

# ENERGETSKA BUDUĆNOST KROZ STUDIJE WEC-a WEC STUDIES ON ENERGY FUTURE

Branka Jelavić - Mladen Zeljko, Zagreb, Hrvatska  
Brian Statham, Johannesburg, South Africa

U članku se daje pregled studija koje su u razdoblju od 2005. do 2007. godine izrađene u koordinaciji i pod pokroviteljstvom WEC-a. Studije su obradile energetske sektor u horizontu do 2050. godine. Neke od studija su globalnog karaktera, dok su neke rađene za europsku regiju. Izrađeni su scenariji porasta potrošnje energije i moguće opcije podmirivanja te potrošnje. U analizama je primjereni naglasak stavljen na problem klimatskih promjena, problem ranjivosti energetskog sustava i pitanje budućnosti nuklearne energije.

The article gives a survey of studies made over the period 2005 to 2007 in coordination with and under the sponsorship of WEC. The studies deal with the energy sector with a long-term horizon up to 2050. Some studies are global in character, others are intended for the European region. Scenarios of energy consumption growth have been prepared, including possible options for meeting energy demands. Appropriate emphasis is laid on the problems concerning climate change and vulnerability of energy systems, as well as the future of nuclear energy

**Ključne riječi:** klimatske promjene, konvencionalni izvori energije, nuklearna energija, obnovljivi izvori energije, potrošnja energije, scenariji razvoja, tržište energije.

**Keywords:** climate change, conventional energy, development scenarios, energy consumption, energy market, nuclear energy, renewable energy



## 1 UVOD

Svjetski energetska savjet (*World Energy Council* – WEC) okuplja stotinjak zemalja članica i samim time velik broj energetskih stručnjaka. Oni dolaze iz industrije, vlada, akademskih zajednica, sindikata, nevladinih udruga i imaju široko iskustvo u mnogim područjima energetike [1].

Ove je godine održan XX. svjetski energetska kongres u Rimu pod naslovom Energetska budućnost u međuzavisnom svijetu. Na njemu su predstavljene najvažnije studije WEC-a nastale u posljednje tri godine, odnosno između dva svjetska kongresa [2]. To su Energetska scenariji do 2050. godine, Energija i promjena klime, te Pregled energetskih izvora u 21. stoljeću. Na ovim studijama globalnog značenja radilo je nekoliko stotina stručnjaka iz cijelog svijeta. Inzistiranje na provjerenim činjenicama dio je WEC-ove misije, a posljednjih desetak godina WEC promovira sve moguće energetske opcije naglašavajući tzv. 3A održivi energetska razvitak. Radi se o sloganu: dostupnost, raspoloživost, prihvatljivost (engl. *accessibility, availability, acceptability*), a energetska razvitak kao i WEC-ove aktivnosti planiraju se regionalno (Afrika, Latinska Amerika i Karibi, Azija, Europa i Sjeverna Amerika). Tako su za Europu izrađene dvije studije. Jedna se odnosi na ranjivost europskog energetskog sustava, a druga na ulogu nuklearne energije u Europi.

Pokazatelj 3A je pokazatelj stvarne energetska situacije kako na globalnoj tako i na regionalnoj razini. Cijene energije rastu, što pomaže poboljšanju efikasnosti i privlači investicije, no istodobno više cijene najjače pogađaju najsiromašnije zemlje i narode. Stoga dostupnost energije ostaje i dalje važan prioritet na svjetskoj razini.

Što se tiče raspoloživosti, ona je specifična za pojedini energetska izvor. Smatra se da su rezerve urana dostatne za relativno dugi niz godina rada nuklearnih elektrana, što će ovisiti i o razvoju novih nuklearnih tehnologija. Zalihe prirodnog plina su značajne (Rusija, Iran, Katar i mnoge druge zemlje), no transport od proizvođača do potrošača bit će sve dulji, dakle i skuplji. Između svih energenata ugljena ima najviše, mjereno u godinama potrošnje, no pripadne CO<sub>2</sub> emisije morat će se uskladištiti. Proizvodnja nafte sve se više koncentrira u nekoliko regija, a uloga biogoriva postaje sve značajnija. Što se tiče hidroenergetskog potencijala, smatra se da je oko 70 %, na svjetskoj razini, još neiskorišteno, što ostavlja značajnu mogućnost za rast, kao uostalom i energija vjetra, biomase, Sunca, te geotermalna energija.

## 1 INTRODUCTION

The World Energy Council (WEC) brings together as many as one hundred or so member countries and thereby a large number of energy experts. They come from industry, governments, academic communities, trade unions, NGOs, and are broadly experienced in many areas of energy [1].

This year at XX World Energy Congress, Rome, entitled Energy Future in an interdependent world, the most important WEC studies over the past three years between two world congresses [2] have been presented. These are: Energy scenarios to 2050, Energy and climate change, and Survey of energy resources in the 21st century. In these on global issues several hundred experts from around the world have been engaged. Insistence on verified facts is a part of this WEC mission. Over the past ten years WEC has been promoting all kinds of energy options with focus on the so-called 3A sustainable energy development, viz. Accessibility, Availability and Acceptability, while energy development itself, just as WEC activities, are planned regionally (Africa, Latin America and the Caribbean, Asia, Europe and North America). Two studies have been prepared for Europe. One is about the vulnerability of the European energy system, the other about the role of nuclear energy in Europe.

3A is the indicator of the real energy situation at both global and regional level. Energy prices are growing, which helps to improve efficiency and attracts investments, but, at the same time, the poorest countries are worst hit by higher prices. Accessibility remains thus an important global priority.

When it comes to availability, it is resource-specific. Uranium reserves are believed to suffice for the operation of nuclear power plants for relatively many years, which will also depend on the development of new nuclear technologies. Natural gas reserves are significant (Russia, Iran, Qatar and many other countries), but transportation from producers to consumers will be longer and longer and thereby increasingly expensive. Among all energy sources coal is the most abundant fossil fuel, measured in years of consumption, but its CO<sub>2</sub> emissions will have to be stored. Oil production is more and more concentrated in several regions, and the role of biofuels is becoming increasingly important. Regarding the water energy potential, about 70 per cent of it at global level is believed to be unexploited, which leaves a significant growth opportunity, as it also does for wind, biomass, solar, and geothermal energy.

Unutar WEC-a se vjeruje da je moguće zadovoljiti svjetske energetske potrebe i sačuvati okoliš te način života. To je moguće učiniti samo ako budemo otvoreni za sve energetske opcije i ako se izbor energenta napravi na osnovi realnih troškova.

Razumna energetska politika je osnova ubrzanja rasta i napretka. Pri tome korištenje čistih tehnologija postaje sve značajnije, te WEC želi potaknuti rad na sljedećim temama, koje su bitne za našu energetska budućnost:

- efikasnost proizvodnje energije i energetska efikasnost krajnjih korisnika,
- mogućnosti promjena u urbanom transportu,
- održive tehnologije korištenja fosilnih goriva,
- uloga prirodnog plina u proizvodnji električne energije,
- uloga nuklearne energije,
- mogući udio obnovljivih izvora energije (umreženih i neumreženih).

No, ono što svakako treba učiniti što prije i što brže je iskoristiti potencijal energetske efikasnosti. Moguće su uštede energije od proizvodnje i prijenosa energije, pa do krajnjih potrošača u zgradama, industriji i transportu.

## 2 SCENARIJI ENERGETSKOG RAZVITKA DO 2050.

Rezultati ove studije pokazuju da na svijetu ima dovoljno energije za sljedećih četrdesetak godina (do 2050. godine), a ključno pitanje je kako tu energije dopremiti od mjesta proizvodnje do mjesta potrošnje [3]. Za pokrivanje potreba kućanstava do 2050. godine, potrošnja energije bit će oko dva puta veća u odnosu na 2005. godinu. Fosilna goriva će i dalje pokrivati najveći dio primarne energije. Pristup energiji značajno će se poboljšati, a klimatske promjene će se ublažiti. Najvažniji pokretač ovih promjena bit će porast cijena energije.

Vlade moraju definirati pravila trgovanja energijom i definirati stabilnu cijenu za ugljik te poticati suradnju i integraciju među regijama, a isto tako i između javnog i privatnog sektora. Upravo kroz intenzivniju suradnju, veće investicije i jasna pravila trgovanja energijom zajedno može se izgraditi održiva energetska budućnost.

U ovoj studiji prihvaćen je novi pristup scenarijima, koji nije samo statistički, nego kreće od regionalnog pogleda prema energetskej politici, koja treba osigurati održivi energetskej razvitak.

Within WEC it is widely believed that it is possible to satisfy global energy needs and, at the same time, preserve the environment and our way of life. It will be possible if we are open to all energy options and if the choice for energy sources is made on the basis of real costs.

Reasonable energy policy is a basis for intensified growth and progress. In this regard, the use of clean technologies is gaining in importance, so WEC wants to promote work on the following topics which are vital for our energy future:

- energy production efficiency and energy end-use efficiency,
- possible changes in urban transport,
- sustainable fossil fuel use technologies,
- the role of natural gas in electricity production,
- the role of nuclear energy,
- potential share of renewable energy resources (networked and not networked).

But what should certainly be done as soon as possible is to exploit the potential of energy efficiency. Energy savings are possible from energy production and transmission to the end users in buildings, industry and transport.

## 2 ENERGY DEVELOPMENT SCENARIOS TO 2050

The results of this study show that there is enough energy around the world for the next forty years (to 2050), and the key issue is how to bring this energy from the place of production to the place of consumption [3]. For the needs of households up to 2050 energy consumption will be twice as high as in 2005. Fossil fuels will continue to account for the bulk of primary energy. Access to energy will significantly improve and climate changes will abate. The foremost driver of these changes will be rising energy prices.

Governments have to define the rules of trade in energy, ensure a stable carbon price and encourage cooperation and integration between regions as well as between the private and public sectors. It is through intensified cooperation, greater investment and clear rules of energy trade that we can together build a sustainable energy future.

In this study a new approach to scenarios is adopted, one which is not only statistical but which also moves from a regional perspective towards an energy policy that should ensure sustainable energy development.

Od 2005. do 2007. godine održano je dvadesetak radionica u različitim regijama svijeta na temu izrade ove studije. Oko 400 eksperata iz industrije, vlada, akademske zajednice, nevladinih i trgovačkih udruga iz cijelog svijeta dali su svoje kvalitativno mišljenje o tome kako politika može odgovoriti izazovima energetske budućnosti. Ova mišljenja provjerena su matematičkim modelom energetskog sektora. Sedam specijalističkih grupa pripremiло je podatke od energetskih do klimatskih, finansijskih, cjenovnih itd.

## 2.1 Četiri osnovna scenarija

Koristeći četiri dobro poznate životinje WEC scenariji definiraju četiri moguća pristupa našoj energetskej budućnosti [4]. Ta četiri scenarija predstavljaju:

- **Lav**, spretna i socijalno integrirana životinja, disciplinirana i organizirana, predstavlja jaku ulogu vlade, zajedno s uskom suradnjom i dobrom integracijom javnog i privatnog sektora, tuzemno i međunarodno,
- **Žirafa**, adaptivna i nezavisna životinja, koja vidi na daleko, opisuje tržišno vođene aktivnosti s minimalnim utjecajem vlade, ali visokim stupnjem suradnje i integracije javnog i privatnog, tuzemno i međunarodno,
- **Slon**, socijalna životinja koja živi unutar vlastite obitelji, predstavlja vladu jako angažiranu u energetskej politici, s malo suradnje ili integracije javnog i privatnog,
- **Leopard**, usamljeno biće, izolirano, opisuje slabo angažiranje vlade u kreiranju energetske politike i slabu povezanost javnog i privatnog sektora.

Važno je naglasiti da regije svijeta, zbog različitog ekonomskog i socijalnog razvitka, nemaju iste prioritete energetske politike. Afrika, kao najnerazvijenija regija želi povećati dostupnost energije, dok Europa brine o prihvatljivosti energetske opcije. Za manje razvijene regije kao što su Azija, Afrika i Latinska Amerika, WEC regionalne studije pokazuju da veća suradnja i integracija nude najbolji put prema ostvarenju sva 3A. Međunarodni ugovori i zakoni neće biti dovoljni, a partnerstvo s razvijenim zemljama radi transfera tehnologije i znanja nužno je radi definiranja regionalnih energetskej prioriteta.

### 2.1.1 Lav

Scenarij Lav s visokim stupnjem utjecaja vlade i isto tako visokim stupnjem suradnje i integracije, stvara najbolju strategiju za realizaciju 3A u svim regijama svijeta.

From 2005 to 2007 about twenty workshops have been held in different regions of the world on the topic of the present study. About 400 experts from industries, governments, academic communities, NGOs and trading associations from all over the world have given their qualitative views about how politics can respond to the challenges of the energy future. These opinions have been verified by the mathematical model for the energy sector. Seven specialised groups have prepared data ranging from energy to climate, finances, prices, etc.

## 2.1 Four basic scenarios

Using the metaphors of four well-known animals, the WEC Scenarios define four possible approaches to our energy future [4]. These four approaches are represented by:

- **The Lion**, a skilled, social animal, disciplined and organised, represents strong government engagement together with close cooperation and integration of the public and private sectors, domestically and internationally,
- **The Giraffe**, a highly adaptable and independent creature that sees at great distances, describes market-driven actions made with minimal government involvement but a high degree of cooperation and integration of the public and private domains,
- **The Elephant**, a social animal that lives within its own family, characterises government deeply engaged in energy policymaking, but with cooperation or integration of the public and private,
- **The Leopard**, a solitary and isolated creature, who represents energy responses with little government involvement and little cooperation and integration of the public and private sector.

It is important to note that the regions of the world, due to different patterns of economic and social development, do not have the same energy policy priorities. Africa, as the least developed region, is concerned with increasing access to energy, whereas Europe places more emphasis on energy acceptability in its policymaking. For the less developed regions, such as Asia, Africa and Latin America, WEC regional studies show that greater cooperation and integration offers the best route to achieving WEC's 3 A's. Reliance on international agreements and laws will not be enough, whereas partnership with developed countries to transfer technology and expertise will be critical to fulfilling the right balance of these energy priorities.

