub>2</sub> emissions estimated in the EU to be 17 % less by 2020,
- an industry employing 200 000 people in Europe,
- use of local resources,
- an estimated EUR 115 billion saved in avoided fuel costs,
- an increased diversity of the fuel mix leading to improved security of supply.

**Slika 1**  
Trošak proizvodnje  
različitih tehnologija  
u Velikoj Britaniji  
Figure 1  
UK Cost of  
generation by  
various technologies



## 6 POSTIGNUĆA I PROCJENE

Poglavlje 4 opisuje potencijalnu sposobnost različitih tehnologija obnovljivih izvora u stvaranju značajnog doprinosa u proizvodnji električne energije, s izuzetkom hidroenergetike i geotermalne tehnologije. Proizvodnja energije iz vjetra napravila je najveći doprinos u proizvodnji električne energije iz obnovljivih izvora do sada i vjerojatno će tako i nastaviti u kratkom i srednjem vremenskom roku. PV je pokazao najdramatičniju stopu rasta.

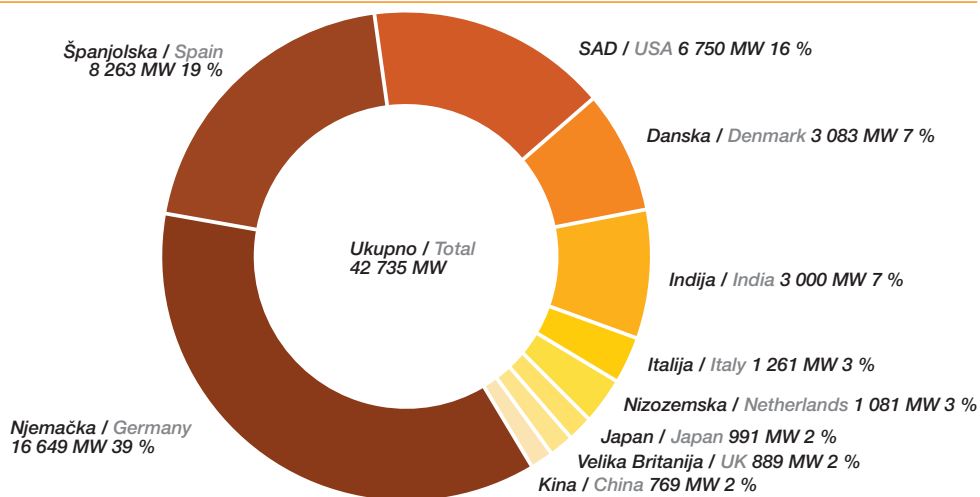
Slika 2 i tablica 6 prikazuju 10 glavnih tržišta energijom vjetra u svijetu za 2004. u smislu postotka u instaliranom kapacitetu za korištenje energije vjetra u svijetu, ali i u smislu instaliranih MW [8]. Tablica 6 također prikazuje stopu rasta za svaku vodeću državu u proizvodnji energije vjetra tijekom posljednjih godina. Iz slike 2 može se vidjeti da je 73 % svjetskog kapaciteta za korištenje energije vjetra instalirano u Europi, a Njemačka ostvaruje više od polovice tog iznosa.

## 6 ACHIEVEMENTS AND PROJECTIONS

Section 4 described the potential viability, with the exception of hydro and geothermal, for various renewable technologies to make significant contributions. Wind generation has made the biggest contribution to renewable generation to date and is likely to do so in the short and medium term. PV has shown the most dramatic rate of growth.

Figure 2 and Table 6 show the top 10 wind power markets in the world in 2004 in terms of the percentage of world wind power installed capacity and also in terms of MW installed [8]. Table 6 also shows the growth rate in each of the leading wind generation countries over recent years. From Figure 2 it can be seen that 73 % of the world's wind power capacity has been installed in Europe, with Germany providing more than half of the total.

**Slika 2**  
Deset vodećih tržišta  
energijom vjetra za  
2004. po ukupnom  
iznosu instaliranih MW  
Figure 2  
Top ten wind power  
markets in 2004,  
cumulative MW  
installed

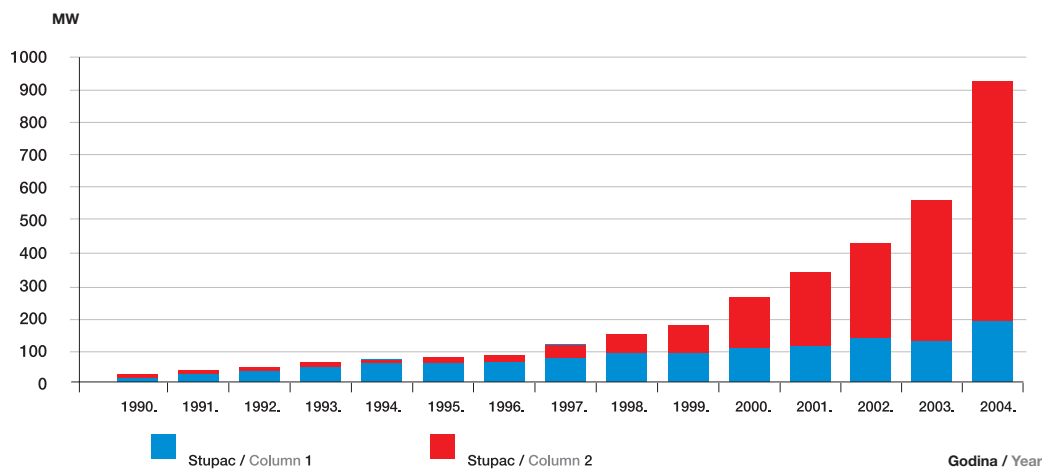


Tablica 6 - Ukupno instalirano (MW) u vodećih deset tržišta energijom vjetra  
Table 6 - Cumulative installation (MW) in the top ten wind power markets

Država / Country	Ukupno instalirano kraj 2001. / Cumulative installed end 2001	Ukupno instalirano kraj 2002. / Cumulative installed end 2002	Ukupno instalirano kraj 2003. / Cumulative installed end 2003	Ukupno instalirano kraj 2004. / Cumulative installed end 2004	Stopa rasta 2003.-2004./ Growth rate 2003-2004 %	Troglodišnji prosjek / 3 years average %
Njemačka / Germany	8 734	11 968	14 612	16 649	13,9	24,0
Španjolska / Spain	3 550	5 043	6 420	8 263	28,7	32,5
SAD / USA	4 245	4 674	6 361	6 750	6,1	16,7
Danska / Denmark	2 456	2 880	3 076	3 083	0,2	7,9
Indija / India	1 456	1 702	2 125	3 000	41,2	27,3
Italija / Italy	700	806	922	1 261	36,7	21,7
Nizozemska / Netherlands	523	727	938	1 081	15,3	27,4
Japan / Japan	357	486	761	991	30,2	40,5
UK / UK	525	570	759	889	17,1	19,2
NR Kina / P. R. China	406	473	571	769	34,7	23,7
<b>Ukupno deset / Total ten</b>	<b>22 952</b>	<b>29 329</b>	<b>36 545</b>	<b>42 735</b>	<b>16,9</b>	<b>23,0</b>

Slika 3 prikazuje stopu rasta PV, u stupcu 1 za autonomne uređaje i stupcu 2 za razvoj uređaja priključenih na mrežu, posljednjih godina. Slika 4 prikazuje analizu PV tržišta po državi i regiji [9].

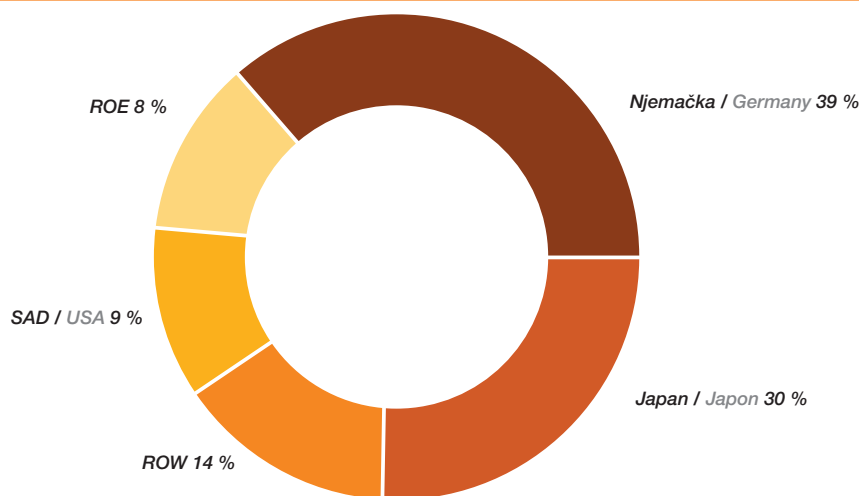
Figure 3 indicates the rate of growth of both off-column 1 and on-column 2 grid PV development in recent years. Figure 4 shows the breakdown of the PV market by country and region [9].



Slika 3  
Svjetsko PV tržište  
1990.-2004.  
Figure 3  
World PV market  
1990-2004



**Slika 4**  
Svjetsko PV tržište  
po državi i regiji,  
2004  
Figure 4  
World PV market by  
country and region,  
2004



Razvoj obnovljivih izvora može se objasniti samo u smislu složenog skupa poticaja koji djeluju u svakoj državi. Oni uključuju:

- klimu i raspoloživost primarnog obnovljivog izvora energije,
- neiskorišteni potencijal primarnih obnovljivih izvora energije i raspoloživost odgovarajućih novčanih sredstava,
- raspoloživost tržišta i povjerenje,
- olakšavanje (ili slično) spajanja na mrežu,
- tarife i potpore,
- zasićenost tržišta.

Za ilustraciju, Njemačka, Španjolska i Danska, tri od četiri glavne države u razvoju proizvodnje električne energije iz vjetra, prihvatile su zajamčene tarife ili premije, raspolažu prikladnim novčanim sredstvima i imaju obilje vjetrovitih obalnih lokacija.

U redovitim razmacima Ernst & Young objavljuje takozvane Indekse privlačnosti država s obzirom na energiju iz obnovljivih izvora [10]. Uzimajući u obzir gore navedene poticaje, najnovije izdanje tog indeksa, u zimi 2006., prikazuje aktualni izračun vrijednosti (Tablica 7).

The development of renewables can only be explained in terms of a complex set of drivers at work in each country. These include the following:

- climate and the availability of the primary renewable energy sources,
- unexploited potential of primary renewable energy sources and the availability of appropriate finance,
- market availability and confidence,
- ease (or otherwise) of grid connections,
- tariffs and subsidies,
- market saturation.

To illustrate these drivers, Germany, Spain and Denmark, three of the top four countries for the development of wind generation, have all adopted feed-in tariffs or premiums, good availability of suitable finance and extensive windy coastal sites.

Ernst & Young publish at regular intervals so-called Renewable Energy Country Attractiveness Indices [10]. Taking into account the above drivers, the most recent edition of these indices, Winter 2006, shows the currently calculated values in Table 7.

Tablica 7 - Indeksi privlačnosti država s obzirom na energiju iz obnovljivih izvora : zima 2006.  
Table 7 - Renewable energy country attractiveness indices: Winter 2006

Rang / Ranking		Država / Country	Indeks svih obnovljivih izvora / All Renewables Index	Indeks vjetra / Wind Index	Solarni Indeks / Solar Index	Indeks biomase i drugo / Biomass and Other Index	Indeks infrastrukture obnovljivih izvora / Renewables Infrastructure Index
Trenutačni / Current	Prijašnji / Previous						
1	(1)	Španjolska / Spain	69	69	69	61	79
2	(2)	SAD / USA	68	68	75	60	70
3	(4)	Njemačka / Germany	63	63	69	55	54
4	(3)	Velika Britanija / UK	61	62	44	57	61
5	(5)	Indija / India	58	60	55	45	64
6	(9)	Italija / Italy	57	58	57	49	60
7	(6)	Francuska / France	56	57	56	52	56
7	(6)	Portugal / Portugal	56	57	55	49	63
9	(9)	Nizozemska / Netherlands	55	57	49	42	57
9	(11)	Kina / China	55	58	42	28	57
9	(12)	Kanada / Canada	55	58	41	37	63
12	(6)	Irska / Ireland	54	57	37	45	64
13	(13)	Švedska / Sweden	51	51	43	53	51
13	(13)	Grčka / Greece	51	53	51	41	53
15	(15)	Australija / Australia	50	50	56	44	51
16	(15)	Danska / Denmark	49	50	43	45	58
16	(17)	Norveška / Norway	49	50	33	46	56
18	(18)	Belgija / Belgium	48	50	36	36	53
19	(19)	Finska / Finland	37	37	27	45	39
20	(20)	Austrija / Austria	31	28	47	45	46

Valja primijetiti da se prve tri države na tržištu energije vjetra prikazane na Tablici 6 ponovo pojavljuju kao prve tri na Tablici 7. Velika Britanija nalazi se na četvrtom mjestu na Tablici 7 uvelike zbog značajnog potencijala, dok je Danska na šesnaestom mjestu jer je realizirala većinu svog potencijala energije vjetra. Tablice 8 i 9 prikazuju aktualno stanje i procijenjeni rast u proizvodnji električne energije iz obnovljivih izvora u Europi, podijeljen po tehnologijama i izražen u postocima ukupne proizvodnje električne energije u zemljama Europske unije 15 [11]. Podaci su također izraženi u odnosu na proizvodnju energije i prema instaliranom kapacitetu proizvodnje.

It is worth noting that the top three countries in the wind market, as shown in Table 6, appear again as the top three in Table 7. The UK is in fourth place in Table 7, largely because of significant potential, whereas Denmark is in 16th position, having realised most of its wind power potential. Tables 8 and 9 indicate current and projected growth in renewable electricity generation in Europe, broken down by technology and expressed as a percentage of total electricity production in the EU15 [11]. The figures are also expressed in terms of expected energy supply and installed generating capacity.

Tablica 8 - Doprinos obnovljivih izvora proizvodnji električne energije: TWh  
Table 8 - Contribution of renewables to electricity generation: TWh

	1995. Stvarno / Actual	2000. Stvarno / Actual	2010. Procijenjeno / Projections	2020. Procijenjeno / Projections
Vjetar / Wind	4	22,4	168	444
Fotonaponske ćelije / Photovoltaic	0,03	0,1	3,6	42
Biomasa / Biomass	22,5	39,2	141	282
Hidroelektrane / Hydro	290,2	321,5	355,4	384
Geotermalni sustavi / Geothermal	3,5	4,8	7	14
UKUPNI OIE u zemljama EU 15 / Total RES in the EU 15	320,2	388	675	1 166
Ukupna proizvodnja električne energije (Trendovi do 2030. - EC) / Total Electricity Generation (Trends to 2030 - EC)	2 308,3	2 574	3 027	3 450
OIE udio / Share of RES (%)	13,9 %	15,1 %	22,3 %	33,8 %

Tablica 9 - Doprinos novim kapacitetima proizvodnje: GW  
Table 9 - Contribution to new generation capacity: GW

	1995. - 2000.	2001. - 2010.	2011. - 2020.	2001. - 2020
Vjetar / Wind	10,3	62,2	105	167,2
Fotonaponske ćelije / Photovoltaic	0,06	3	32	35
Biomasa / Biomass	2,6	18,3	27	45,3
Hidroelektrane / Hydro	2,7	10,2	9	19,2
Geotermalni sustavi / Geothermal	0,14	0,3	1	1,3
UKUPNI OIE u zemljama EU 15 / TOTAL RES in the EU 15	15,8	94	174	268
Ukupna proizvodnja električne energije (Trendovi do 2030. - EC) / Total Electricity Generation (trends to 2030 - EC)	71,9	225	285	510
OIE udio / Share of RES (%)	22,0 %	41,8 %	61,0 %	52,5 %

## 7 ISKUSTVA S PROIZVODNjom IZ ENERGIJE VJETRA

S porastom kapaciteta za proizvodnju iz energije vjetra tijekom proteklih godina pojavili su se brojni tehnički problemi od kojih su neki bili neočekivani. Ti su problemi ili sputali razvoj korištenja energije vjetra ili stvorili moguću razinu zasićenja.

Podaci prikupljeni o koeficijentu korištenja snage vjetrogeneratora pokazuju vrijednost od 18 % za Njemačku i 21 % za Dansku, dok mnogo manja proizvodnja energije iz vjetra u Velikoj Britaniji pokazuje koeficijent od 23 %. Ove su brojke u

## 7 EXPERIENCE WITH WIND GENERATION

With the growth of wind generation capacity over recent years, a number of technical issues have emerged, some of which were unforeseen. These have either inhibited the growth of the development of wind power or constitute a possible level of saturation.

Data accumulated on capacity factor for wind generation indicate a value of 18 % for Germany and 21 % for Denmark, whilst the UK's much smaller wind industry has a capacity factor of 23 %.

skladu s različitim prosječnim brzinama vjetra u te tri države.