### 2.1.1 Lion

The lion scenario, with high levels of government involvement and high levels of cooperation and integration, proved broadly the best strategy for achieving WEC's 3 A's in all regions of the world.

Ovaj scenarij osigurava nastavak jakog globalnog gospodarstva smanjujući energetske intenzivnost, vodeći računa o klimatskim promjenama i poboljšavajući pristup modernim energetske izvorima i uslugama.

### **Afrika**

Brži ekonomski rast vodi do većeg bruto domaćeg proizvoda i kako se životni standard poboljšava porast broja stanovnika se usporeva poslije 2020. godine. Povećava se financiranje i tehnološki transfer u energetske sektor, a dostupnost energije je značajno poboljšana. Institucionalno financiranje, ali i privatni sektor imaju sve značajniju ulogu u razvitku infrastrukture. Rezultat je raznolika energetska struktura, uključujući biomasu za kućanstva, biogorivo za promet i prirodni plin za kućanstva i gospodarstvo.

### **Azija**

Veliki projekti elektroenergetskih mreža značajno povećavaju broj potrošača, a regionalna suradnja vodi do integracije i povećanja sigurnosti opskrbe. Razvijene zemlje ulažu u regionalnu energetske infrastrukturu. Najnovija tehnologija se primjenjuje zahvaljujući boljoj međunarodnoj suradnji, no robusni ekonomski rast usporava prijelaz na čiste tehnologije.

### **Latinska Amerika i Karibi**

Populacijski rast počinje se smanjivati iza 2020. godine kako raste životni standard. Međunarodno financiranje, upravljanje i tehnologija doprinose razvitku infrastrukturnih projekata, koji omogućavaju pristup energiji. Zbog nacionalnog i međunarodnog pritiska lokalni političari stavljaju zaštitu okoliša na visoko mjesto prioriteta.

### **Europa**

Otvaranje energetske tržišta međunarodnim sudionicima povećava konkurenciju i smanjuje cijene energije. Zemlje potrošači potpisuju dugoročne ugovore sa zemljama izvoznicama prirodnog plina, a što dovodi do značajnog smanjenja potrošnje ugljena.

### **Sjeverna Amerika**

Sjeverna Amerika zalaže se za energetske razvike ostalih regija, a u vlastitoj regiji posvećuje sve veću pažnju zaštiti okoliša.

#### **2.1.2 Žirafa**

U scenariju kada vlade samo minimalno utječu na energetske sektor, uz jaku suradnju i integraciju, dolazi do oslobađanja globalnih tržišta. Slobodna trgovina roba i usluga cvate, a energetske izvori postaju sve raznolikiji. Stanovništvo se stabilizira i opada u nekim regijama.

This approach ensures a continuation of a strong global economy while tackling climate change, and improving access to modern energy sources and services.

### **Africa**

Faster economic growth leads to higher per capita GDP, and as living standards improve, population growth rates decline after 2020. More financing and technology transfers in the energy sector are encouraged. Access to modern energy is significantly increased. Institutional financing and the private sector play a greater role in developing energy infrastructure. A more diverse energy mix is the result, with more biomass for households, more biofuels for transport, and more natural gas for domestic and commercial use.

### **Asia**

Large electricity supply projects dramatically increase the number of consumers, while regional cooperation leads to integration, which increases reliability of the supply system. Developed countries invest in regional energy infrastructure. The latest technology is adopted, thanks to better international cooperation, although the shift to clean energy is held in check to some extent by robust economic growth.

### **Latin America and the Caribbean**

Population growth recedes starting in 2020 as living standards rise. International financing, management and technology contribute to infrastructure projects, which increases access to energy. Under national and international pressure, local policymakers place protection of the environment high on their agenda.

### **Europe**

Greater opening of energy markets to international players leads to more competition and lower energy prices. Consumer countries strike long-term supply agreements on natural gas with producer countries, which leads to significant reduction in coal use.

### **North America**

North America is committed to energy development of other regions and in its own region pays greater attention to environmental protection.

#### **2.1.2 Giraffe**

With governments only minimally involved in energy sector and with strong cooperation and integration, efforts are directed at freeing up global markets. There is freer movement of goods and services and energy sources are becoming more diverse. Population stabilises and declines in some regions.

## **Afrika**

Zahvaljujući privatnom sektoru, inovacije su brojne, a troškovi energije manji. Emisije CO<sub>2</sub> ostaju visoke, a raste i potrošnja ugljena i prirodnog plina. Obnovljivi izvori energije kasne, jer nema potpore za njih.

## **Azija**

Uporaba fosilnih goriva u Aziji raste vođena snažnim ekonomskim porastom, integracijom regionalnih energetske tržišta, trgovinom, investicijama i razvojem tehnologije.

## **Europa**

Veća suradnja rezultira željom za rješavanjem klimatskih promjena, ali učinci su ograničeni zbog nedostatka angažmana vlada. Europa ostaje zadovoljna energetske sustavom kakvog ima.

## **Latinska Amerika i Karibi**

Vlade ne potiču investiranje u energetske infrastrukturu, što usporava ekonomski rast. Energetska intenzivnost se smanjuje sa zakašnjenjem zbog dugog transfera tehnologija, a potrošnja energije se stabilizira. Investicije privatnog sektora u energetiku rastu, ali ne nužno u skladu s tržištem.

## **Sjeverna Amerika**

Međunarodni i regionalni forumi pritišću sjevernu Ameriku da posveti veću pažnju ekološkim učincima energetske sektora.

### **2.1.3** Slon

U scenariju gdje vlade imaju jaku ulogu u energetske planiranju i gdje je integracija privatnog sektora jako loša, vlade postavljaju energetske sigurnost kao najviši prioritet i dolazi do diversifikacije energenata i opskrbljivača, te dolazi do bržeg ekonomskog rasta nego u leopard scenariju, ali ne tako brzog kao u lav ili žirafa scenariju. Zbog smanjene međunarodne suradnje smanjenje emisija ostaje ograničeno.

## **Afrika**

Vlade osiguravaju pristup energiji i domaća proizvodnja se poboljšava, iako je ograničena zbog lošeg transfera tehnologije i loše međunarodne suradnje. Smanjenje emisija ima neznatan utjecaj.

## **Azija**

Mnoge vlade žele smanjiti korištenje fosilnih goriva i izgraditi velike elektrane naročito u Kini i Indiji. Emisije rastu, a tek krajem razdoblja planiranja počinju padati zbog efikasnijih tehnologija. Vlade promoviraju energetske sigurnost, čista goriva i obnovljive izvore energije u ruralnim sredinama.

## **Africa**

Due to strong involvement of the private sector, innovation is enhanced and energy costs reduced. CO<sub>2</sub> emissions stay high, coal and natural gas use rises. Without government incentives, renewables are adopted late, because there is no support for them.

## **Asia**

Fossil fuel use rises in Asia, buoyed by strong economic growth, also due to integration of regional energy markets, increased energy trade, investment and technology cooperation.

## **Europe**

Greater cooperation results in more efforts to deal with the effects of climate change, but progress is limited by the lack of strong government involvement. Europe remains satisfied with its energy system as it is.

## **Latin America and the Caribbean**

Governments do not encourage investment in energy infrastructure, which damps economic growth. Energy intensity eases later on, due to a long timescale for technology transfers to take effect, thus stabilizing energy demand. Private sector investments in energy rise, but not necessarily aligned with market needs.

## **North America**

International and regional actors pressure North America to devote more attention to dealing with the environmental effects of energy sector.

### **2.1.3** Elephant

In a scenario of strong government involvement in energy planning but minimal integration by the private sector, governments make energy security a top priority by diversifying supplies and suppliers, leading to faster economic growth than under the leopard scenario, but not as fast as with lion or giraffe. Lack of international cooperation means emissions reductions remain limited.

## **Africa**

Governments increase access to energy and domestic energy production improves, although production capacity is constrained by a lack of technology transfer and less effective international aid programmes. Low carbon policies are a low priority.

## **Asia**

Many governments commit to reducing fossil fuels and building large power plants, especially in China and India. Emissions rise until late in the period to 2050 but then start to decline because of more efficient technology. Governments place high on the agenda long-term energy security, promoting cleaner fuels, and renewable energy in rural areas.

## Europa

Vlade podržavaju velike energetske kompanije i stvaraju velike bilateralne ugovore u regiji. Ali bez veće međunarodne suradnje vlade ne mogu osigurati dugoročnu i sigurnu opskrbu.

## Latinska Amerika i Karibi

Vlade diversificiraju energetske opskrbe: povećanjem broja vjetroelektrana, korištenjem solarnog grijanja, biogoriva i prirodnog plina, te kasnije ugljena i nuklearne energije. Vrlo malo se ulaže u razvoj tehnologija, a razvijene zemlje ne ulažu u tzv. mehanizam čistog razvitka, koji pomaže zemljama u razvoju da smanje emisije.

## Sjeverna Amerika

Privatni sektor ne ulaže u razvitak energetske infrastrukture. Energetski sustav se ne razvija i energetska sigurnost je ugrožena. Bez suradnje, interes za smanjenje emisija gubi zamah sredinom razdoblja planiranja.

### 2.1.4 Leopard

U scenariju s malo utjecaja vlade i bez regionalne suradnje, zemlje su okrenute sigurnosti opskrbe. Vlade usvajaju energetske takse i poticaje. Nesigurnost vodi do usporenog gospodarskog rasta i premalo investicija u energetske sektor. Energetska intenzivnost se pogoršava u zemljama u razvoju, a u ostalim zemljama opada sporo. Potrošnja energije raste.

## Afrika

Tehnološki transfer, strana ulaganja i pristup čistoj energiji su ograničeni zbog neuplitanja vlade i loše suradnje. Pristup energiji je otežan, potražnja raste, a siromaštvo se pogoršava.

## Azija

Elektroenergetska mreža se sporo razvija a ekonomski razvitak pomaže regiji da zadovolji rastuću potražnju. Zbog izostanka potpore vlade niti nuklearna energija ni obnovljivi izvori energije nisu razvijeni dovoljno. Energetska sigurnost je prioritet, a malo se pažnje posvećuje klimatskim promjenama.

## Europa

Energetska sigurnost je ugrožena, jer Rusija ima vlastite prioritete, a nordijsko tržište se izolira. Nacionalni šampioni se razvijaju i blokiraju pristup tržištu kompanijama koje nisu iz EU.

## Latinska Amerika i Karibi

Ovaj scenarij je loš za ekonomiju, potrošače i okoliš, on vodi prema organiziranju kartela, visokih cijena energije, slabog ekonomskog rasta i nebrige za okoliš.

## Europe

Governments support large energy companies and create large bilateral agreements in the region. But without greater international cooperation, governments are unable to ensure long-term and reliable energy supply.

## Latin America and the Caribbean

Governments diversify energy supplies by adding more wind power, solar heating, biofuels and natural gas, and later on generating more power from coal and nuclear fuel. Very little is invested in developing technologies and industrialised countries do not invest in the Clean Development Mechanism designed to help developing countries reduce emissions.

## North America

Private sector does not invest in developing energy infrastructure. The energy system does not develop. The energy system goes into decline and reliability suffers. Without cooperation, low carbon initiatives lose momentum in the middle of the planning period.

### 2.1.4 Leopard

In a scenario of light-handed government and little regional cooperation, countries are preoccupied with their own security of energy supply. Governments adopt energy taxes and subsidies. Uncertainty leads to slower economic growth and poor investment in the energy sector. Energy intensity worsens in the developing world, and declines less rapidly elsewhere. Energy demand continues to rise.

## Africa

Technology transfer, foreign investment, and access to clean energy are limited due to low government involvement and poor cooperation. Improving access to reliable energy remains difficult, demand increases and poverty worsens.

## Asia

The electricity grid is expanding at a slow pace, but economic growth helps the region to meet rising energy demand. Lacking strong government commitment, neither nuclear power nor renewable energy are developed adequately. Energy security is a high priority and little attention is paid to climate change.

## Europe

Security of supply is hampered, as Russia pursues its own agenda and Nordic markets become more insular. National champions develop, blocking access to EU markets for non-EU companies.

## Latin America and the Caribbean

This scenario is bad for the economy, energy consumers and the environment, leading to the formation of cartels, and neglect for the environment.



## Sjeverna Amerika

Bez dobrog održavanja i razvitka energetske infrastrukture, energetska opskrba Sjeverne Amerike postaje manje pouzdana. Tomu doprinosi i loša suradnja. Čiste energetske opcije razvijaju se polako i nisu prioritet za političare.

## 2.2 Dinamika globalnih energetskih tržišta

### Nafta

Jači utjecaj vlada pomoći će smanjenju napetosti na tržištu nafte, a što je povezano s jačom suradnjom i integracijom privatnog sektora. U slučaju jačanja privatnog sektora bez značajnog utjecaja vlada, može doći do kriznih stanja na tržištu jer veći ekonomski rast može dovesti do povećanje potražnje i viših cijena, a ne do veće raspoloživosti energenta.

U slučaju podbačaja u proizvodnji nafte na Srednjem istoku, zbog tehničkih problema ili pak lošeg planiranja razvoja naftnih polja, može doći do napetosti na energetskim tržištima cijelog svijeta.

### Plin

Problemi na tržištu plina postat će sve teži u većini regija, naročito početkom 2020. godine pa do kraja razdoblja 2050. godine, jer će potražnja rasti, s obzirom da je plin sve važniji u smanjenju emisija stakleničkih plinova. Rusija postaje gospodarstvo bazirano na plinu, a što može dovesti do napetosti na europskom i azijskom tržištu. Krizna stanja na tržištu plina u sjevernoj i južnoj Americi rastu od 2020. godine, a zatim opadaju od 2035. godine, jer povećana eksploatacija plina poboljšava opskrbu.

### Ugljen

Opskrba ugljenom je zadovoljavajuća za veći dio razdoblja planiranja, ali kada je potrošnja velika, napetosti rastu. Kasnije se kriza nastavlja zbog razvoja novih tehnologija (ugljen se pretvara u prometna goriva). Ako izoliranje i spremanje CO<sub>2</sub> postane prihvatljivo, potražnja za ugljenom će još rasti, pa će rasti i problemi na tržištu.