Također je otkriveno da su zbog svojstvene intermitentnosti vjetra sustavu potrebne znatne količine brzog pričuvnog energetskog kapaciteta. Te se razine razlikuju ovisno o sustavu s kojim je postrojenje povezano, ali ukupni pripisivi troškovi vjetrogeneratora mogu se povećati i do 10 % kako bi se omogućila ovakva pričuva. U nekim je slučajevima proizvodnja vjetrogeneratora ograničena zbog nedovoljne konvencionalne proizvodnje u sustavu.

Studije stabilnosti sustava u Danskoj, Velikoj Britaniji i drugdje pokazale su da razina proizvodnje iz vjetra od oko 20 % ukupno angažiranih elektrana može predstavljati realnu granicu angažiranja vjetroelektrana, zbog stabilnosti sustava.

U Velikoj Britaniji, gdje postoji visoka gustoća naseljenosti i strogi građevinski propisi, vjetroelektrane moraju dobiti lokacijsku dozvolu, što može potrajati nekoliko godina, da bi nakon toga stale u red za priključak na mrežu. Ova dva procesa zajedno dovode do kašnjenja od preko 10 godina od prvog zahtjeva do početka izgradnje.

Drugdje u Europskoj uniji planiranje se ne čini toliko teškim, ali priključak na mrežu i dalje je ozbiljan problem. Konkretni problem koji navode proizvođači i dobavljači energije vjetra je da je njihov pristup mreži često ograničen i da su dogovori vezani za priključivanje katkad nepošteni. Nedovoljna razina razdvajanja vlasništva i djelovanja sustava štetna je i za tržišno natjecanje i za ciljeve održivosti. Proizvođači iz obnovljivih izvora energije također ističu potrebu za stabilnim okvirom potpora za njihove investicije radi jačanja vjerodostojnosti obveze država članica Europske unije prema obnovljivim izvorima energije i njihovog poticanog ulaganja.

## 8 INFRASTRUKTURNI ZAHTEJEVI

Po svojoj naravi, veći dio proizvodnje energije iz obnovljivih izvora je distribuirana proizvodnja koja podrazumijeva veliki broj jedinica, s mnogo manjim kapacitetom od onih koje su donedavno obilježavale razvoj opskrbe električnom energijom. Većina proizvodnje energije iz obnovljivih izvora bit će prikupljana na naponima ispod 132 kV, a ne u sustavima od 400 kV koji su razvijeni da bi se zadovoljile potrebe priključaka velikih elektrana.

These figures are in accordance with the differing average wind speeds in the three countries.

It has also been found that due to the inherent intermittency of wind, significant amounts of fast response standby generating capacity are required on the system. These levels differ according to the system to which the plant is connected but the total attributable cost of wind generation may be increased by up to 10 % to allow for this phenomenon. In some cases, wind generation has been constrained off the system altogether due to the absence of sufficient conventional generation.

System stability studies in Denmark, UK and elsewhere have suggested that wind generation levels of about 20 % of the total connected plant may represent a practical limit to the penetration of wind generation due to system stability reasons.

In the UK, with high population densities and strict planning rules, wind farms must obtain planning permission, which may take several years before joining a grid connection "queue." These two processes together are leading to delays of over 10 years from the initial application before construction can begin.

Elsewhere in the EU, planning does not seem to be so onerous but grid connections remain a serious problem. Particular problems cited by producers and suppliers of wind power are that their access to the network has often been constrained and connection agreements have sometimes been regarded as unfair. An insufficient level of the unbundling of system ownership and operation are damaging both competition and sustainability objectives. Renewable producers also emphasise the need for a stable framework of support for their investments in order to the build credibility of the EU Member States' commitment to renewables and their encouraged investment.

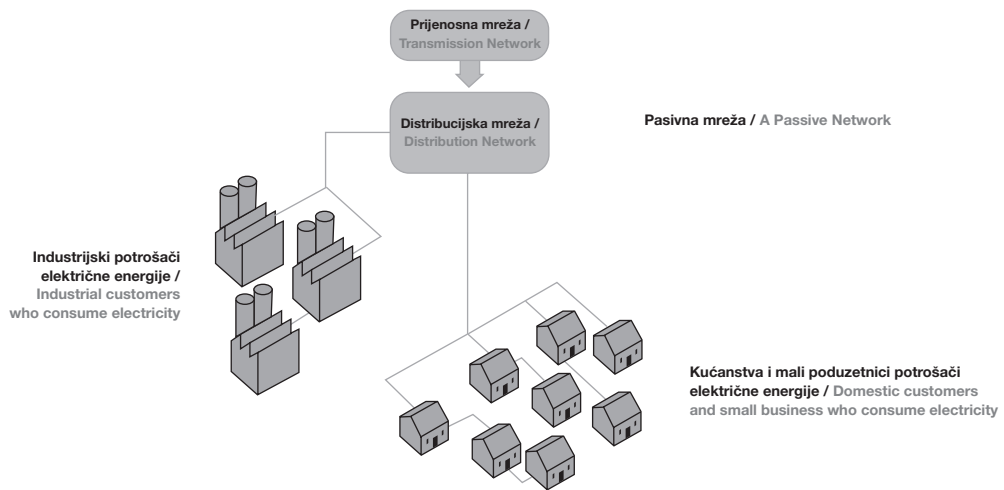
## 8 INFRASTRUCTURE REQUIREMENTS

Much of renewable generation is distributed generation, which implies a large number of units, much smaller in capacity than those which have characterised the development of electricity supply until recently. Most of the renewable generation will be collected at voltages operating below 132 kV rather than at 400 kV, which system has been developed to accommodate large grid connected generating stations.

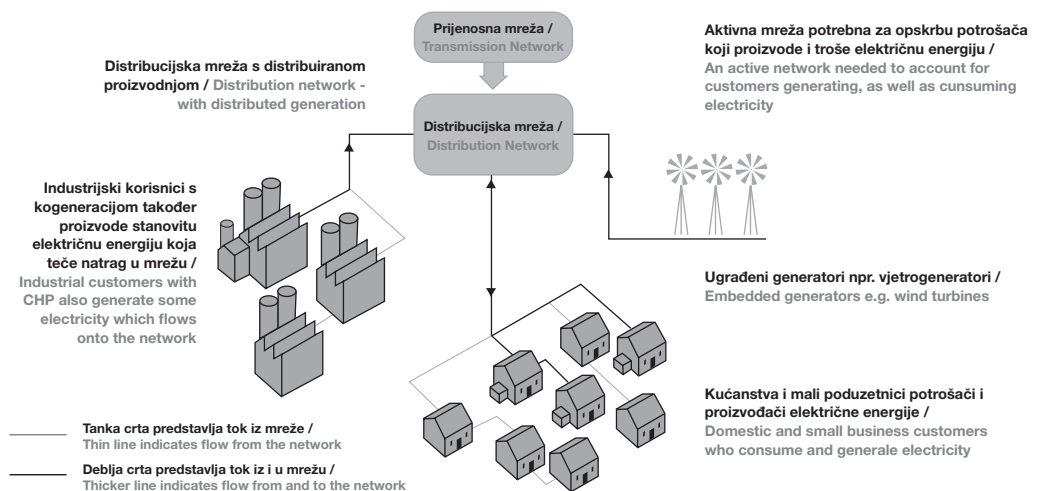
Distribucijski sustavi na koje se sada priključuju obnovljivi izvori energije, u prošlosti su bili pasivni sustavi opskrbe električnom energijom, kako to prikazuje slika 5. Energija se u potpunosti dobavljala iz mreže visokog napona, kroz jednu ili više razina transformacije. U budućnosti će, uvođenjem velikog broja uređaja za korištenje energije obnovljivih izvora povezanih s distribucijskom mrežom, strujni tokovi biti radikalno izmijenjeni, a vođenje distribucijskog sustava će zahtijevati potpuno novi pristup. Distribucijski sustav imat će sve više upravljačkih i radnih karakteristika mrežnih sustava s visokim naponom. Slika 6 prikazuje novu metodu rada budućih distribucijskih sustava ako je na njih priključena značajna distribuirana proizvodnja.

The distribution systems to which renewable generation is now being connected have in the past been passive electricity supply systems, as illustrated by Figure 5, with power fed entirely from the EHV grid through one or more levels of transformation. In the future, with the introduction of significant amounts of renewable sources connected to distribution systems, power flows will be radically altered and control of distribution systems will require a completely new approach, with distribution systems exhibiting more of the control and operation characteristics of EHV grid systems. Figure 6 shows the new basic method of operation of future distribution systems if significant distributed generation is connected to them.

**Slika 5**  
Današnji sustavi distribucije električne energije  
Figure 5  
Today's power distribution system



**Slika 6**  
Budući sustavi distribucije električne energije  
Figure 6  
Tomorrow's power distribution system



Iako su priključni naponi za pojedinačne male distribuirane generatore obično niski, skupine velikih vjetroelektrana i drugih obnovljivih izvora morat će se priključiti na viši napon, često u

Although connection voltages for individual small distributed generators tend to be low, groups of large wind farms and other renewable sources will often have to be connected at higher voltage in



udaljenim područjima. U Velikoj Britaniji, na primjer, najveći vjetrovi potencijal leži u sjevernoj Škotskoj, gdje su sadašnji mrežni priključci rijetki i gdje će biti potrebno značajno pojačanje mreže.

Izgradnja novih prijenosnih vodova od 400 kV diljem Europe, u svrhu prikupljanja značajnih količina proizvodnje energije iz obnovljivih izvora, sigurno će naići na javne prigovore i projektantske poteškoće, kao i prateće zastoje.

Moguće je da će se, radi olakšavanja problema izgradnje, morati primijeniti revidirane sigurnosne norme za mrežne sustave, da bi se omogućilo priključivanje vjetroelektrana s niskim koeficijentom iskorištenja instalirane snage, kao alternativa izgradnji novih vodova. Ako se ovaj trend razvije, porast će koeficijent iskorištenja instalirane snage postojećih visokonaponskih vodova, zahtijevajući poboljšane tehnike nadzora i upravljanja koje će pomoći u održavanju cjelokupne sigurnosti opskrbe.

## 9 POLOŽAJ HRVATSKE

Zaštita okoliša prepoznata je kao važan element u djelovanju svih tvrtki unutar HEP grupe, ne samo u funkciji razvoja i strateškog planiranja nego i kao dio redovitog rada energetske postrojenja. Ovo je vjerovanje formalno izloženo u Planu poslovanja Uprave HEP-a za razdoblje 2004.-2008. i u radnim programima pojedinačnih tvrtki. Plan Uprave HEP-a obvezuje HEP grupu da djeluje na načelima ekonomičnosti i transparentnosti prema najvišim ekološkim standardima i da poboljša odnose s javnošću i kupcima. Ovaj Plan nastoji pojačati socijalnu uključenost HEP-a u procese reforme koji su u tijeku u Republici Hrvatskoj.

Promoviranje korištenja obnovljivih izvora energije, kogeneracijskih jedinica i čišćih i učinkovitijih tehnologija u proizvodnji, prijenosu i distribuciji električne energije, temeljna su načela ekološke politike HEP-a.

### 9.1 Protokol iz Kyota

Hrvatska planira ratificirati Protokol iz Kyota u prvom kvartalu 2007. i stoga poduzima mjere prije ratifikacije Protokola, u skladu sa svojom Strategijom zaštite okoliša i Nacionalnim planom djelovanja za okoliš, prema ispunjenju obveza u okviru Aneksa B Protokola iz Kyota.

Neriješeno pitanje vezano uz hrvatski zahtjev [12] za primjenu fleksibilnosti na temelju članka 4.6 Okvirne konvencije UN-a o promjeni klime (UNFCCC) i za povećanje ispuštanja stakleničkih

remote areas. In the UK, for example, the greatest wind potential lies in northern Scotland, where current grid connections are sparse and where significant grid reinforcement will be required.

The building of new 400 kV transmission circuits throughout Europe for the purpose of collecting significant amounts of renewable generation is certain to be faced with public objection, planning difficulties and attendant delays.

It may well be the case that to ease construction problems, revised security standards may have to be applied to grid systems to allow the connection of wind, with its low capacity factor, as an alternative to building new circuits. Should this trend develop, the load factor of existing high voltage circuits will rise, requiring improved monitoring and control techniques to help sustain the overall security of supply.

## 9 PROSPECTS FOR CROATIA

Environmental protection has been recognized as an important element in the operation of all the companies within the HEP Group, not only in the function of development and strategic planning but also as a part of the regular operation of power facilities. This belief has been formally outlined in the Business Plan of the Management Board of Hrvatska Elektroprivreda for the Period 2004-2008 and in Operating Programmes of individual companies. The Business Plan of HEP's Management Board commits the HEP Group to operate on the principles of cost effectiveness and transparency at the highest environmental standards and to improve public and customer relations. This Plan endeavours to intensify HEP's social involvement in the reform processes that are underway in the Republic of Croatia.

Promotion of the use of renewable energy sources, cogeneration units and cleaner and more efficient technologies in electricity generation, transmission and distribution are the basic principles of HEP's environmental policy.

### 9.1 The Kyoto Protocol

Croatia plans to ratify the Kyoto Protocol in the first quarter of 2007, and is therefore also taking measures prior to the ratification of the Protocol that are in line with its Environmental Protection Strategy and National Environmental Action Plan, towards the fulfillment of its commitments under Annex B to the Kyoto Protocol.

plinova u svojoj referentnoj godini za 4,46 milijuna tona CO<sub>2</sub>-eq, što odgovara 14,6 posto, postalo je glavna prepreka planiranju, pripremi i donošenju gospodarskih odluka o novim investicijama i stranim ulaganjima u Hrvatskoj i pripremi plana raspodjele vezanog za uspostavu programa trgovanja emisijama u Hrvatskoj i njegove povezanosti s europskim programom trgovanja emisijama. Hrvatska se nalazi u procesu integracije u EU, a unutar tog procesa posebno se značenje pridaje provedbi UNFCCC-a i Protokola iz Kyota. Do kraja 2006. predviđeno je usvajanje nove Strategije i primjena Plana djelovanja za UNFCCC i Protokola iz Kyota, a u tom je kontekstu vrlo važno u 2006. završiti pregovore o hrvatskom pitanju.

S obzirom na smanjenje emisija stakleničkih plinova, u Hrvatskoj su poduzete neke konkretne mjere. Navodimo sljedeće:

- u 2003. s radom je započeo Fond za zaštitu okoliša i učinkovito korištenje energije Republike Hrvatske, financirajući se sredstvima prikupljenima iz naknada za emisije u zrak, naknada od korisnika okoliša, naknada za motorna vozila i naknada za otpad. Proračun Fonda za subvencioniranje projekata energetske učinkovitosti i obnovljivih izvora energije u 2004. iznosili su do 10,3 milijuna eura, a u razdoblju od 2005. do 2006. planiran je ukupan proračun od 77 milijuna eura,
- u 2006. započinje naplata naknada za emisije stakleničkih plinova elektranama,
- u pogon je stavljena prva vjetroelektrana od 6 MW i zaključeni su ugovori o otkupu električne energije iz vjetroelektrana snage 22 MW u izgradnji,
- izvršena je revitalizacija nekoliko hidroelektrana i time povećana njihova proizvodnja,
- započela je provedba brojnih manjih projekata energetske učinkovitosti i primjene obnovljivih izvora energije u industriji, javnom sektoru i poljoprivredi,
- započela je provedba dvaju velikih projekata koje sufinancira Globalni fond za zaštitu okoliša, uz pomoć Svjetske banke i UN-ovog Programa razvoja: Hrvatski projekt energetske učinkovitosti i projekt Uklanjanje prepreka za provedbu energetske učinkovitosti u uslužnom sektoru i sektoru domaćinstava. Ukupan proračun za ove projekte iznosi 43,5 milijuna američkih dolara,
- hrvatski Projekt energije iz obnovljivih izvora nalazi se u završnoj fazi pripreme i s proračunom od 13,4 milijuna američkih dolara potaknut će iskorištavanje biomase, energije vjetra i malih hidroelektrana,

The unsolved issue regarding the Croatian request [12] for the application of flexibility under Article 4.6 of the UN Framework Convention on Climate Change, and for an increase of greenhouse gas emissions in its base year by 4,46 million tCO<sub>2</sub>-eq, corresponding to 14,6 %) has become a major obstacle to the economical planning, preparation and decision making on new investments and foreign investments in Croatia, and to the preparation of an allocation plan relating to the establishment of an emission trading scheme in Croatia and its connection with the EU emission trading scheme. Croatia is in the process of integration into the EU, and within this process special significance is given to the implementation of the UNFCCC and the Kyoto Protocol. By the end of 2006, the adoption of a new Strategy and Action Plan for the UNFCCC and the Kyoto Protocol implementation is envisaged, and in this context it is crucial to complete the negotiations on the Croatian issue in 2006.