### Nuklearna energija

Problemi će se gomilati i na nuklearnom tržištu, naročito u Aziji i Africi, jer će potražnja rasti. Realizacija će možda biti ograničena zbog sporog razvoja naprednih standardizacija na razini vlada i zabrinutosti međunarodne zajednice oko odlaganja nuklearnog otpada i proizvodnje oružja. Snažna suradnja potrebna je između vlada i industrije da bi se nuklearna energetika osnažila u zemljama u razvoju.

### Obnovljivi izvori energije

Energija iz obnovljivih izvora energije imat će važan utjecaj na tržišta tijekom cijelog razdoblja ali neće biti dominantna.

## North America

Without good maintenance and development of energy infrastructure, North America's energy supply becomes less reliable. This is aggravated by low cooperation. Clean energy develops slowly and is not a priority for policymakers.

## 2.2 Dynamics of global energy markets

### Oil

Greater government engagement will help ease tension in oil markets, coupled with greater private sector cooperation and integration. The strengthening of private sector without greater government commitment may lead to crises on oil markets, as higher economic growth would lead to increased demand for energy and higher energy prices. A large drop in oil production in the Middle East due to technical constraints or lack of good planning on oil field development would also raise tensions in energy markets world-wide.

### Gas

Tensions in the gas market will get worse in most regions, especially early 2020 through to the end of the planning cycle, due to higher demand, as gas becomes an important resource to help reduce global greenhouse gas emissions. Russia becomes a gas-based economy, possibly raising tensions in European and Asian markets. Gas market tension rises in the Americas from 2020, but eases from 2035 as increased gas exploration improves supply.

### Coal

Coal supplies are adequate for a greater part of the planning period, but when demand is high, tensions mount. Later on, tensions mount as coal-to-liquid technology increases demand. If the capture and storage of carbon becomes feasible, demand will rise for coal and supply-demand tensions will result.

### Nuclear energy

Tensions will grow in nuclear markets, especially in Asia and Africa, because demand will rise. Supplies may be limited by slow government action on advanced standardised designs and by the concerns on the part of the international community in dealing with waste disposition and weapons proliferation. Strong cooperation between international government and industry players is essential for developing a nuclear power sector in the developing world.

### Renewables

Energy from renewable sources will have an important impact on markets during the time period, but will not dominate any market.

## Nekonvencionalna energija

Korištenje nekonvencionalne energije pada u Aziji, Latinskoj Americi i Africi. Prvo pada u Aziji gdje je napredak već u tijeku, a kasnije u Africi zbog izostanka aktivnog pristupa vlada.

### 2.3 Održiva energetska budućnost

Udvostručenje opskrbe energijom do 2050. godine moguće je čistim i efikasnijim tehnologijama. Fosilna goriva ostaju i dalje dominantna, ali proizvodnja postaje efikasnija, kao i tehnologija odlaganja (utiskivanje u podmorje ili podzemlje) stakleničkih plinova.

Ako vlade i privatni sektor budu surađivali, energetska intenzivnost će padati, a energetska miks (engl. mix) postat će diverzificiraniji, povećat će se udio hidroelektrana, nuklearne energije, biogoriva, biomase i ostalih obnovljivih izvora energije.

Stvaranje sporazuma oko definiranja cijene ugljika je kritično, jer bez jake međunarodne suradnje i angažmana vlada problem emisije stakleničkih plinova neće se moći riješiti.

U WEC-u se vjeruje da je moguće zadovoljiti buduću potrošnju i stvoriti svijet niskog ugljika. Zadatak studije je bio poboljšanje tri glavna cilja WEC-a:

- dostupnost,
- raspoloživost i
- prihvatljivost energije za sve.

Ovi ciljevi postavljeni su kao mjera napretka onima koji donose odluke. Ti ciljevi su realistični, a uz političku volju vlada i industrije da surađuju na izradi potrebne energetske politike i regulative te ostvare nužne investicije, ti ciljevi su i ostvarivi.

#### 2.3.1 Dostupnost

Danas na svijetu ima dvije milijarde ljudi bez pristupa komercijalnoj energiji i oko jedne milijarde ljudi, koji taj pristup imaju samo sporadično. Stoga su ciljevi:

- smanjiti na pola broj ljudi bez pristupa energiji do 2035. godine. WEC je definirao minimum energetske standarda kao godišnju potrošnju električne energije od 500 kWh po osobi,
- ponovno smanjiti na pola broj ljudi bez pristupa energiji do 2050. godine, dakle s milijarde na pola milijarde ljudi.

## Non-conventional energy

The use of non-conventional energy decreases in Asia, Latin America and Africa – first in Asia where progress is already underway and later in Africa because of a lack of effective government engagement.

### 2.3 Sustainable energy future

A doubling of supplies can be achieved by 2050 with cleaner and more efficient technologies. Fossil fuels remain dominant, but production is becoming more efficient along with more efficient management of greenhouse gas emissions (land-filling).

If there is government commitment and private sector collaboration, energy intensity will continue to decrease and the energy mix will become more diverse, the share will rise of hydroelectricity, nuclear power, biofuels, biomass and other renewables.

Creating an agreement on setting the carbon price is critical, since without strong international cooperation and government involvement it will not be possible to solve the problem of greenhouse gas emissions.

WEC believes that the world can meet its requirements and create a low carbon world.

The task of the study group was to improve the three principal targets:

- accessibility,
- availability and
- acceptability for all.

These targets have been set as benchmarks for policymakers to measure progress. These targets are realistic, and provided the political will exists for government and industry to work closely together in drafting the necessary policies and regulations, and make the investments required, they can be achieved.

#### 2.3.1 Accessibility

Given that about two billion people have no access to commercial energy and another one billion have only sporadic access, the targets are to:

- reduce by half the number of people without access to energy by 2035. WEC defines the minimum of energy standard as the annual electricity equivalent of 500 kWh per person,
- halve again the number of people without access to energy by 2050 from one billion to five hundred million.

### 2.3.2 Raspoloživost

S obzirom da su najveći ispadi u opskrbi bili zbog nedovoljnog investiranja u energetska infrastrukturu ili zbog problema na tržištu i političkih neslaganja, u WEC-u se vjeruje da je potrebno učiniti sljedeće:

- razviti energetske sustave koji će biti 99 % pouzdani u Europi, Sjevernoj Americi i dijelovima Azije do 2035. godine,
- razviti energetske sustave koji će biti 99 % pouzdani u većem dijelu Azije, Afrike i Latinjske Amerike do 2050. godine.

### 2.3.2 Prihvatljivost

S obzirom da će zabrinutost za okoliš imati veliki značaj na budućnost energetike treba učiniti sljedeće:

- značajno smanjiti udio emisija koje dolaze iz energetskog sektora do 2020. godine,
- stabilizirati emisije iz energetskog sektora do 2035. godine,
- smanjiti emisije na sadašnju razinu ili ispod nje do 2050. godine,
- odvojiti emisije od ekonomskog rasta do 2050. godine.

## 2.4 Preporuke

Bez obzira na scenarij WEC je definirao sedam važnih područja, koja treba poticati kako bi se povećale investicije u čistu energetska infrastrukturu i omogućio energetski napredak svim regijama. Svaka regija će morati uzeti u obzir i lokalne uvjete kada bude definirala svoju energetska politiku.

Ta područja su:

- promocija energetske efikasnosti koristeći sve moguće metode u cijelom energetskom lancu od eksploatacije do finalne potrošnje, uključujući kampanje za dizanje svijesti potrošača, financijske inicijative, standarde i regulativu,
- podizanje svijesti potrošača o tome kako sektor transporta može igrati važnu ulogu u efikasnijem korištenju energije, kroz promjene u urbanom planiranju, mjere energetske efikasnosti i razvoj tehnologije,
- definiranje svjetske cijene ugljika dovoljno visoke da motivira promjenu ponašanja i dovoljno niske da ne zaustavi ekonomski rast,
- bolja integracija energetskih tržišta regionalno i globalno za velike ekonomije u energetskom sektoru. Da bi se to postiglo nova pravila za međunarodnu trgovinu energijom trebaju riješiti kako pomiriti globalnu trgovinu i investicije s nastajanjem nacionalnih energetskih šampiona i kako smanjiti napetosti između

### 2.3.2 Availability

Given that most of the disruptions in delivering energy have been related to under-investment in energy transport infrastructure, or due to market failures or political disagreements, WEC believes it is necessary to achieve the following:

- develop energy systems which are 99 % reliable in Europe, North America, and parts of Asia by 2035,
- develop energy systems, which are 99 % reliable in most of Asia, Africa and Latin America by 2050.

### 2.3.2 Acceptability

Given that environmental concerns will have a major influence on the future shape of the global energy industry, it is necessary to do the following:

- slow the rate of energy-related emissions growth significantly by 2020,
- stabilise CO2 emissions from energy use by 2035,
- reduce emissions to current levels or below by 2050.

## 2.4 Recommendations

Regardless of the scenario in place, WEC has defined seven important areas that need to be addressed to achieve energy development in all regions to raise investment in clean energy infrastructure. Each region will have its own local conditions to take into consideration when drawing up energy policies.

These areas are as follows:

- promoting energy efficiency using all available methods along the entire energy chain, from exploration to final energy use, including consumer awareness campaigns, financial incentives, standards and regulations,
- raising public awareness of how the transport sector can play an important role in more efficient energy use, through changes in urban planning, energy efficiency measures, and technology development,
- setting a global price for carbon high enough to motivate behaviour changes, and prices low enough not to hamper economic growth,
- closer integration of energy markets regionally and globally for greater economies of scale in energy sector. To achieve this a new set of international trade rules for energy will address concerns over how to reconcile global energy trading and investment with the build-up of national energy champions,

zemalja proizvođača i zemalja potrošača energije,

- stvaranje novog međunarodnog okvira za transfer tehnologije iz razvijenih zemalja u zemlje u razvoju, koji poštuje intelektualno vlasništvo i pomaže zemljama razviti tehnologije primjerene vlastitim potrebama kao i razviti vlastito umijeće,
- pokretanje dijaloga o sigurnosti opskrbe, jer su zemlje i regije uvoznice energije zabrinute za svoju budućnost. Isto tako zemlje izvoznice zabrinute su za plasman energije. To bi mogli riješiti dugoročni međunarodni modeli suradnje,
- porezna politika, legalni i komercijalni okvir važan je za ograničenje investicijskog rizika i stvaranje realnih očekivanja što se tiče, kako rizika, tako i povrata investicije.

and escalating tensions between producer and consumer countries,

- creating a new international framework for technology transfer from developed to developing countries that respects intellectual property, helps countries develop technologies meeting their energy priorities, and develops local skills,
- dialogue on security of supply and demand, because energy consuming countries and regions are concerned about their future. Likewise, energy supplying countries are concerned about assured demand. That could be resolved by long-term international models of cooperation,
- taxation, legal and commercial frameworks that limit investment risk and fostering realistic expectations for risk and return.

### 3 ENERGIJA I PROMJENA KLIME

IPCC (Međuvladin panel o klimatskim promjenama) je nedavno potvrdio da je globalno zatopljenje neosporno dokazano. Nažalost, postojeći naponi su nedovoljni – većina zemalja s ciljevima u okviru Kyoto protokola nije na putu da ih ostvari, a mnoge zemlje i nemaju Kyoto ciljeve. Kao rezultat, emisije stakleničkih plinova i dalje rastu i prema prognozama tako će biti i u sljedećim desetljećima [5].

Problem nije nedostatak mjera, kojih postoji nekoliko tisuća, u zemljama potpisnicama Kyoto protokola i onima izvan njega, već činjenica da mjere nisu odgovarajuće s obzirom na veličinu i značaj problema. Kako dvije trećine emisija stakleničkih plinova dolazi iz energetskog sektora, hitno treba definirati mjere za njihovo smanjenje.

U ovoj studiji WEC-a detaljno su analizirane postojeće mjere i njihova uspješnost, ponovno koristeći 3A pristup.

Treba naglasiti da održivi razvitak nije samo vezan na okoliš, on treba također biti i ekonomski i socijalno prihvatljiv.

#### 3.1 Emisija stakleničkih plinova

Kako bi mjere bile što učinkovitije treba ih usmjeriti prema pravim ciljevima u energetskom sektoru, dakle onim mjerama koje su značajne za emisije, a nisu skupe.

Održivost neće biti ostvarena ako smanjenje emisija znači usporavanje socijalnog razvitka, naročito za dvije milijarde ljudi koji nemaju nikakav pristup modernoj energiji.

### 3 ENERGY AND CLIMATE CHANGE

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) has recently confirmed that global warming has been definitely proved. Unfortunately, the existing efforts are inadequate – most countries committed to Kyoto targets are not on the way to reach them, while many countries do not have Kyoto targets. As a result, greenhouse gas emissions continue to rise and according to forecasts it will be very much the same in the coming decades [5].

The problem is not a lack of measures – there are several thousand of them in the Kyoto signatories and non-signatories – it is the fact that the measures are not adequate in the face of the magnitude and impact of the problem. Since two thirds of the greenhouse gas emissions come from the energy sector, defining measures for their reduction is a matter of urgency.

In this WEC study the existing measures and their success are analysed in detail by again using the 3A approach.

It should be stressed that sustainable development is not just an environmental issue, it should also be economically and socially acceptable.

#### 3.1 Greenhouse gas emissions

For the measures to be as efficient as possible, they should be focused on the right goals in the energy sector, they should be relevant to the emissions and not expensive.

Sustainability will not be achieved, if reduced emissions lead to a slowdown in social development, especially for two billion people who have no access to modern energy service.

Analiza u studiji pokazuje kako su različiti trendovi emisija u raznim regijama i kako su različiti njihovi pokretači. Jasno je da će svaka zemlja morati razviti vlastiti odgovor za promjenu klime, nema čarobnog rješenja, koje će biti odgovor na sve postojeće probleme.

Naravno, postoje i neke zajedničke karakteristike: emisija stakleničkih plinova se povećava kako broj stanovnika raste i postaje bogatiji. No, intenzitet emisija značajno se razlikuje u raznim gospodarstvima.

Velike zemlje poput USA i Kine imaju visok stupanj emisija, no postoji cijeli niz gospodarstava na istoj razini s vrlo različitim stupnjem emisija. Francuska i Švedska imaju relativnu nisku razinu emisija u usporedbi s Njemačkom i Australijom kao vrlo sličnim zemljama. Slično, emisije Brazila su niže nego one Južne Afrike.

Analize pokazuju da te razlike nisu primarno zbog energetske intenzivnosti (potrošnja energije po jedinici izlaza) niti ukupne potrošnje energije. Najvažniji faktor je ugljikov intenzitet energije (količina proizvedenog CO<sub>2</sub> po jedinici utrošene energije). Zemlje s velikim hidro ili nuklearnim izvorima kao Brazil i Francuska, imaju nizak ugljikov intenzitet, za razliku od Kine i Australije, koje koriste velike količine ugljena i imaju visok ugljikov intenzitet.

Ugljikov intenzitet ovisi o energetskim izvorima pojedine zemlje, pri čemu treba naglasiti dva ključna sektora:

- transport i
- proizvodnja električne energije.

Ustvri, proizvodnja električne energije je otprilike dva puta značajnija od transporta. To je ujedno i najfleksibilniji sektor, mogu se koristiti fosilna i ne-fosilna goriva, dok je transport pretežno ovisan o nafti. Primjeri značajnih smanjenja emisija (isključujući rat ili ekonomski kolaps) pokazuju da su one bazirane na promjenama u strukturi proizvodnje električne energije. Transportni sektor je dugoročno kritičan, jer su intervencije teže. Značajno smanjenje emisija tražit će značajne tehnološke promjene ili pak promjene u transportnim navikama.

### 3.2 Postojeće mjere i njihova efikasnost

Nekoliko tisuća mjera uvedeno je u razvijenim zemljama, ali i u zemljama u razvoju. Izbor mjera se razlikuje, no obje grupe zemalja prednost daju energetske efikasnosti i obnovljivim izvorima energije. U razvijenim zemljama koriste se više ekonomski instrumenti, a u zemljama u razvoju direktne intervencije.

The study shows how different emission trends are in different regions and how their drivers mutually differ. It is clear that each country will have to develop its own answer to climate change. There is no magic solution as an answer to all the existing problems.

There are, of course, some common characteristics: greenhouse gas emissions increase as the population increases and becomes richer. However, emission intensity greatly differs in different economies.

Big countries like USA and China have a high-degree emission, but there is a whole lot of economies with the same degree of emissions. France and Sweden have relatively low emission levels compared with Germany and Australia as very similar countries. Similarly, Brazil's emissions are lower than those of South Africa.

Analyses show that these differences are not primarily attributable to energy intensity (power consumption per unit of output) nor to overall energy consumption. The most important factor is carbon intensity of energy (amount of CO<sub>2</sub> produced per unit of used energy). Countries with major hydro or nuclear potentials like Brazil and France have a low carbon intensity, unlike China and Australia which are using great quantities of coal and, as a result, have a high carbon intensity.

Carbon intensity depends on the energy sources of a country. In this regard, two key sectors must be borne in mind:

- transport and
- production of electricity.

In fact, electricity production is twice as important. At the same time, this is the most flexible sector, where fossil and non-fossil fuels can be used, whereas transport largely depends on oil. Examples of major emission reductions (including war or economic collapse) show that they are based on changes in the structure of electricity production. The transport sector is critical in the long run, because interventions here are more difficult. Significant emission reductions will require significant technological changes or changes in transport behaviour.

### 3.2 Existing measures and their efficiency

Thousands of measures have been introduced in industrialised countries as well as developing countries. The choice of measures differs, but both groups of countries give priority to energy efficiency and renewables. Industrialised countries prefer economic instruments, developing countries prefer direct government intervention.

Sve mjere imaju svoje dobre i loše strane, a neprepoznavanje tih činjenica često je dovelo do loših rezultata. Vjerojatno i zbog toga, vrlo malo vlada napravilo je analizu efikasnosti vlastite politike i mjera po svim kriterijima održivog razvitka. Dakle, unatoč postojanju velikog broja mjera, rezultati su razočaravajući.

WEC studija pokušala je napraviti takvu analizu, koja je prevelika i prekompleksna za ovaj članak, ali iz nje su proizašle preporuke za vlade, kada budu definirale svoje politike i mjere u ovom važnom području.

### 3.3 Preporuke

- porez na energente je važan ali nije savršen ponajviše radi problema s kompetitivnošću i dostupnošću, kao i dugoročne sigurnosti potrebne za promociju investicija. Porezi su naročito teška opcija za zemlje u razvoju, te stoga ne mogu biti okosnica zajedničkog globalnog rješenja. Porezi su se smanjili tijekom prošlog desetljeća, a najviše se ubiru na motorna goriva, jer imaju više utjecaja na prihod vlada nego na ponašanje potrošača, te je u stvari doprinos smanjenju emisija ograničen,
- energetska efikasnost kod krajnjeg potrošača je važna jer ona potiče napredak sva 3A cilja. Nažalost, ne zna se kako postojeći programi tome doprinose, jer nema valjane analize, a nema niti slučajeva značajnog smanjenja emisija na ovaj način. Energetska efikasnost ne može dati željeno brzo smanjenje emisija, dok god vlade ne postavе programe s dobro fokusiranim ciljevima i praćenjem,
- obnovljivi izvori sigurno pomažu, ali postoji velik broj praktičnih zamjerki kao što su: visoki troškovi, raspoloživost itd., a što onda predstavlja problem naročito zemljama u razvoju. Obnovljivi izvori mogu dati doprinos smanjenju emisija, ali u praksi, osim u zemljama sa značajnim hidro (ili geotermalnim) izvorima, nije vjerojatno da će omogućiti dekarbonizaciju elektroenergetskog sektora dovoljno brzo. Utjecaj nekih obnovljivih izvora energije na okoliš, npr. biomase, je vrlo kompleksan i treba ga oprezno proučiti.
- trgovanje emisijama, teoretski je vrlo razrađeno, ali prate ga praktični problemi i za sada nema primjera koji bi govorili o tome koliko je ova mjera prikladna. Dokazana dugoročna shema je potrebna da bi trgovanje emisijama dalo očekivani rezultat, a trenutačno smo daleko od toga,
- ukidanje subvencija na fosila goriva može biti prvi korak u borbi s klimatskim promjenama. Međutim, obično su subvencije post-

All these measures have their advantages and disadvantages. Disregard for these facts has often led to undesired results. That may be the reason why very few governments have made an efficiency analysis of their own policies and measures by applying all relevant sustainable development criteria. Indeed, in spite of a great number of measures, the results are disappointing.

The WEC study has tried to make such an analysis, which, however, is too sizeable and complex for this article. But it has resulted in a number of recommendations for governments as these will define their policies and measures to address this important area.

### 3.3 Recommendations

- fuel tax is an important but not a perfect instrument, primarily because of its impact on competition and accessibility, as well as long-term reliability vital for investment promotion. Taxes are a particularly burdensome option for developing countries and for that reason cannot be a cornerstone of a common global solution. Taxes have fallen during the past ten years and are mostly levied on motor fuels, because they impact government revenues rather than consumer behaviour. Their real contribution to emission reduction is thus limited,
- energy end-use efficiency is important, as it facilitates progress on all 3 A's. Unfortunately, in absence of a proper analysis it is not known how the existing programmes contribute to it. Besides, there is no significant emission reduction on that account. Energy efficiency cannot yield the desired rapid emission reduction as long as governments do not launch programmes with well focused goals and monitoring,
- renewables surely help, but there are many practical objections, such as: high costs, availability, etc., which poses problems, especially to developing countries. Renewables may contribute to emission reduction, but in practice, except for countries with significant hydro (or geothermal) potentials, they are not likely to open the way to the decarbonisation of the energy sector any time soon. The environmental impact of some renewables, biomass for example, is highly complex and should be carefully studied,
- emissions trading is highly elaborated, but accompanied by practical problems, and at present there are no examples suggesting how much this measure is suitable. A proven long-term scheme is needed for emissions trading to yield expected results. For now we are far from it,
- abolition of subsidies on fossil fuels may be the first step in coping with climate change. How-

- avljene s razlogom i za mnoge zemlje u razvoju su važno i teško pitanje,
- regulativa i standardi su važni i čine dio svake politike i mjera, ali ih treba stvarati i kontrolirati pažljivije nego do sada kako bi postali zaista efikasni,
  - dobrovoljni ugovori, informacije i svijest o problemu kao i drugi slični pristupi važni su u promociji fleksibilnosti i prihvatljivosti i vrlo dobro funkcioniraju u nekim zemljama. Međutim, oni nisu dovoljni sami po sebi da bi došlo do značajnog smanjenja emisija globalno.

A ključno područje koje nije dovoljno istraženo je područje tehnologija. Mogućnosti smanjenja emisija koristeći postojeće kao i tehnologije u razvoju su goleme. Postojeće mogućnosti transfera tih tehnologija od razvijenog svijeta prema svijetu u razvoju nisu adekvatne. Više pozornosti treba posvetiti razvitku i primjeni prikladnih tehnologija, a razvijeni svijet mora preuzeti vodstvo u ovom području.

### 3.4 Zaključci

Vlade često ignoriraju humanu i socijalnu stranu energije i nisu uspjele svladati kompleksnost energetske sustava, tako da mjere smanjenja emisija često nisu dosegle željeni efekt.

Pri tome treba imati u vidu da:

- niti jedan energetski izvor ne može zadovoljiti svjetske potrebe uz smanjenje emisija istodobno. Stoga sve energetske opcije treba držati otvorene,
- slično, nema politike ili mjere koja može sama dati rješenje ili veći dio rješenja. Sve mjere imaju svoje prednosti i mane,
- nema jedinstvenog pristupa ili kratke liste mjera, koje vrijede svugdje. Zemlje i regije su različite, geografski, prema prirodnim izvorima, klimi i prema zrelosti (razvijenosti) sustava. Stoga svaka zemlja mora uvesti mjere koje odgovaraju njenim prilikama,
- efikasne, konzistentne i predvidljive politike vlada bit će potrebne da osiguraju dugoročno ulaganje u čišće tehnologije.
- međunarodna suradnja je osnova da bi se emisije smanjile,
- prioritetna područja koja mora obuhvatiti međunarodna strategija o promjeni klime: dekarbonizacija proizvodnje električne energije, što manji porast emisija iz transporta, razvoj prometnih alternativa bez ugljika, te novi napor na razvoju tehnologija i njihove primjene.

- ever, subsidies are usually introduced with a reason and for many developing countries are an important and difficult issue,
- regulations and standards are important and are a part of any policies and measures, but they should be drawn up and controlled with more care than has been the case so far in order to make them truly efficient,
  - voluntary contracts, information, problem awareness and other similar approaches are important in the promotion of flexibility and acceptability and function very well in some countries. However, they alone cannot bring about any major emission reduction globally.

A key area not sufficiently explored is technology. Potentials for emission reduction by using the existing and developing technologies are vast. The existing channels for the transfer of these technologies from the developed to the developing world are inadequate. More attention should be paid to the development and application of suitable technologies and the developed world should take the lead in this field.

### 3.4 Conclusions

Governments often ignore the human and social side of energy and have not managed to master the complexities of energy systems, so that the emission reduction measures often have not produced the desired effect.

In this regard the following should be kept in mind:

- no single energy source can meet global needs with emission reduction simultaneously. Hence all options should be kept open,
- likewise, there is no policy or measure which alone can provide a solution or a greater part of the solution. All the measures have their advantages and disadvantages,
- there is no single approach or a shortlist of universally valid measures. Countries and regions differ in terms of geography, natural resources, climate and system maturity. That is why each country is supposed to introduce measures suited to its specific conditions,
- efficient, consistent and predictable government policies will be required to ensure long-term investment in cleaner technologies,
- international cooperation is a basis for emissions reduction,
- priority areas to be tackled by the international climate change strategy: decarbonisation of electricity generation, minimum increase in transport emissions, development of carbon-free transport alternatives, and a new effort in developing technologies and their application.

### 3.5 Put u budućnost niskog ugljika

Desetljeća će biti potrebna, čak i uz primjenu najefikasnijih mjera i tehnologija, da se postignu značajne redukcije CO<sub>2</sub>, najviše zbog visokih troškova i vremena potrebnog za zamjenu postojeće i izgradnju nove infrastrukture. Prema IEA, sljedećih 25 godina trebat će godišnje 800 milijardi američkih dolara kako bi se zadovoljile svjetske energetske potrebe. Da bi ta investicija bila povoljna i s aspekta klimatskih promjena, još je veći izazov, no realizacija je moguća i to kroz tri faze:

#### 3.5.1 Faza I: Vjerodostojni ciljevi i sporiji rast emisija do 2015.

Ova faza će početi kada se postigne globalni dogovor oko smanjenja stakleničkih plinova, naročito CO<sub>2</sub>. Nakon toga, napredak će ovisiti o povećanju efikasnosti i smanjenju intenziteta ugljika kod proizvodnje i potrošnje energije, naročito u sektoru električne energije. Mjere mogu uključivati dugoročne olakšice poreza na ugljik s naglaskom na promociju takvih investicija, potporu za proizvodnju električne energije tehnologijom niskog ugljika, jačanje proizvodnje iz obnovljivih izvora energije i inteligentnih sustava isporuke električne energije, te uvođenje tehnologija čistog ugljena naročito u Kini i Indiji.

U transportnom sektoru, treba obuzdati rast emisija kombinacijom mjera: tehničkih, kroz efikasnost vozila, hibridna vozila i biogoriva, te ne-tehničkih, kroz promjenu ponašanja u prometu, poreznu politiku, regulaciju i sl.

Isto tako važno je postići značajno veća ulaganja u tehnološki razvitak i njegovu primjenu. To je ujedno osnova za drugu fazu.

#### 3.5.2 Faza II: Stabilizacija emisija do 2030.

U ovoj fazi treba iskoristiti prednosti novih energetskih infrastruktura i tehnološkog napretka, na području naprednih nuklearnih elektrana i tehnologija spremanja ugljika, koje trebaju omogućiti korištenje fosilnog goriva uz nultu emisiju.