In relation to the greenhouse gases emissions reduction, some specific measures have recently been taken in Croatia, as follows:

- in 2003, the Environmental Protection and Energy Efficiency Fund (EPEEF) started operations with revenues from air emission charges, charges from environment users, motor vehicle charges and waste charges. The Fund's budget for subsidising energy efficiency and renewable energy sources projects in 2004 amounted to 10,3 million EUR, and in the period of 2005-2006 a total budget of 77 million EUR is planned,
- in 2006, application of the charge for greenhouse gas emissions to energy plants is starting,
- the first 6 MW wind power plant was put into operation and contracts for power purchasing from 22 MW plants under construction, have been concluded,
- the revitalisation of several hydro-power plants was carried out, thereby increasing their production,
- the implementation of a number of small energy efficiency projects, and the application of renewable energy sources in industry, the public sector and agriculture have begun,
- the implementation of two huge projects has begun, co-financed by GEF through the World Bank and the UNDP: Croatian Energy Efficiency Project, and Removing Barriers for the Implementation of Energy Efficiency in the Service and Household Sector. The total budget for these projects is 43,5 million USD,
- the Croatian Renewable Energy project is in its final stage of preparation and with a budget

- u okviru programa Europske komisije LIFE
  - Treće zemlje odobreno je sufinanciranje projekta Osposobljavanja za provedbu UNFCCC-a i Protokola iz Kyota, koji obuhvaća razvoj strategije klimatskih promjena, plan djelovanja, provedbene propise, katastar emisija, kapacitete za provedbu mehanizama u okviru Protokola iz Kyota i uvođenje programa edukacije i javnog promoviranja,
- s obzirom na emisije iz prometa, usvojena je Uredba o kvaliteti bioloških goriva, koja određuje nacionalni cilj od 5,75 % udjela biogoriva u ukupnoj količini goriva u 2010.

## 9.2 Zakonodavstvo i reforma energetike

Hrvatska provodi reformu energetskog sektora na načelima tržišnih odnosa i natjecanja u energetskom poslovanju. Od 2002. Hrvatska primjenjuje nove zakone koji upravljaju energetskim sektorom: Zakon o energiji, Zakon o regulaciji energetskih djelatnosti, Zakon o tržištu električne energije, Zakon o tržištu plina i Zakon o tržištu nafte i naftnih proizvoda. Ključne odrednice ovih zakona su:

- pristup energetske mreži kao regulirani pristup treće strane za sve pravne osobe kojima je Vijeće za regulaciju energetskih djelatnosti izdalo dozvolu za obavljanje energetske djelatnosti ili odobrilo status povlaštenog kupca,
- novi proizvodni kapaciteti mogu se izgraditi na temelju postupka javnog nadmetanja ili odobrenja,
- utemeljeno je Vijeće za regulaciju energetskih djelatnosti koje na području električne energije izdaje dozvole za energetske djelatnosti, osigurava funkcioniranje tržišta električne energije i nadzire ispunjavanje obveze javne usluge.

Direktiva 2003/54/EC koja regulira odnose na europskom tržištu električne energije stupila je na snagu u srpnju 2004. Određeni dijelovi energetskih zakona nisu bili u skladu s novom Direktivom i, osim toga, primijećeno je da brojne pravne odredbe nisu bile prikladne za provedbu promjena u energetskom sektoru, posebice odredbe Zakona o tržištu električne energije. Stoga je Hrvatski sabor donio Zakon kojim se mijenja Zakon o energiji, Zakon o tržištu električne energije i Zakon o regulaciji energetskih djelatnosti (Narodne novine, br. 177/2004). Najvažnije odredbe i novosti uvedene tim pravnim promjenama su [13]:

- of 13,4 million USD it should stimulate the utilisation of biomass, wind energy and small hydro-power plants,
- under the European Commission's LIFE-Third Country Programme, co-financing of the project Building Capacities for the Implementation of the UNFCCC and the Kyoto Protocol was granted, covering the development of a climate change strategy, action plan, implementation regulations, emission registry, capacities for the implementation of mechanisms under the Kyoto Protocol and the implementation of education and public promotion programmes,
- with regard to emissions from transport, the Regulation on Biofuel Quality was adopted, establishing the national target of a 5,75 % biofuel share in the total quantity of fuels in 2010.

## 9.2 Legislation and energy reform

Croatia has been implementing energy sector reform on the principles of market forces and competition in energy businesses. Since 2002, Croatia has applied new laws that govern the energy sector: the Energy Act, the Energy Activities Regulation Act, the Electricity Market Act, the Gas Market Act and the Oil and Oil Products Market Act. The key determinants of these laws are as follows:

- grid access is provided as regulated third party access (RTPA) for all legal entities issued a license to carry out an energy business or granted the status of an eligible customer by the Regulatory Council,
- new generating capacity can be built using the tendering or authorization procedure,
- the Croatian Energy Regulatory Council was established, which in the area of electricity issues licenses for electricity businesses, ensures the functioning of the electricity market and oversees the fulfillment of the public service obligation.

Directive 2003/54/EC, which governs the relationships in the EU electricity market went into force in July 2004. Certain parts of the energy laws were not consistent with the new directive and, in addition, it was noticed that numerous legal provisions were inappropriate for the implementation of changes in the energy sector, especially the provisions of the Electricity Market Act. Therefore, the Croatian Parliament passed the Act Amending the Energy Act, the Electricity Market Act and the Energy Activities Regulation Act (Official Gazette 177/2004). The most significant provisions and novelties introduced by these legal changes are as follows [13]:

- uvođenje TSO i DSO modela (operator prijenosnog sustava i operator distribucijskog sustava),
- osnivanje Hrvatske energetske regulatorne agencije (HERA) umjesto Vijeća za regulaciju energetskih djelatnosti,
- određivanje tempa otvaranja tržišta električne energije u Hrvatskoj,
- regulirane energetske djelatnosti vrše se kao javna obveza, i to: proizvodnja električne energije za tarifne korisnike, prijenos električne energije, distribucija električne energije, opskrba tarifnih kupaca električnom energijom i organizacija tržišta električne energije.

Zakon o tržištu električne energije određuje tempo daljnjeg otvaranja tržišta električne energije.

Postavljena su sljedeća vremenska ograničenja:

- do 1. srpnja 2006., za kupce s potrošnjom većom od 9 GWh/god,
- do 1. srpnja 2007., za sve poslovne kupce,
- do 1. srpnja 2008., za sve kupce.

Zakon o tržištu električne energije pokreće zakonsku obvezu kupnje električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora na način da kvota ili minimalni obvezni udio obnovljivih izvora u proizvodnji električne energije bude reguliran posebnom odlukom Vlade. Dakle, s jedne strane, poticajni fondovi potrebni za pokrivanje povećanih troškova proizvodnje iz pojedinih obnovljivih izvora naplaćivat će se od kupaca preko dobavljača i distribuirati povlaštenim proizvođačima (zajamčene tarife, proizvođačima iz obnovljivih izvora zajamčena je kupnja energije prema poznatim uvjetima) uz pomoć Hrvatskog operatora tržišta energije - HROTE. S druge strane, investicijski projekti obnovljivih izvora energije poticat će se namjenskim subvencijama Vlade i Fonda za zaštitu okoliša i učinkovito korištenje energije.

Za funkcionalno tržište električne energije u Hrvatskoj nužno je pripremiti prateće podzakonske akte. Oni koji su već doneseni jesu: Tarifni sustav za usluge elektroenergetskih djelatnosti koje se obavljaju kao javne usluge, Tarife za korištenje električne mreže, Tržišna pravila, Opći uvjeti isporuke električne energije, Pravilnik o naknadi za priključenje na mrežu i povećanje priključne snage, Mrežna pravila i Pravila mjerenja i obračuna utroška električne energije.

U pripremi su i drugi podzakonski akti, uključujući posebice Uredbu o minimalnom udjelu obnovljivih izvora energije, bez energije iz velikih hidroelektrana, Pravilnik o korištenju obnovljivih

- the introduction of TSO and DSO models (transmission system operator and distribution system operator),
- the establishment of the Croatian Energy Regulatory Agency (HERA) in place of the Energy Regulatory Council,
- the determination of the pace of the opening of the electricity market in Croatia,
- regulated energy activities are carried out as public services, namely: electricity generation for tariff customers, electricity transmission, electricity distribution, electricity supply for tariff customers and the organization of the electricity market.

The Electricity Market Act sets the pace for the further opening of the electricity market.

The following time limits have been set:

- by July 1, 2006 for customers with consumption above 9 GWh/a,
- by July 1, 2007 for customers in the commercial category,
- by July 1, 2008 for all customers.