Druge važne tehnologije za smanjenje emisija su napredne solarne termalne tehnologije, ugradbene solarne ćelije i mikro kogeneracija. Nadalje očekuje se napredak u tehnologiji građenja tako da bi zgrade od potrošača mogle postati proizvođači energije. Hibridna vozila, kao i druge slične opcije, uključujući i biogoriva, koja nisu u sukobu s proizvodnjom hrane, mogu značajno doprinijeti smanjenju emisija.

### 3.5 Route to a low-carbon future

Decades will be needed, even with application of the most efficient measures and technologies, to achieve significant CO<sub>2</sub> reductions, mostly due to high costs and the time required to replace existing and build new infrastructure. According to IEA, in the next 25 years USD 800 billion a year will be needed to meet all global energy requirements. Making this investment favourable even from the point of view of climate change is even a greater challenge, but it is possible to achieve through three phases.

#### 3.5.1 Phase I: Credible goals and slower emissions growth to 2015

This phase will start once a global consensus has been reached on the reduction of greenhouse gases, especially CO<sub>2</sub>. After that progress will depend on improved efficiency and reduced carbon intensity in energy production and consumption, especially in the electricity sector. The measures may include long-term carbon tax relief with emphasis on the promotion of respective investments, support to low-carbon electricity generation technology, intensification of power generation from renewable energy sources and smart electricity supply systems, and the introduction of clean-coal technologies, especially in China and India.

In the transport sector, emissions growth should be curbed through a combination of measures: technical through vehicle efficiency, hybrid vehicles and biofuels, and non-technical through a changed traffic behaviour, tax policies, regulations, etc.

Likewise, it is important to get more investment in technological development and its application. That is a basis for the next stage.

#### 3.5.2 Phase II: Emissions stabilisation to 2030

In this phase advantage should be taken of new energy infrastructures and technological advancements in the field of nuclear power plants and carbon capture and storage technologies, which will allow zero emission fossil fuel power generation.

Other important emission reduction technologies include advanced solar thermal technologies, solar cells and micro-cogeneration. Furthermore, progress is expected in construction technologies aimed to make energy producers out of consumer buildings. Hybrid vehicles along with related options, including biofuels which will not conflict food production, may significantly contribute to emission reduction.



### 3.5.3 Faza III: Održivo smanjenje emisija

Kombinacija čistih energetske izvora i napredna proizvodnja električne energije kao i transporta omogućit će daljnje smanjenje emisija, ali i održivi ekonomski rast na cijelom svijetu. S vremenom tehnologije nulte emisije CO<sub>2</sub> zajedno s naprednim energetske skladištima dovest će do nastajanja post-ugljikova razdoblja. Nuklearna fuzija i razdoblje elektro-vodikove energetike možda će već biti stvarnost, no to sve ovisi o ulaganjima u razvoj i brzom transferu u primjenu.

Svi ovi napori su nužni, ako želimo emisije do 2050. godine vratiti ili čak smanjiti u odnosu na današnje. Radi se o mjerama koje su kratkoročno skupe, no dugoročno ostvaruju dobrobit. U WEC-u se vjeruje da je energetske sektor u mogućnosti dati pozitivan doprinos održivoj budućnosti.

### 3.5.3 Phase III: Sustainable emission reduction

A combination of clean energy sources and advanced electricity generation, as well as transport, will lead to further emission reduction plus sustainable economic growth in all parts of the world. Gradually, zero CO<sub>2</sub> emission technologies together with advanced energy storage will lead to the emergence of a post-carbon era. Nuclear fusion and electro hydrogen energy may well become a reality by that time, but everything will depend on investment in development and prompt transfer into application.

All these efforts are crucial if global CO<sub>2</sub> emissions are to be returned to or below current levels by 2050. These measures are costly in the short run, in the long run they bring profit. WEC believes that the energy sector is able to make a positive contribution to a sustainable future.

## 4 RANJIVOST EUROPE I NJENOG GOSPODARSTVA U OKOLNOSTIMA NEADEKVATNE OPSKRBE ENERGIJOM

Razmatranje pitanja energetske sigurnosti zahtijeva jednoznačnu definiciju tog pojma. U ovom kontekstu energetske sigurnost je definirana kao neprekidna opskrba dovoljnim količinama energije kako bi se podmirile ukupne potrebe, uz prihvatljive cijene pojedinih oblika energije. Početna razmišljanja o problemu sigurnosti opskrbe energijom su bila povezana s fizičkom sigurnosti opskrbe. Dakako da je sigurnost opskrbe energijom povezana s fizičkim rizikom, u mjeri u kojoj je opskrba povezana s energetske infrastrukturom, od proizvodne, preko transportne pa do razdjelne. Međutim, u posljednje vrijeme je briga o sigurnosti opskrbe sve više usmjerena na gospodarstvo, odnosno na okolnosti u kojima je to gospodarstvo pogođeno poremećajima u opskrbi energijom.

Europska komisija (EC) ističe da održavanje energetske sigurnosti treba biti usmjereno na nesmetan razvoj gospodarstva, neprekidnu fizičku raspoloživost uz prihvatljive cijene, istodobno uvažavajući i provodeći brigu za okoliš. Dakle, sigurnost opskrbe nije eksplicitno izražena kroz povećanje energetske samodovoljnosti ili smanjenje energetske ovisnosti, nego je usmjerena k smanjenju rizika koji proizlaze iz energetske ovisnosti.

Osiguranje pouzdane energetske opskrbe je tradicionalno bilo shvaćano kao nešto što je u odgovornosti vlada pojedinih zemalja. Nastojeći

## 4 VULNERABILITY OF EUROPE AND ITS ECONOMY IN THE CONDITIONS OF INADEQUATE ENERGY SUPPLY

A discussion on the issue of energy security requires a clear definition of what energy security exactly means. In this context it is defined as steady supply of sufficient quantities of energy to cover total energy needs at acceptable prices for particular forms of energy. Initial thinking on that issue was linked to the physical security of supply. Of course, security of energy supply is linked to physical risks to an extent in which supply is linked to energy infrastructure, from production through transport to distribution infrastructure. However, recent concerns about secure energy supply are increasingly focused on the economy, or the circumstances in which the economy is affected by disruptions in energy supply.

The European Commission (EC) points out that the maintenance of energy security must be focused on unimpeded economic development and continuous physical availability at acceptable prices, with concurrent care for the environment. Therefore, supply security is not explicitly expressed in terms of energy self-sufficiency or reduced energy dependency, it is rather focused on efforts to reduce risks resulting from energy dependency.

Reliable energy supply was by tradition understood as something within the responsibility of governments. In order to reduce the risk of energy supply interruption, governments used to take various intervening measures, ranging from subsidies to energy producers and consumers based

smanjiti rizik od prekida opskrbe energijom, vlade su u prošlosti poduzimale razne interventne mjere. Te su mjere išle od subvencija proizvođačima ili potrošačima energije zasnovane na domaćim izvorima pa do izravnog dodjeljivanja različitih usluga ili poslova u energetske sektoru. Većina takvih mjera u uvjetima otvorenog energetskeg tržišta nije primjenjiva pa je od iznimne važnosti uspostava mehanizama koji omogućuju sigurnu opskrbu energijom u uvjetima dereguliranog tržišta.

Općenito, liberalizacija popravlja sigurnost opskrbe, povećanjem broja sudionika na tržištu i poboljšanjem fleksibilnosti energetskeg sustava. S druge strane, s liberalizacijom se može pojaviti i neki novi rizik. Primjer je popuštanje (slabljenje) odgovornosti za sigurnost opskrbe. No, u svakom slučaju, glavni učinak liberalizacije je preusmjerenje primarne odgovornosti s vlada prema sudionicima energetskeg tržišta.

Ranjivost energetskeg sustava može biti izražena kao mjera njegove sposobnosti da se odupre negativnim učincima kriznih situacija. To je definirano u kontekstu povećane energetske ovisnosti Europe o uvozu energije i porasta cijena energije posljednjih godina. Tome treba dodati nestabilnu političku klimu u zemljama koje su važni opskrbljivači Europe energijom, kao i relativno velik porast potrošnje energije u zemljama rastućih ekonomija. Ne može se ignorirati ni učinak neizvjesnosti liberalizacije tržišta i dolaska konkurencije na sigurnost opskrbe.

Nužno je uspostaviti mehanizme ili razviti strategiju odgovora europskog gospodarstva na potencijalnu energetskeg krizu uzrokovanu različitim razlozima:

- fizička destrukcija putova opskrbe,
- visoka cijena energenata ili
- nedostatak opskrbnih (rezervnih) kapaciteta.

Da bi to bilo moguće, potrebno je identificirati i vrednovati najvažnije indikatore ranjivosti energetskeg sustava, koji bi se onda koristili za procjenu razine ranjivosti, kako na nacionalnom tako i na regionalnom planu. Iz tih indikatora trebaju proizaći prijedlozi ili mjere koje bi trebali poduzeti energetskeg subjekti, a i oni koji donose administrativne odluke na energetskeg tržištu, kako bi se zajedničkim djelovanjem svih negativni učinci energetskeg kriznih situacija sveli na najmanju moguću mjeru.

#### 4.1 Indikatori ranjivosti

Uvođenje indikatora ranjivosti čini jednostavnijim razumijevanje kompleksnosti različitih odnosa koji karakteriziraju energetiku i ekonomiju unutar šireg konteksta EU. Uz te indikatore lakše je usredotočiti se na one elemente ekonomije i energetike koji

on domestic resources to direct awards of various services or contracts in the energy sector. Most of these measures are not applicable in the conditions of an open energy market, so it is extremely important to put mechanisms in place which will ensure secure energy supply in the conditions of deregulated markets.

Generally, liberalisation improves the security of supply through an increased number of market participants and improved flexibility of energy systems. On the other hand, liberalisation may give rise to some new risks. The weakening of the sense of responsibility for supply security is an example. But at any case, the principal effect of liberalisation is the shifting of primary responsibility from governments to energy market stakeholders.

The vulnerability of an energy system may be defined as a measure of its capability to withstand the adverse effects of crisis situations. This is defined in the context of Europe's increased dependency on energy imports and increased energy prices in recent years. Add to it the political instability in the countries which are Europe's major energy suppliers, plus a relatively substantial increase in energy consumption in the countries of emerging economies. Neither can one ignore the impact of the uncertainties of market liberalisation and the appearance of competitors on the security of supply.

It is necessary to establish mechanisms or develop a strategy of response by the European economy to a potential energy crisis caused by various factors, such as:

- physical destruction of supply routes,
- high-priced energy sources or
- lack of storage facilities.

To this end, it is important to identify and evaluate the major vulnerability indicators to be used in assessing the national and regional levels of vulnerability. These indicators should result in proposals or measures to be taken by energy stakeholders as well as by policymakers in the area of energy markets and thus through concerted action reduce the adverse effects of energy crises to a minimum.

#### 4.1 Vulnerability indicators

Introducing the vulnerability indicators simplifies the understanding of the complexity of various relationships characterizing the energy sector and the economy in a wider EU context. With these indicators it is easier to concentrate on those economy and energy elements which

povećavaju ili smanjuju ranjivost, ili elemente koji imaju najveći utjecaj na ranjivost sustava.

Energetska ranjivost EU je danas veća nego ikad do sada, i postoji spremnost te dosta visok stupanj suglasnosti da se krene u akcije kojima bi se smanjila vjerojatnost pojave kriznih energetske situacija, s jedne strane, te ekonomski utjecaj na EU gospodarstvo, ako do takvih situacija ipak dođe. EU u posljednje vrijeme s dosta pozornosti prilazi pitanjima kao što su: renesansa nuklearne energije, strateške zalihe (skladišta) plina, smanjenje ranjivosti energetske sektora poboljšanjem energetske učinkovitosti, novi impulsi liberalizaciji energetske tržišta.

Ranjivost energetske sektora je višedimenzionalni problem te je potreban veći broj indikatora [6]. Razlikuje se fizička ugroženost od socio-ekonomske ugroženosti i od ekološkog rizika. U tom smislu, naravno, ne postoji neka potpuno objektivna i transparentna metoda kvantifikacije i usporedbe pokazatelja ranjivosti. U ovom članku su korišteni složeni i jednostavni indikatori, povezani s makroekonomskom razinom, adresirajući ekonomski rizik na razini država.

#### 4.1.1 Globalni i makroekonomski pristup

Iako su energetska ovisnost i ranjivost energetske sustava u određenom smislu povezane, između njih treba praviti razliku. Zemlja koja velik dio svojih energetske potreba pokriva uvozom, ako je taj uvoz dobro diversificiran te ako su uz to troškovi te uvozne energije prihvatljivi, je energetske jako ovisna, ali nije ranjiva u nekoj velikoj mjeri. S druge strane, zemlja koja većinu svojih energetske potreba podmiruje iz vlastitih izvora, ako je to uz neke subvencionirane cijene i uz uporabu zastarjele tehnologije, iako je energetske neovisna može biti vrlo ranjiva. Zemlja može biti ranjiva ako su odluke njene energetske politike diktirane ekonomskim elementima koji su izvan njene kontrole, primjerice, ako cijene energije rastu, a udjel troškova za energiju u važnim gospodarskim granama je visok. Zemlja je ranjiva i ako cijene energije padaju, a ona izvozi energiju, te je prihod od izvoza energije vrlo bitna stavka u državnom proračunu ili je tim padom cijena energije jako snizila stopu povrata na kapital uloženi u investicije u energetske sektoru.

#### 4.1.2 Energetska (ne)ovisnost

Ranjivost može biti jako povezana s velikim stupnjem ovisnosti o uvozu energije. Stupanj ovisnosti se izražava kao omjer neto uvoza energije i ukupne potrošnje energije (primarne). Energetska ovisnost je komplement energetske neovisnosti. Energetska neovisnost, koja se često

increase or decrease vulnerability, or the elements with the strongest impact on the system's vulnerability.

The EU's energy vulnerability is greater today than ever before, so there is readiness and a fair amount of consensus to take steps aimed to reduce the likelihood of energy crises, and, if they still occur, to mitigate their impact on the EU economy. Recently the EU devotes much attention to issues such as: renaissance of nuclear energy, strategic gas reserves (storage), reducing the vulnerability of the energy sector by improving energy efficiency, new impulses to the liberalisation of energy markets.

The vulnerability of the energy sector is a multi-dimensional problem which requires a greater number of indicators [6]. Physical vulnerability differs from socio-economic vulnerability and environmental risks. In this respect there is no objective and transparent method of quantifying and comparing the vulnerability indicators. In this article complex and simple indicators are used, linked to macroeconomic level and addressing the economic risks at state level.

#### 4.1.1 Global and macroeconomic approach

Although energy dependency and energy vulnerability are related to some extent, a distinction should be made between them. A country which a great part of its energy needs covers from imports, provided that these imports are well diversified and the costs of imported energy are acceptable, is very much energy dependent, but is not vulnerable to some substantial degree. On the other hand, a country which most of its energy needs covers from its own resources, if at some subsidised prices and with the use of outdated technology, may be highly vulnerable, albeit energy independent. A country may be vulnerable if its energy policies are determined by economic elements beyond its control, for example, if energy prices are rising and the share of energy costs in the main sections of industry is high. A country is also vulnerable if energy prices are falling and the country exports energy and the income from energy exports is a highly important item in the state budget, or if the drop in energy prices has led to a substantial drop in capital returns on investments in the energy sector.

#### 4.1.2 Energy (in)dependence

Vulnerability may be strongly related to a high dependency on energy imports. The degree of energy dependency is defined as a ratio between net energy imports and total (primary) energy consumption. Energy dependency is a complement to energy independence. Energy independence,

koristi u raznim statistikama, predstavlja dakle omjer domaće proizvodnje i ukupne potrošnje primarne energije.

Stopa energetske neovisnosti nekoliko najvećih zemalja EU u 2005. godini je iznosila: Francuska 50 %, Velika Britanija 92 %, Italija 14 % i Njemačka 35 %.

Osim ukupne stope energetske neovisnosti, važne su stope neovisnosti za pojedini oblik energije (nafta, plin, ugljen, električna energija). Tako je napr. stopa neovisnosti za električnu energiju u Francuskoj 2005. godine bila 104,4 % (neto izvoznik), a za Veliku Britaniju 96,4 %.

Ranjivost elektroenergetskog sektora je znatno čvršće povezana s primarnim energentima za proizvodnju električne energije, nego s ukupnom pokrivenosti potrošnje energije domaćom proizvodnjom. Radi nemogućnosti skladištenja električne energije, važno je razmatrati ne samo prosječnu stopu ovisnosti nego i stopu za pojedini vremenski horizont, koja može biti dosta različita, od godine, preko sezone pa do dnevnih vrijednosti.

Moguće je definirati indikator ovisnosti o geopolitičkom prostoru (ovisnost o Bliskom istoku može biti označena kao visoko rizična).

#### 4.1.3 Koncentracija uvoza

Na određenom stupnju (stopi) ovisnosti o vanjskim opskrbljivačima, veća razina ranjivosti se očekuje ako je dobava iz uvoza koncentrirana na mali broj dobavljača. Moguće je računati indeks koncentracije uvoza. Taj se indeks zove Hirschmann-Herfindal indeks (*HHI*), a predstavlja zbroj kvadrata udjela pojedinih opskrbljivača:

$$HHI = \sum_i s_i^2 \quad (1)$$

gdje  $s_i$  predstavlja udjel (%) pojedinog opskrbljivača u ukupnom uvozu (npr. nafte).

Vrijednost indeksa *HHI* između 8 000 i 10 000 predstavlja visoku koncentraciju uvoza i znači relativno visok stupanj ranjivosti. Ako je ta vrijednost manja od 1 600 to znači dobru diverzifikaciju i relativno nizak stupanj ranjivosti.

Ako se radi o elektroenergetskom sektoru, slučaj korištenja većeg broja primarnih izvora za proizvodnju električne energije (ugljen, nuklearno gorivo, plin, obnovljivi izvori) čiji je udjel izbalansiran, znači niži stupanj ranjivosti. Su-

which is often used in various statistics, is thus a ratio between domestic production and total primary energy consumption.

The rates of energy independence of major EU countries in 2005 were as follows: France 50 %, United Kingdom 92 %, Italy 14 % and Germany 35 %.

Apart from the total rate of energy independence, what is important are the rates of energy independence for a particular form of energy (oil, gas, coal, electricity). For example, in 2005 the independence rate for electricity in France stood at 104,4 % (net exporter), in UK 96,4 %.

The vulnerability of the electricity sector is much more closely linked to primary energy sources for electricity generation than to the overall coverage of energy consumption by domestic production. Due to the impossibility of storing electric power, it is important to consider not only the average rate of dependency but also the rate for a certain time horizon that may widely vary, from one year, through a season to daily values.

It is possible to define the vulnerability indicator in terms of dependence on a geopolitical area (dependence on the Middle East can be described as associated with high risks).

#### 4.1.3 Import concentration

At a certain level (percentage) of dependency on foreign suppliers a greater vulnerability level is expected if imports are concentrated on a limited number of suppliers. The import concentration index can be measured. The index is called Hirschmann-Herfindal Index (*HHI*), it is a sum of the squares of the market shares of all suppliers:

where  $s_i$  is the share (%) of a supplier in total imports (oil, for example).

With *HHI* value ranging between 8 000 and 10 000, the market concentration can be characterised as high and indicates a relatively high degree of vulnerability. If *HHI* stands below 1 600 it means good diversification and a relatively low degree of vulnerability.

When it comes to the electricity sector, the use of a greater number of primary sources for electricity generation (coal, nuclear fuel, gas, renewables), the share of which is well balanced, means

protno tome, velika zastupljenost plinskih elektrana kombiniranog ciklusa, što je u posljednjem desetljeću bila najjeftinija opcija, izrazito će povećati stupanj ranjivosti.

#### 4.1.4 Energetska intenzivnost

Energetska intenzivnost je omjer potrošnje primarne energije (izraženo u tonama ekvivalentne nafte – toe) i ostvarenog bruto domaćeg proizvoda (BDP) izraženog npr. u eurima. Poznato je da su industrijalizirane zemlje nakon prvog naftnog šoka (1973. godine), znatno smanjile energetske intenzivnosti. To se postiglo sinergijskom primjenom više mjera, racionalnija potrošnja energije, bolje tehnologije (bolja učinkovitost) i promjenom gospodarskih aktivnosti (veći udjel usluga u ukupnom BDP-u).

Pojačane mjere energetske učinkovitosti mogu europsko gospodarstvo učiniti otpornijim na fluktuaciju cijena energije. Postoji još uvijek znatan potencijal smanjenja energetske intenzivnosti u novim zemljama članicama EU, čije je gospodarstvo u tranziciji. Strukturnim promjenama u gospodarstvu tih zemalja (Poljska, Slovačka, Mađarska, Rumunjska, Bugarska) moguće je znatno smanjiti energetske intenzivnosti.

#### 4.1.5 Sadržaj ugljika u primarnim energentima

S porastom zabrinutosti zbog klimatskih promjena, emisije stakleničkih plinova, osobito CO<sub>2</sub>, će biti sve više penalizirane, kako u Europi, tako i u ostalim dijelovima svijeta. Emisija CO<sub>2</sub> iz energetskog sektora najviše ovisi o strukturi ukupne potrošnje primarne energije. Zemlje kao Poljska ili Grčka imaju visok udjel ugljena u strukturi ukupne potrošnje energenata te su stoga njihovi energetski sektori, a time i gospodarstva vrlo osjetljivi na penalizaciju CO<sub>2</sub> emisije.

#### 4.1.6 Uvođenje novih tehnologija

Energetska ranjivost može biti posljedica nemogućnosti (nesposobnosti) zemlje da prati i primjenjuje nove tehnologije (nuklearna, obnovljivi izvori, istraživanje-proizvodnja nafte i plina, gorivne ćelije i sl.) pa je primorana ići u nekom svom vlastitom energetske smjeru.

#### 4.1.7 Ostali čimbenici

Radi karaktera indikatora ranjivosti njihova potpuna kvantifikacija je vrlo komplicirana. Kreatori planova ili strategija kojima je cilj smanjenje ranjivosti, suočeni su s mnogim zaprekama kod prihvaćanja njihovih projekata. Bitnu ulogu u tome ima stav javnosti prema lokacijama novih elektrana ili prijenosnih vodova.

a lower degree of vulnerability. On the other hand, a high share of combined cycle gas power plants, which in the past ten years was the cheapest option, will substantially increase the level of vulnerability.

#### 4.1.4 Energy intensity

Energy intensity is the ratio of primary energy consumption (expressed in tons of oil equivalent – toe) and achieved GDP expressed, for example, in EUR. It is a well-known fact that after the first oil shock (1973) the industrialised countries considerably reduced their energy intensity. This was accomplished through a synergic application of a number of measures, more rational energy consumption, better technology (improved efficiency) and a change in the structure of the economy (a higher share of services in GDP).

Intensified energy efficiency measures may make the European economy less vulnerable to fluctuations in energy prices. There is still a significant potential to reduce energy intensity in the new Member States with economies in transition. Through structural changes in the economies of these countries (Poland, Slovakia, Hungary, Romania, Bulgaria) it is possible to greatly reduce energy intensity.

#### 4.1.5 Carbon content in primary fuels

With the rising concern about climate change, emissions of greenhouse gases, especially CO<sub>2</sub>, will be increasingly penalised, both in Europe and the rest of the world. CO<sub>2</sub> emissions from the energy sector largely depend on the structure of overall primary energy consumption. Countries like Poland or Greece have a high share of coal in the structure of fuel consumption, so their energy sectors, and thereby their economies, are highly sensitive to the penalisation of CO<sub>2</sub> emissions.

#### 4.1.6 Introduction of new technologies

Energy vulnerability may be a result of the inability (incapability) of a country to keep abreast with and apply new technologies (nuclear, renewables, oil and gas prospecting and production, fuel cells, etc) and is forced to go its own energy way.

#### 4.1.7 Other factors

Due to the character of the vulnerability indicators, their quantification is highly complicated. Planners or strategy makers aiming to mitigate vulnerability are faced with many obstacles in the acceptance of their projects. The crucial role in this respect is played by the public attitude concerning the location of new power plants or transmission lines.

Međunarodni odnosi su također jedan od vrlo bitnih čimbenika koji utječu na energetska ranjivost pojedinih zemalja. Političke napetosti, kao na primjer između Rusije i njenih susjeda (Ukrajina) su znatno pridonosile povećanju rizika ili ranjivosti u plinskom sektoru.

Neki politički lideri i lideri iz industrijskog sektora smatraju da kontrola energetskega sektora od strane nekih stranih tvrtki ili financijskih institucija povećava ranjivost energetskega sektora pojedine zemlje, u odnosu na situaciju kad je energetska sektor kontroliran od strane domaćih aktera.

#### 4.2 Ranjivost sektora potrošnje u energetska kriznim situacijama

Energija je preduvjet ekonomskog razvoja i svekolikog napretka društva u cjelini. Raspoloživost dovoljnih količina energije, po prihvatljivoj cijeni, je nužna za smanjenje siromaštva, za porast ljudskog blagostanja, odnosno porast životnog standarda. Po prirodi stvari potrošači (kupci) energije su više suočeni, pa samim time i više brinu o energetska uslugama nego o energetska izvorima.

Iza energetska usluga stoji kombinacija suvremene tehnologije, infrastrukture, ljudskog rada, znanja, financija, materijala i energenata. Na kvalitetu energetska usluga utječu:

- okolnosti u gospodarstvu, razina i distribucija dohotka, pristup kapitalu, cijene i uvjeti tržišta,
- demografija: populacija, aktivna radna snaga, veličina obitelji, stupanj urbanizacije,
- zemljopisni položaj (klimatski uvjeti),
- tehnološka osnova, razina inovativnosti, pristup istraživanjima i razvoju,
- bogatstvo prirodnim resursima i pristup domaćim izvorima energije,
- stil života, mobilnost, individualni i društveni prioriteti te kulturne navike,
- politički čimbenici koji definiraju ekonomske parametre, standardi energetske opskrbe i zaštite okoliša i
- zakoni, institucije i regulatorni okvir.

Struktura i razina zahtjeva za energetska uslugama, zajedno s karakteristikama trošila određuju veličinu finalne potrošnje energije.

Razmatrajući osjetljivost potrošača energije u Europi na energetska krizu važno je analizirati strukturu europske ekonomije i vidjeti kako energetska oblici i njihove cijene utječu na izbor i ponašanje potrošača u uvjetima prigušenog gospodarskog razvitka i rasta. Očigledno je da

International relations are another very important factor influencing the energy vulnerability of a country. Political tensions, such as those between Russia and its neighbours (Ukraine) have greatly heightened the risk or vulnerability in the gas sector.

Some political and industrial leaders believe that the control of the energy sector by some foreign companies or financial corporations increases the vulnerability of the energy sector of a country when compared with a situation where the energy sector is controlled by domestic players.

#### 4.2 Vulnerability of the consumer sector in energy crises

Energy is a precondition for any economic development and social progress in general. Availability of sufficient quantities of energy at affordable prices is vital for the mitigation of poverty, the growth of prosperity or living standards. It is in the nature of energy consumers that they are more confronted and thereby more concerned with energy services than with energy sources.

Energy services depend on a combination of modern technology, infrastructure, labour, knowledge, finances, materials and energy sources. The quality of energy services is influenced by:

- economic conditions, income level and distribution, access to capital, prices and market conditions,
- demography: population, active workforce, family size, degree of urbanisation,
- geographical position (climate conditions),
- technological basis, innovation level, access to research and development,
- natural resources and access to domestic energy sources,
- lifestyle, mobility, individual and social priorities and cultural habits,
- political factors that determine economic parameters, energy supply and environmental protection standards and
- legislations, institutions and regulated framework.

The structure and level of the demand for energy services, together with load characteristics, determine the amount of final energy consumption.

In studying the vulnerability of European energy consumers to energy crises it is important to analyse the structure of the European economy and see how the forms of energy and their prices influence the consumers' choice and behaviour in the conditions of restrained economic development and growth. It is obvious that rising energy

značajan rast cijena uzrokuje povećanje udjela troškova za energiju u ukupnom BDP, što ima za posljedicu smanjenje gospodarskih aktivnosti, smanjenje zaposlenosti i lošije socijalne uvjete.