The Electricity Market Act sets out the legal obligation to purchase electricity produced from RES in such a manner that a quota or minimum obligatory share of RES in electricity production is determined by a special government decision. Consequently, on the one hand, incentive funds needed to cover increased costs of production from individual RESs will be collected from customers through the supplier and distributed to privileged producers (feed in tariffs, purchase is guaranteed to RES producers on known terms) through the Croatian Electricity Market Operator - HROTE. On the other hand, RES investment projects will be encouraged by purpose-specific government subsidy and by the EPEEF.

For a functioning electricity market in Croatia it is necessary to have a full set of secondary legislative acts in place. The following have been passed: the Tariff System for Electricity Businesses Performed as Public Services, Tariffs for the Use of Electric Network, Market Rules, General Conditions of Electricity Supply, Rules on Charges for Network Connection and Increase in Connected Power, the Grid Code and the Electricity Metering and Billing Code.

In preparation are other secondary acts, including, in particular, the Regulation on the Minimum Share of Renewable Energy Sources Other than Large Hydro Power Plants, Use of Renewable Energy Sources Rules, and Conditions for Acquiring the Status of an Eligible Producer. After these acts are

izvora energije i Uvjeti za stjecanje statusa povlaštenog proizvođača. Nakon donošenja tih akata očekuje se da će do kraja 2006. godine HEP grupa početi poslovati u potpuno reguliranim uvjetima.

### 9.3 Razvoj proizvodnje energije iz obnovljivih izvora

Hrvatska se nalazi među prvih 10 europskih država s obzirom na udio električne energije iz obnovljivih izvora u ukupnoj proizvodnji i postojećim kapacitetima. Hidroelektrane donose otprilike 50 posto ukupnog postojećeg proizvodnog kapaciteta i proizvodnje, ovisno o hidrološkim uvjetima (slike 7 i 8).

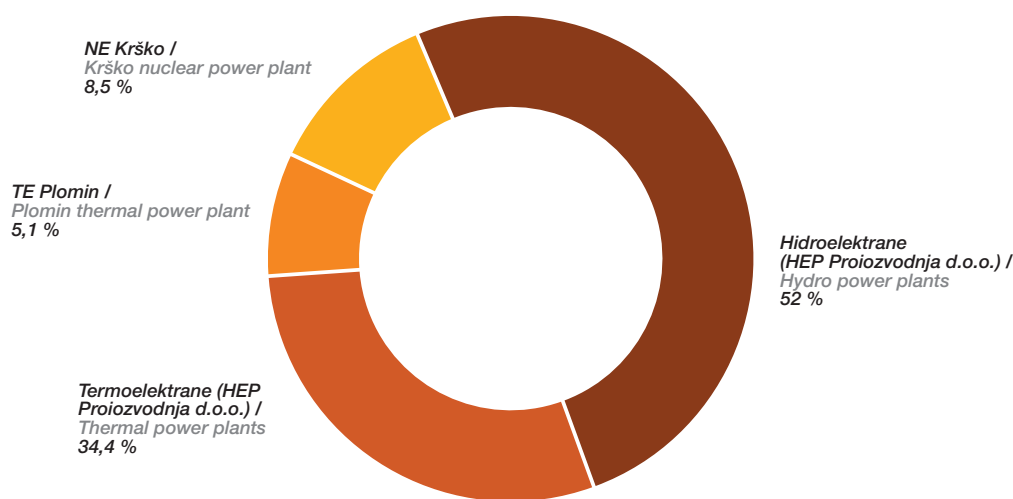
Najveći proizvođač energije iz obnovljivih izvora u Hrvatskoj je, dakako, Hrvatska elektroprivreda (HEP) koja vrši temeljne djelatnosti proizvodnje, prijenosa i distribucije električne energije i omogućuje funkcioniranje i obavlja nadzor hrvatskog elektroenergetskog sustava. Temeljne djelatnosti HEP-a ispunjavaju 95 % potreba za električnom energijom na teritoriju Hrvatske. Industrijske toplane i male privatne elektrane ispunjavaju preostale potrebe za električnom energijom. HEP opskrbljuje toplinom građane Zagreba, Osijeka i Siska te distribuira prirodni plin na području istočne Hrvatske.

passed, it is expected that before the end of 2006, the HEP Group will start to operate under fully regulated conditions.

### 9.3 Renewable energy development

Croatia is among the top 10 European countries in terms of the share of renewable electricity in total electricity production and installed capacity. Hydro power plants account for approximately 50 % of the total installed generation capacity and generation, depending on the hydrological conditions (Figures 7 and 8).

The biggest renewable energy producer in Croatia is naturally Hrvatska Elektroprivreda (HEP), which carries out the core activities of electricity generation, transmission and distribution, together with the operation and control of the Croatian power system. The core operations of HEP meet 95 % of the electricity demand throughout the territory of Croatia. Industrial cogeneration plants and small privately owned power plants meet the remaining electricity demand. HEP supplies heat to the citizens of Zagreb, Osijek and Sisak, and distributes natural gas in the region of eastern Croatia.



**Slika 7**  
Raspoloživi kapacitet elektrana u Hrvatskoj  
**Figure 7**  
Available capacity of generating plants in Croatia

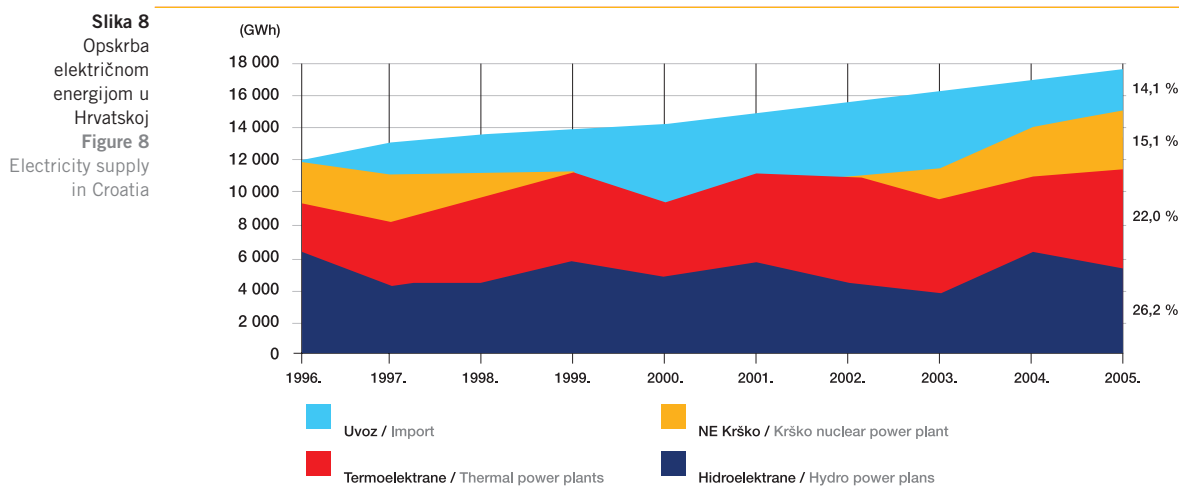


### 9.3.1 HEP-ova proizvodnja električne energije iz obnovljivih izvora

Iako čak i sada proizvodnja električne energije u hidroelektranama Hrvatske elektroprivrede pruža polovicu ukupne proizvedene električne energije, HEP nastoji povećati udio obnovljivih izvora energije. To će omogućiti smanjenje emisije stakleničkih plinova i ostalih zagađivača u zrak te će smanjiti korištenje neobnovljivih izvora, kao važan faktor održivog razvoja. Dvadeset pet hidroelektrana posluje unutar sustava HEP-a, njihov ukupan kapacitet iznosi 2 078 MW [14], a godišnja proizvodnja je između 4 i 7 TWh (slika 8).

### 9.3.1 HEP's power production from renewable energy sources

Although even now electricity generation by the hydroelectric power plants of Hrvatska Elektroprivreda accounts for up to a half of the total electricity generated, HEP is endeavouring to increase the share of renewable energy sources. This will bring about a reduction in greenhouse gas emissions and the emissions of other pollutants into the air and cut back on the use of non-renewable resources, an important factor in sustainable development. Twenty-five hydroelectric power plants are operating within HEP's system, with a total installed capacity of 2 078 MW [14] and annual production between 4 and 7 TWh (Figure 8).