U gospodarstvu EU se reflektiraju strukturne promjene nastale modernizacijom i prilagodbom globalnim gospodarskim procesima. Udjel industrijskog sektora u novostvorenoj vrijednosti u gospodarstvu EU će značajno opadati u budućnosti, uzme li se u obzir porast novijih industrijskih aktivnosti koje imaju veliku novostvorenu vrijednost, a nisu intenzivne ni po potrošnji materijala ni energije (računalna oprema, kozmetika i sl.). Za uspostavljeni dugoročni trend restrukturiranja EU gospodarstva, gdje se od primarnih i sekundarnih sektora prelazi na uslužni sektor, očekuje se da će se nastaviti i u budućnosti. Međutim, iako je udjel industrijskog sektora u BDP-u relativno niži, još uvijek će industrijski sektor biti energetske intenzivan i to će ga karakterizirati još dugi niz godina.

Europski potrošači su osjetljivi na energetske krizne situacije. Stupanj osjetljivosti ovisi o više čimbenika, kao što su energetska intenzivnost, sposobnost promjene energenta ili pak sposobnost predviđanja i pripreme za takvu situaciju. Može se ustvrditi da je industrija spremnija na krizne situacije nego sektor prometa.

Ključni element za razvoj potrošnje energije su cijene energije. Razni sudionici (zaposlenici, poduzeća, dioničari, potrošači, investitori) konzumiraju različit dio od visokog porasta cijena, pa je i njihova pozicija u takvim okolnostima različita. Porast cijena energije se reflektira na obje strane, strani potrošnje i na strani opskrbe. Jedna od mogućih reakcija na to je kod opskrbljivača promjena udjela pojedinog primarnog energenta, a kod potrošača poboljšanje, odnosno smanjenje energetske intenzivnosti.

#### 4.3 Ovisnost zemalja EU o uvozu energije

Zemlje EU-27 kao cjelina imaju relativno visoku razinu energetske ovisnosti o uvozu. Ovaj indikator je naveden kao jedan od ključnih indikatora ranjivosti energetske sustava. Definira se, dakle, kao omjer neto uvoza energije i ukupne domaće potrošnje. Tablica 1 prikazuje ovisnost 27 zemalja EU o uvozu fosilnih goriva.

prices result in a rising share of energy costs in GDP, which in turn leads to a slump in the economy, lower rate of employment and worsened social conditions.

The EU economy reflects the structural changes arisen from modernisation and adaptation to global economic processes. The share of the industrial sector in the newly created value in the EU economy will be significantly declining in the future, given the increase in new industries characterised by a high newly created value without being intensive in terms of material and energy consumption (computer hardware, cosmetics, etc). The established long-term trend of the restructuring of the EU economy, where the primary and secondary sectors give way to the service sector, is expected to continue in the future. However, while the share of the industrial sector in GDP is relatively lower, the industrial sector will still remain energy intensive and will remain so for many years to come.

European consumers are vulnerable to energy crises. The degree of vulnerability depends on a number of factors, such as energy intensity, capability to change energy sources or capability to anticipate and make arrangements for such situations. The industrial sector can be said to be readier for crises than the transport sector.

The key element in the energy consumption development are energy prices. Various players (employees, enterprises, shareholders, consumers, investors) have different stakes in the rising prices and, consequently, their position under such circumstances varies. Higher energy prices are reflected on both the consumption side and the production side. A possible response to it among the suppliers is to change the share of a particular primary energy source and among the consumers to improve or reduce energy intensity.

#### 4.3 Energy import dependency of EU countries

EU-27 countries as a whole have a relatively high level of energy import dependency. This is one of the key vulnerability indicators. It is defined as a ratio of net energy import and total domestic energy consumption. Table below shows the dependency of 27 EU countries on the imports of fossil fuels.

Tablica 1 – Uvozna ovisnost 27 zemalja EU 2004. godine [%]  
Table 1 – Import dependency of 27 EU countries 2004 [%]

|                                   | Ukupno goriva /<br>Total fuels | Ugljen / Coal | Nafta / Oil | Prirodni plin /<br>Natural gas |
|-----------------------------------|--------------------------------|---------------|-------------|--------------------------------|
| Belgija / Belgium                 | 78,9                           | 101,4         | 99,8        | 99,9                           |
| Češka / Czech Republic            | 25,3                           | -17,2         | 93,6        | 91,1                           |
| Danska / Denmark                  | -47,9                          | 101,4         | -116,8      | -79,7                          |
| Njemačka / Germany                | 61,3                           | 32,3          | 94,8        | 83,7                           |
| Estonija / Estonia                | 28,5                           | 6,2           | 73,8        | 100,0                          |
| Grčka / Greece                    | 72,7                           | 5,1           | 104,8       | 97,5                           |
| Španjolska / Spain                | 77,4                           | 67,2          | 99,4        | 97,8                           |
| Francuska / France                | 50,5                           | 94,4          | 98,3        | 96,2                           |
| Irska / Ireland                   | 86,5                           | 78,2          | 93,4        | 81,2                           |
| Italija / Italy                   | 84,5                           | 101,1         | 93,3        | 83,8                           |
| Cipar / Cyprus                    | 94,6                           | 70,7          | 98,8        | -                              |
| Letonija / Lithuania              | 63,5                           | 94,0          | 99,2        | 130,5                          |
| Litva / Latvia                    | 48,0                           | 91,4          | 94,2        | 100,0                          |
| Luksemburg / Luxemburg            | 98,2                           | 100,0         | 99,6        | 100,0                          |
| Mađarska / Hungary                | 60,8                           | 32,9          | 76,8        | 79,2                           |
| Malta / Malta                     | 100,0                          | -             | 100,0       | -                              |
| Nizozemska / Netherlands          | 30,7                           | 98,7          | 95,5        | -67,7                          |
| Austrija / Austria                | 70,8                           | 95,1          | 95,0        | 78,8                           |
| Poljska / Poland                  | 14,7                           | -26,8         | 94,0        | 68,3                           |
| Portugal / Portugal               | 83,6                           | 95,2          | 97,8        | 100,0                          |
| Slovenija / Slovenia              | 52,1                           | 21,8          | 101,6       | 99,5                           |
| Slovačka / Slovakia               | 67,6                           | 83,2          | 91,9        | 103,3                          |
| Finska / Finland                  | 54,4                           | 73,3          | 96,0        | 100,0                          |
| Švedska / Sweden                  | 36,5                           | 85,3          | 97,8        | 100,0                          |
| Velika Britanija / United Kingdom | 5,2                            | 59,0          | -15,3       | 1,7                            |
|                                   |                                |               |             |                                |
| EU-25 / EU-25                     | 50,5                           | 38,2          | 80,2        | 54,5                           |
|                                   |                                |               |             |                                |
| Bugarska / Bulgaria               | 48,0                           | 40,4          | 98,3        | 95,8                           |
| Rumunjska / Rumania               | 30,2                           | 34,0          | 46,6        | 29,5                           |

Ukupna energetska ovisnost o uvozu zemalja EU-25 je 2004. godine bila 50,5 % (godine 1995. ta je ovisnost iznosila 43,5 %). Ono što je vrlo bitno za procjenu ranjivosti energetskog sustava je činjenica da ta ovisnost raste iz godine u godinu. Očekuje se da će do 2030. godine ta razina ovisnosti preći 70 %.

Promatra li se ta ovisnost po pojedinim energentima (fosilna goriva) onda je očekivano najveća ovisnost o uvozu nafte i u 2004. godini je iznosila 80,2 %.

Ranjivost naftnog tržišta u opskrbi zemalja EU je povezana s velikim brojem čimbenika rizika

Total energy import dependency of EU-25 countries in 2004 was 50,5 % (in 1995 it was 43,5 %). What is very important for the assessment of energy vulnerability is the fact that it is rising from year to year. By 2030 the level of dependency is expected to exceed 70 %.

If viewed by energy sources (fossil fuels), the highest energy dependency is expectedly on oil imports and in 2004 it stood at 80,2 %.

The vulnerability of the EU oil supply market is associated with many risk factors and uncertainties. Apart from physical damage on the production, transport, processing and storage infrastructure,



i neizvjesnosti. Osim fizičkih oštećenja proizvodne, transportne, prerađivačke i skladišne infrastrukture, tu je, i to znatno češće, značajna promjena (rast) cijena. Kako bi ublažile ranjivost koja je rezultat ovisnosti o nafti i porasta cijena zemlje EU trebaju poduzeti odgovarajuće mjere, uključivo smanjenje potrošnje, osobito u sektoru prometa, a i u drugim gospodarskim granama koje su zasnovane na korištenju nafte i naftnih derivata. Tome treba pridodati alternativna energetska rješenja (biogoriva) te jako inzistirati na povećanju energetske učinkovitosti.

Kad se radi o prirodnom plinu energetska ovisnost o uvozu je 54,5 %. S geološkog motrišta u svijetu ima dovoljno prirodnog plina za nadolazeće dekade. Međutim, nova plinska nalazišta se nalaze u jako udaljenim područjima od Europe, a neka od njih i u relativno teškim klimatskim uvjetima. Stoga će troškovi proizvodnje plina na tim nalazištima biti prilično visoki, a golema ulaganja će biti potrebna u prijenosne sustave.

Potrošnja plina u EU stalno raste. Najveći dio potrošnje će biti u sektoru grijanja (uključujući i centralizirano), industrijskom i elektroenergetskom sektoru. Posljednji porast cijena plina je izazvao određene sumnje u buduću ekonomičnost plina u proizvodnji električne energije. Za podmirivanje rastuće potrošnje ključne regije za opskrbu EU su Rusija, Norveška i sjeverna Afrika. Uvjet za redovitu opskrbu je razvoj novih plinovoda, a radi diversifikacije izgradnja novih LNG terminala.

Kako bi se ranjivost plinskog sektora EU smanjila, jedan od prioriteta je i razvoj novih skladišnih kapaciteta (podzemna skladišta).

Energetska ovisnost EU o ugljenu je u 2004. godini bila 38,2 %. Svjetsko tržište ugljena je u stalnom porastu. U usporedbi s hidrokarbonatima, rizici u opskrbi ugljenom su bitno niži. Europa ima značajne rezerve ugljena i može u slučaju potrebe aktivirati i neke od rudnika koji su zatvoreni radi upitne ekonomičnosti. Ono što dodatno situaciju s ugljenom čini boljom je to da nema problema sa skladištenjem ugljena. Uz nedavni porast cijena plina ugljen izgleda kao prihvatljiva opcija za proizvodnju električne energije i kao takav može ostati najmanje do 2020. godine. Izdavanje i spremanje CO<sub>2</sub> (CCS – *Carbon Capture and Storage*) u duboka podzemna ležišta ostaje veliki izazov za europski sektor ugljena i ako se postigne komercijalna primjena CCS tehnologije uloga ugljena u ublažavanju ranjivosti EU energetske sektora će i dalje biti vrlo značajna.

there is the much more frequent price increase. In order to mitigate their vulnerability caused by dependence on oil and rising prices, the EU countries should take appropriate measures, including consumption reduction, especially in the transport sector as well as in other oil-based sectors of the economy. Added to it should be alternative energy solutions (biofuels) plus strong insistence on improved energy efficiency.

When it comes to natural gas, energy import dependency is 54,5 %. From the geological point of view, the reserves of natural gas suffice for the coming decades. However, new natural gas fields are located far from Europe, some of them in relatively inaccessible and climatically forbidding areas. For that reason the costs of gas production in these areas will be rather high and huge investments in transmission systems will be needed.

Gas consumption in the EU is steadily on the rise. The most part of it will be in the heating sector (including central heating), and the sectors of industry and electric power generation. The latest price hikes have aroused certain doubts about the future economic feasibility of gas for electricity generation. The key regions for meeting the EU's rising supply needs are Russia, Norway and North Africa. The condition for regular supplies is the construction of new gas lines, as well as the construction of new LNG terminals to ensure diversification.

In order to reduce the vulnerability of the EU's gas sector, one of the priorities is to develop new (underground) storage capacities.

The EU's energy dependency on coal in 2004 was 38,2 %. The world coal market is expanding. Compared to hydrocarbons, the coal supply risks are much lower. Europe has significant coal reserves and, if needed, can reactivate some coal mines which were closed due to their questionable profitability. One of the advantages of coal is that its storage is no problem. Considering the recent increase in gas prices, coal appears as an acceptable option for electricity generation and can stay so at least until 2020. Yet the carbon capture and storage in deep underground geological formations remains a big challenge to the European coal sector and if a commercially feasible application of CCS technology is achieved, the role of coal in mitigating the EU's energy vulnerability will continue to be highly important.

#### 4.4 Ranjivost tržišta električne energije

Sigurnost opskrbe električnom energijom se može definirati kao sposobnost elektroenergetskog sustava da održi definiranu razinu kontinuiteta i kvalitete opskrbe potrošača, u skladu s vrijedećim standardima i ugovorenim uvjetima.

Nije ni potrebno puno naglašavati koliko je električna energija važna za funkcioniranje i razvoj modernog društva. Električna energija može nadomjestiti ili zamijeniti veći broj energetske oblike i relativno jednostavno i jeftino može biti dovedena do potrošača.

U liberaliziranom tržištu treba činiti napor da bi se električna energija dovela kupcima uz konkurentnu cijenu, da bi kvaliteta opskrbe bila na traženoj razini i da bi utjecaj na okoliš i zdravlje ljudi bio minimiziran. Da bi se to uspjelo u sagledivoj budućnosti, trebaju biti ispunjena tri preduvjeta: dovoljno proizvodnih kapaciteta za podmirenje potražnje, adekvatna mrežna infrastruktura i razrađene tehničke i administrativne pogonske procedure. Dakako, elektroenergetski sektor u takvim uvjetima nije omeđen nacionalnim (državnim) granicama.

U prošlim desetljećima, dakle i prije liberalizacije elektroenergetskog sektora, Europa je već iskusila ili proživjela razdoblje sigurne opskrbe električnom energijom. U tom razdoblju, u pojedinim zemljama sigurnu opskrbu je najčešće osiguravala jedna, vertikalno integrirana tvrtka koja je u najvećem broju slučajeva bila u državnom vlasništvu. Pouzdana opskrba je bila kao nešto neupitno, ali je sav rizik vezan za cijene, odnosno investicije, bio prebačen na stranu kupaca.