Sve hidroelektrane u vlasništvu HEP-a stekle su zelene certifikate za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora (slika 9). Time se HEP Proizvodnja d.o.o. svrstala među velike ovlaštene proizvođače energije iz obnovljivih izvora (zelene energije) u Europi. Dodjela certifikata i njihova periodična verifikacija vrši se prema TÜV standardu CMS-kriteriji za proizvodnju električne energije (CMS-Kriterien Erzeugung EE) za proizvođače energije iz obnovljivih izvora. Certifikacijski postupak za hidroelektrane vrši specijalizirana tvrtka koja provodi reviziju zaštite okoliša i primijenjene tehnologije, pregledavaju sustav evidentiranja proizvodnje energije, provjeravaju omjer prodane i proizvedene energije i ocjenjuju poslovnu organizaciju pojedinačnih proizvodnih postrojenja. Zahvaljujući zelenim certifikatima, hidroelektrane HEP-a su prepoznate kao najsuvremenija postrojenja koja udovoljavaju najboljoj međunarodnoj ekološkoj praksi. Ovi certifikati dokazuju da su hidroelektrane kvalitetno uklopljene u okolni krajolik i potiču daljnji razvoj i ulaganje u hidroelektrane kao najbolje

All the hydroelectric power plants owned by HEP have earned green certificates for electricity generation from renewables (Figure 9). This ranks HEP Proizvodnja d.o.o. (Power Generation) among the major accredited renewable energy (green energy) producers in Europe. The awarding of certificates and their periodical verification has been carried out pursuant to the TÜV standard CMS-Kriterien Erzeugung EE for the producers of energy from renewable sources. The certification procedure for hydroelectric power plants is carried out by a specialised company that audits the environment and technology applied, examines the energy generation recording system, checks the ratio of sold to generated energy and reviews the business organization of individual generating facilities. Thanks to green energy certificates, HEP's hydroelectric power plants have been recognized as state-of-the-art facilities complying with the best international environmental practices. These certificates prove that the hydroelectric plants have been fitted into the surrounding landscape in a quality manner and encourage further development and investment in hydroelectric power plants as the

predstavljani oblik proizvodnje zelene energije u Hrvatskoj.

Dodjela certifikata za proizvodne pogone predstavlja prvi korak prema prodaji električne energije na tržištu. Gotovo sve države Europske unije nude zelenu energiju kao konačni proizvod. Postoji sve veći broj kupaca koji se odlučuju na kupnju zelene energije i na taj način izražavaju svoju brigu za okoliš i potiču proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora.

Investiranje u rekonstrukciju i zamjenu opreme u hidroelektranama nastavlja se posljednjih godina. Smanjio se rizik ekološkog zagađenja turbinskim uljem, a mogućnosti proizvodnje električne energije su porasle. Ove je godine započeo novi projekt izgradnje hidroelektrane Lešće, koja će proizvoditi dodatnih 100 GWh na godinu čiste energije iz obnovljivog izvora u hrvatski sustav opskrbe električnom energijom. Ulazak elektrane u pogon se planira u 2008. Izgradnja ostalih novih hidroelektrana koje planira HEP prikazana je u tablici 10. Nažalost, postojeći hidroenergetski potencijal u Hrvatskoj je gotovo iscrpljen, posebno zbog nedavnog javnog otpora prema novim hidroelektranama na Dravi (HE Novo Virje).

best represented form of green energy generation in Croatia.

The certification of generation assets represents the first step towards selling electricity on the market. Nearly all the countries of the European Union have green energy as a final product. There is a continuously increasing number of customers who choose to buy green energy and in this way express their concern for the environment and encourage electricity generation from renewable sources.

Investments in the reconstruction and replacement of equipment in hydroelectric power plants have continued in recent years. The risk of environmental pollution by turbine oil was reduced and electricity generation capabilities increased. A new project for building a new hydro power plant in Lešće, that will add up to 100 GWh/a of clean and renewable electricity to Croatian power supply system, started this year and full operation is planned in 2008. The development of other new hydro power plants planned by HEP is shown in Table 10. Unfortunately, the existing hydro electricity potential in Croatia is practically exhausted, especially due to recent public resistance to new hydro power plants on the Drava River (HPP Novo Virje).



**Slika 9**  
HEP-ovi zeleni certifikati za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora  
Figure 9  
HEP's green certificates for electricity generation from renewables

Tablica 10 - Nove hidroelektrane koje planira HEP  
Table 10 - New hydro power plants planned by HEP

Hydroelektrana / Hydro Power Plant	Kapacitet / Capacity (MW)	Moguća proizvodnja / Possible output (GWh)	Investicija (u milijunima eura) / Investment (EUR million)	Najraniji datum dovršetka / Earliest Completion Date
HE Lešće / Lešće HPP	40	94	80	2008.
HE Podsused / Podsused HPP	43	215	150	2009.
HE Drenje / Drenje HPP	39	185	125	2011.

### 9.3.2 Kupnja električne energije iz obnovljivih izvora

Hrvatska elektroprivreda pokazuje pozitivan stav prema malim elektranama koje proizvode električnu energiju iz obnovljivih izvora. HEP kupuje, kao privremena mjera prije stupanja na snagu odgovarajućih podzakonitih akta o obnovljivim izvorima, proizvodnju električne energije od takvih izvora uz cijenu koji značajno prelazi HEP-ovu prosječnu cijenu proizvodnje električne energije. Na taj način Hrvatska elektroprivreda primjenjuje vlastitu ekološku politiku i pokazuje svoju predanost ispunjavanju državnih ekoloških prioriteta, posebice smanjenja emisije stakleničkih plinova u skladu s Protokolom iz Kyota, i prioriteta koji proizlaze iz nacionalne energetske strategije povezano uz promoviranje korištenja obnovljivih izvora energije.

Hrvatska elektroprivreda potiče provedbu nekoliko pilot projekata, posebice onih koji koriste tehnologiju vjetra, deponijski plin, kogeneraciju električne energije i topline s biomasom kao primarnim gorivom te projekte koji koriste druge tehnologije (geotermalna i solarna energija).

Seдам vjetrogeneratora je pušteno u probni pogon krajem 2004. Vjetroelektrana se nalazi na brdu Ravne na Pagu. Ukupni postojeći kapacitet vjetroelektrane iznosi 5,95 MW, a njezina godišnja proizvodnja je približno 15 milijuna kWh električne energije. Investitor za prvu hrvatsku vjetroelektranu bio je privatni ulagač s kojim je HEP sklopio dugoročni ugovor o kupoprodaji električne energije. HEP će prodavati i distribuirati proizvedenu električnu energiju na tržištu. HEP-ovi stručnjaci su bili proaktivno uključeni u pripremu, izgradnju i puštanje u pogon vjetroelektrane.

Osim s paškom, isti je poslovni odnos uspostavljen s druge dvije vjetroelektrane - VE Trtar koja se nalazi u šibenskom zaleđu (11,90 MW ukupnoga instaliranog kapaciteta i 32,2 milijuna kWh godišnje proizvodnje u prosječnim uvjetima vjetra), i VE Jasenice smještene nedaleko Obrovca (10,80 MW i približno 20 milijuna kWh).

Što se tiče novih obnovljivih izvora (koji uključuju ne samo energiju vjetra, već također i biomasu, deponijski plin, geotermalnu i solarnu energiju), Hrvatska elektroprivreda je sklopila ugovor o preuzimanju električne energije od male termoelektrane Jakuševac koja koristi deponijski plin, ukupne snage 2 MW, smještene na odlagalištu otpada Jakuševac u Zagrebu.

### 9.3.2 Power purchasing from renewable energy sources

Hrvatska Elektroprivreda has an affirmative attitude towards small power plants that generate electricity from renewable sources. As a temporary measure before the appropriate secondary legislation for renewables goes into force, HEP is purchasing electricity generation from such sources for an amount significantly exceeding HEP's average electricity generation price. In this way, Hrvatska Elektroprivreda is implementing its environmental policy and demonstrating its commitment to meeting national environmental priorities, in particular the reduction of greenhouse gas emissions in line with the Kyoto Protocol, and the priorities stemming from the national energy strategy and relating to the promotion of the use of renewable energy sources.

Hrvatska Elektroprivreda encourages the implementation of several pilot projects, especially those applying the technology of wind, landfill gas, electricity and heat cogeneration with biomass as the primary fuel and projects using other technologies (geothermal and solar energy).

Seven wind turbines were placed into trial operation in late 2004. The wind park is located on the hill of Ravne on the island of Pag. The total installed capacity of the wind park is 5,95 MW, and its annual output is approximately 15 million kWh of electricity. The contractor for the first Croatian wind park was a private investor with whom HEP entered into a long-term power purchase agreement. HEP will sell and distribute generated electricity on the market. HEP's experts were proactively involved in the preparation, construction and commissioning of the wind park.

In addition to the Pag wind park, a similar business relation has been established with two other wind parks - WP Trtar situated in the hinterland of the town of Šibenik (11,90 MW total installed capacity and 32,2 million kWh annual output capability under average wind conditions), and WP Jasenice located in the surroundings of the town of Obrovac (10,80 MW and approximately 20 million kWh).

As for new renewable sources (which include not only wind power but also biomass, landfill gas, geothermal energy and solar energy), Hrvatska Elektroprivreda entered into an agreement on electricity takeover from the small landfill-gas-fired thermal power facility of Jakuševac, with a total output 2 MW, located at the Jakuševac waste disposal site in Zagreb.

## 10 ZAKLJUČAK

Opskrba električnom energijom u svijetu sada je usmjerena na uvođenje raznovrsnih proizvodnih tehnologija koje se općenito opisuju kao obnovljivi izvori energije. Temeljni razlog njihovog uvođenja i razvoja bio je neutralizirati porast emisije stakleničkih plinova nastalih proizvodnjom električne energije iz fosilnih goriva.

EU predstavlja izvrstan primjer načina na koji su se razvijale političke odluke za smanjenje ili barem obuzdavanje proizvodnje stakleničkih plinova u opskrbi električnom energijom. To se postiže postavljanjem ciljeva za zajednicu u cjelini, a zatim delegiranjem obveza državama članicama od kojih svaka ima različite postojeće kombinacije elektrane, karakteristike opterećenja, prirodna bogatstva i uredbe.

Postavljanje ciljeva za izvore koji su uvelike neekonomični zahtijeva odgovarajuće financijske poticaje. To je izuzetno važno jer bi bez potonjeg bilo nemoguće postići prvospomenuto. Niti jedna tehnologija koja se smatra ostvarivom još nije dosegla potpunu zrelost i još nije postala ekonomična u usporedbi s konvencionalnijim oblicima proizvodnje. Međutim, veliki napredak u razvoju vjetrogeneratora u smislu pouzdanosti, kvalitete i cijene znači da ovaj oblik proizvodnje više ne zahtijeva značajniju državnu novčanu pomoć. Ostaje vidjeti hoće li i ostale tehnologije napredovati na sličan način kao i energija vjetra na kopnu i hoće li se natjecati s drugim oblicima proizvodnje bez novčane pomoći. Povijest tehnološkog razvoja govori da će se neke od tehnologija koje su još u začetku nastaviti približavati tržištu samo ako odobreni kapital za njihov početni razvoj bude raspoloživ zajedno s tekućim novčanim potporama na osnovi kWh. Neki se snovi, međutim, možda nikada neće ostvariti.

Unatoč takvom spektakularnom razvoju korištenja energije vjetra na kopnu, pojavili su se određeni tehnički problemi poput: intermitentnosti proizvodnje, rada tijekom i nakon kvarova sustava te poteškoća u dobivanju odgovarajućeg pristupa mreži, no svi se ti problemi rješavaju. Kombinacija tih spornih pitanja, međutim, može predstavljati ograničenje za veličinu kapaciteta za korištenje energije vjetra koji će se moći uvesti u pojedini sustav.

Zajedno s ekološkim prednostima proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora, sada je jasno da kako tehnologije obnovljivih izvora povećaju svoj udio, tako i pridonose poboljšanoj raznolikosti proizvodnje kombiniranjem s elektranama u sustavu s kojim su povezane. Iskorištavanje

## 10 CONCLUSION

The electricity supply industry worldwide is now set on a course of introducing a variety of generation technologies, which are described broadly as renewables. The original reason for their introduction and development was to help offset the rise in the production of greenhouse gases from electricity generation from fossil fuels.

The EU represents an excellent illustration of how political decisions to reduce or at least stem the production of greenhouse gases in the ESI have developed. This is being achieved by setting targets for the community as a whole and then by delegation to Member States who all have differing existing plant mixes, load characteristics, natural resources and regulations.

The setting of targets for sources which are largely uneconomical requires corresponding financial incentives. This is essential since without the latter it would be impossible to achieve the former. None of the technologies regarded as feasible have yet reached complete maturity and have not yet become economical when compared to more conventional forms of generation. Huge strides in the development of wind turbines in terms of reliability, rating and cost have, however, meant that this form of generation now requires little enforced subsidy. It remains to be seen whether all the other technologies will progress in a similar way to onshore wind and possibly compete with other forms of generation that are not subsidised. The history of technological development suggests that some of the embryonic technologies will only continue to move closer to market if capital grants for their initial development are available as well as ongoing subsidies on a kWh basis. Some dreams, however, may never be realised.

Despite such spectacular progress in the development of onshore wind making, technical problems such as the intermittency of output, performance during and after system faults, and difficulties in obtaining suitable grid access have all emerged but are being addressed. The combination of these issues, however, may represent a limit to the amount of wind generating capacity that can be introduced on each system.

Along with the environmental advantages of the renewable sources of electricity generation, it is now becoming apparent that as the renewable technologies increase their penetration, they are contributing to the improved diversity of the generation plant mixes on the system to which they are connected. The harnessing of local energy resources is also seen as advantageous. Despite

lokalnih energetskeg potencijala također se smatra korisnim. Unatoč nekim svojstvenim operativnim ograničenjima, nove tehnologije nude željeni doprinos raznolikosti energije u svijetu u kojem i dalje postoji neizvjesnost glavnih izvora energije.

Kao i s ostalim važnim etapama u razvoju opskrbe električnom energijom diljem svijeta, razvoj proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora testirat će domišljatost i snalažljivost inženjera i investitora. Napredak je neizbježan. Zakoni na području energije i okoliša donijeti u Republici Hrvatskoj približeni su europskom zakonodavstvu s ciljem integracije Republike Hrvatske u unutarnje europsko tržište električne energije i u samu Europsku uniju. To se također ogleda u razvoju zakonodavstva za korištenje obnovljivih izvora energije.

some inherent operational limitations, the new technologies offer a welcome contribution to energy diversity in a world where uncertainty remains concerning the principal sources of energy.

As with other notable stages in the development of electricity supply industries throughout the world, the development of renewable sources of electricity generation will test the ingenuity and resourcefulness of engineers and those willing to invest. Progress is inevitable. The laws in the field of energy and the environment enacted by the Republic of Croatia have been approximated to the European legislation in order for the Republic of Croatia to be integrated into the internal European electricity market and EU. This is also reflected in the development of legislation for the deployment of renewable energy sources.



---

## LITERATURA / REFERENCES

- [1] IAE - Međunarodna organizacija za energiju, World Energy Outlook, 2005.
- [2] Direktiva Europske unije, 2001/77/EC
- [3] Direktiva Europske unije, 1996/92/EC
- [4] Direktiva Europske unije, 2003/54/EC
- [5] Komisija Europskih zajednica, Izvješće o napretku u stvaranju unutarnjeg tržišta prirodnog plina i električne energije (Report on Progress in Creating the Internal Gas and Electricity Market), 2005.
- [6] Komisija Europskih zajednica, Tehnički aneks Izvora 5
- [7] Procjena izvora energije plime i oseke Ujedinjenog Kraljevstva, Europe i svijeta, Izvješće korporacije Black i Veatch, 2004.
- [8] GWEC - Globalno vijeće za energiju vjetra, Wind Force 12, 2005.
- [9] Centar za novu i obnovljivu energiju (NaREC) Unutarnje izvješće, TM Bruton, 2005., Pregled tržišta fotonaponskih sustava
- [10] Indeksi privlačnosti država s obzirom na obnovljivu energiju, Ernst & Young, 2006.
- [11] EREC - Europsko vijeće za obnovljive izvore energije, Tablice obnovljivih izvora energije za Europu, 20% do 2020., 2004.
- [12] Bijela knjiga hrvatske Vlade: Razina emisija za referentnu godinu za Hrvatsku na temelju članka 4., odlomak 6 UNFCCC, FCCC/SBI/2006/MISC.1
- [13] Zakon kojim se mijenja Zakon o energiji, Zakon o tržištu električne energije i Zakon o regulaciji energetske djelatnosti, Narodne novine, br. 177/2004., Zagreb, 2004.
- [14] EP i okoliš 2003.-2004., Hrvatska elektroprivreda d.d., Zagreb, 2006.

---

Uredništvo primilo rukopis:  
2006-06-07

Manuscript received on:  
2006-06-07

Prihvaćeno:  
2006-06-14

Accepted on:  
2006-06-14