Izvjesno je da će europski elektroenergetski sektor u nadolazećim godinama i desetljećima biti kapitalno vrlo intenzivan, a time i kapitalno vrlo osjetljiv. Uz stalni porast potražnje električne energije, sa starenjem elektrana i izlaskom iz pogona mnogih postojećih te povećanom potrebom investiranja u obnovu postojeće i izgradnju nove mreže, intenzitet ulaganja će biti vrlo visok. Te investicije će se ostvarivati u bitno izmijenjenim okolnostima u odnosu na prošlost.

U posljednjem desetljeću je prirodni plin povećao svoj udjel u proizvodnji električne energije. Ako bi se takav trend nastavio do razine velike ovisnosti o plinu, onda bi rizik izražen kao vjerojatnost problema u opskrbi, postao prilično velik.

Sigurnost opskrbe će ovisiti o tome kako učinkovito funkcionira tržište. Harmonizacija pravila u pojedinim zemljama i regijama je nužnost. Pravila trebaju biti zasnovana na logici

#### 4.4 Vulnerability of the electricity market

The security of electricity supply can be defined as the ability of the electrical power system to provide electricity to end-users with a specified level of continuity and quality in accordance with the existing standards and contractual agreements.

It is hardly necessary to point out how important electrical power is for the functioning and development of modern society. Electricity can substitute or replace a number of energy forms and is relatively easy and cheap to bring to the end-user.

In a liberalised market efforts should be taken to bring electricity to the end-user at competitive prices, to maintain the quality of supply at the required level and with minimum impact on the environment and human health. To succeed in it in the foreseeable future, three conditions must be fulfilled: sufficient production facilities to meet demand, adequate network infrastructure, and established technical and management operational procedures. Needless to say, in such circumstances the electricity sector is not limited by national borders.

In the past decades, before the liberalisation of the electricity sector, Europe already experienced and lived through a period of secure electricity supply. In that period in some countries secure supply was provided by one vertically integrated, mostly state-owned company. Reliable supply was something unquestionable, but complete price or investment related risk rested on the users.

In the coming years and decades the European electricity sector will certainly be highly capital intensive and thereby highly capital sensitive. With a steady increase in electricity, with the aging of power plants and phasing out of many existing ones and with a greater need to invest in the reconstruction of the existing network and construction of new ones, the investment intensity will be very high. These investments will take place under essentially different circumstances compared to those in the past.

Over the past decade natural gas increased its share in power generation. If this trend were to continue up to the level of massive dependency on gas, the risk expressed as the likelihood of supply problems would become quite high.

Supply security will depend on how efficiently the market will function. Harmonisation of rules in individual countries and regions is a necessity. Rules should be based on the logic of system development planning, not on the territory of a state. A very important role in all this is played by system operators and regulators. The construction

planiranja razvoja sustava, a ne na razini teritorija pojedine države. Vrlo važnu ulogu u svemu tome imaju operatori sustava i regulatori. Sada se gradnja proizvodnih, a i prijenosnih, kapaciteta ne odvija uz kriterij samodovoljnosti jedne, vertikalno integrirane tvrtke, nego prema ekonomskim (i naravno ekološkim) kriterijima. U takvim uvjetima su povećani tranzitni tokovi i pojedini prijenosni vodovi su često opterećeni do njihovih fizičkih granica. Eventualne ispade pojedinih elemenata sustava (elektrane i vodovi) je sve teže zadržavati na relativno malom prostoru. Opasnost od domino efekta (koji dovodi do raspada sustava većih razmjera) je sada veća.

Procedure za dobivanje dozvola za gradnju novih kapaciteta trebaju biti jasne i ne smiju predugo trajati.

#### 4.5 Zaključci i prijedlozi

Dugoročno promatrano, opskrbeni energetska sustav EU je potencijalno ranjiv radi nekoliko ključnih razloga:

- porast ovisnosti o uvozu energije,
- geopolitička nestabilnost zemalja koje opskrbljuju energijom EU,
- nedovoljne investicije (izgradnja) u energetska/elektroenergetska infrastrukturu koja bi bila u stanju držati ravnotežu između proizvodnje i potrošnje energije,
- nedovoljna pouzdanost elektroenergetske mreže radi neadekvatnih interkonektivnih kapaciteta.

EU je jedno od najvećih energetska konzumnih područja na svijetu. Proizvodnja energije u zemljama članicama nije dovoljna za podmirenje potreba. Izostanak dovoljnih izvora fosilnih goriva, kao i nemogućnost razvoja drugih energetska izvora definira ranjivost EU u okolnostima otežane opskrbe energijom. Ukoliko se ne poduzmu odgovarajuće mjere, energetska ovisnost o uvozu se očekuje na razini od 70 % u 2030. godini. To bi se odrazilo na ranjivost svih gospodarskih sektora.

Izazov problema zaštite okoliša, deregulacije i tržišta je uveo nove subjekte i nove odnose u energetska sektor. Suočavajući se s tim izazovima EC je u siječnju 2007. godine donijela novi dokument [7] u kome se predlaže uvođenje više pro-aktivnih mjera, kako bi se osigurala buduća opskrba energijom i kako bi potpuno zaživjelo tržište električne energije, što su važni elementi dugoročne održivosti energetska sektora EU. Briga za okoliš, usmjerena najvećim dijelom na promjenu klime, traži uvođenje niza konkretnih i konzistentnih mjera, koje bi mogle imati bitan (negativan) utjecaj na poziciju fosilnih goriva u

of production and transmission capacities today does not evolve by the criterion of self-sufficiency of a single vertically integrated company but by the economic (and, of course, environmental) criteria. In such conditions the transit flows are enlarged and some transmission lines are often loaded to their utmost physical limits. Outages of particular elements of the system (power plants and transmission lines) are increasingly difficult to keep confined to a relatively small area. The danger of a domino effect (leading to a large-scale system breakdown) is now higher than it was before.

Licensing procedures for the construction of new capacities should be clear and should not take too much time.

#### 4.5 Conclusions and proposals

Viewed in a long run, the EU's energy supply system is potentially vulnerable for several key reasons:

- greater energy import dependency,
- geopolitical instability of the countries which supply energy to the EU,
- insufficient investment (construction) in energy/electric power infrastructure which would be able to uphold a balance between energy production and consumption,
- inadequate power grid reliability due to inadequate interconnective capacities.

The EU is one of the largest energy consuming areas in the world. Energy production in the Member States is not sufficient to cover the needs. The absence of sufficient resources of fossil fuels and the impossibility to develop other energy sources define the EU's vulnerability in circumstances of hampered energy supply. Unless appropriate measures are taken, energy import dependency is expected at the rate of 70 % in the year 2030. This would be reflected on the vulnerability of all sectors of the economy.

The challenges of environmental protection and market deregulation have ushered in new players and new relationships to the energy sector. In the face of these new challenges, in January 2007 the EC adopted a new document [7] in which a number of proactive measures are proposed to be introduced so as to secure future energy supply and to make the electricity market fully operable, which are important elements of a long-term sustainability of the EU' energy sector. Care for the environment, largely focused on climate change, requires a series of concrete and consistent measures which in terms of energy balance may have a crucial (negative) impact on the position of fossil fuels. Awareness of this challenge imposes a

energetskoj bilanci. Uvažavajući taj izazov, kao kralježnica sigurnog, stabilnog i konkurentskog tržišta energije nameće se fleksibilna ravnoteža različitih energetskih izvora. To nedvojbeno znači razvoj novih (CCS) tehnologija, razvoj naprednih nuklearnih tehnologija i zbrinjavanja radioaktivnog otpada te povećanje udjela obnovljivih izvora.

## 5 BUDUĆNOST NUKLEARNE ENERGIJE U EUROPI

Oko 45 % instalirane snage u nuklearnim elektranama nalazi se u Europi (od toga najveći dio u EU, osim Švicarske, europskog dijela Ruske federacije i Ukrajine), a 30 % ukupno proizvedene električne energije u Europi se proizvodi u nuklearnim elektranama [8]. Nakon nesreće u Černobilu (1986.), neke su europske zemlje prekinule svoje aktivnosti vezane za izgradnju i pogon nuklearnih elektrana. Svi scenariji za budućnost sugeriraju da će porast potrošnje električne energije biti nastavljen u svim dijelovima svijeta, a osobito u velikim rastućim gospodarstvima Azije. Utrka za energetskim izvorima, prije svega nafte i plina te porast cijena energije će mijenjati svjetsku energetsku scenu, a i ulogu Europe u svemu tome.

Nakon ovakve konstatacije, pojavljuju se određena pitanja. Kako će se te globalne promjene odraziti na Europu? Koliko je ona spremna, s obzirom na činjenicu da će ovisnost o uvozu energije do 2030. godine dostići razinu oko 70 %?

Napori moraju biti usmjereni prema harmonizaciji energetske politike europskih država i prema otvorenom dijalogu sa zemljama od kojih kupuju energiju i onima preko kojih se odvija transport energije prema Europi.

U smislu definiranja svoje energetske budućnosti, Europa je sada na raskrižju. Više od 80 % postojećih elektrana će 2020. godine biti staro 30 ili više godina. To znači da će u razdoblju 2010. do 2030. godine velik broj elektrana izaći iz pogona zbog starosti. Nadoknada tih kapaciteta, uvećano za podmirivanje rastućih potreba je velik izazov, ali ujedno i prilika da se postavi pravi koncept, jer ono što se danas odabere će utjecati na europsku energetsku budućnost sljedećih nekoliko desetljeća. Situacija nije tipična samo za Europu. I u ostalim dijelovima svijeta treba o tome razmišljati i poduzimati primjerene akcije. Svi energetski izvori, uključivo i nuklearna energija, će biti važni u pogledu rješavanja problema kao što su: promjena klime, sigurnost opskrbe i velike oscilacije cijena fosilnih goriva.

need for a flexible balance of different energy sources as the backbone of a secure, stable and competitive energy market. This implies the development of new CCS technologies, advanced nuclear technologies and radioactive waste disposal technologies, as well as an increased share of renewables.

## 5 THE FUTURE OF NUCLEAR ENERGY IN EUROPE

About 45 % of installed power in nuclear power plants is located in Europe (of which the largest portion in the EU, without Switzerland, the European part of the Russian Federation and Ukraine), whereas 30 % of total electrical power produced in Europe is produced in nuclear power plants [8]. After the Chernobyl accident (1986), some European countries interrupted their activities related to the construction and operation of nuclear power plants. All future scenarios suggest that electricity consumption will continue to rise in all parts of the world, especially in the large emerging economies of Asia. Race for energy resources, oil and gas in the first place, will be changing the world's energy scene, including Europe's role in it.

With such a projection, certain questions arise. How will these global changes reflect on Europe? How well is it prepared in view of the fact that by 2030 its energy import dependency will reach a level of 70 %?

Effort must be focused on the approximation of energy policies of the European countries and on an open dialogue with the energy-supplying countries, as well as those through which energy is transported to Europe.

In terms of definition of its energy future, Europe is presently at a crossroads. By 2020 more than 80 % of its existing power plants will be 30 years old or over. In other words, over the period 2010-2030 many power plants will be out of operation due to old age. Replacement of these facilities, plus rising needs, is a big challenge, but also an opportunity to formulate the right concept, because what is chosen today will for decades determine Europe's energy future. The situation is not typical of Europe only. The matter should also be considered and appropriate action taken in other parts of the world. All energy sources, including nuclear energy, will be important in addressing problems such as climate change, supply security and dramatic oscillations in the prices of fossil fuels.

U kontekstu visokog stupnja ovisnosti EU o uvozu energije, nuklearna se energija treba promatrati kao integralni dio mogućeg i već dostupnog rješenja u smislu naprijed navedenih problema. Kao ilustracija moguće uloge nuklearnih elektrana može poslužiti sljedeći primjer: u zemljama EU produžetak pogona nuklearnih elektrana u odnosu na početno definirani rok izlaska iz pogona (tamo gdje je to ekonomski opravdano) može značiti izbjegavanje emisije 700 milijuna tona CO<sub>2</sub> godišnje, što je 15 % do 20 % ukupne godišnje emisije EU [9]. To također može smanjiti rizik od nedovoljne raspoloživosti goriva.

Dosadašnja sigurnost rada nuklearnih elektrana u zemljama EU je usmjerila strah javnosti s pogonskog rizika na problem zbrinjavanja nuklearnog otpada. Nakon nesreće u Černobilu, europski operatori nuklearnih elektrana, u suradnji s tijelima zaduženim i odgovornim za nuklearnu sigurnost su postigli zavidnu razinu sigurnosti u pogonu nuklearnih elektrana, a očekuje se i daljnje poboljšanje na tom području.

Što se tiče nisko i srednje radioaktivnog otpada tehnologije zbrinjavanja su poznate i dostupne. Kod visoko radioaktivnog otpada situacija je bitno složenija. Dok su neke zemlje postigle značajan napredak u procesu koji vodi k izboru lokacija za trajno odlaganje, neke su zemlje tek na početku tog procesa.

Razgradnja starih elektrana je već uključena u ukupne troškove, i dakako da će to imati utjecaj na zbrinjavanje otpada, ovisno o veličini i broju reaktora. Prosječni trošak razgradnje je oko 300 EUR/kW, osim za plinom hlađene reaktore. Gotovo svi operatori nuklearnih elektrana u EU su već rezervirali dovoljno sredstava za pokriće budućih troškova razgradnje, a nekoliko preostalih je već u fazi poduzimanja koraka da ostvare to isto. Diskontirani troškovi razgradnje za nove nuklearne elektrane, koje će trebati prikupljati do izlaska iz pogona nakon 60 godina, kreću se između 0,5 i 1 EUR/MWh.

Osim zbrinjavanja radioaktivnog otpada i razgradnje nuklearnih elektrana, dodatnu zabrinutost javnosti potiče širenje nuklearnih aktivnosti i rizik od terorizma, uz naglašavanje različitosti tog problema na razini pojedine zemlje. Kampanje zasnovane na činjenicama, transparentnost relevantnih institucija i otvorene javne rasprave o nuklearnom pitanju povećavaju svijest i razumijevanje javnosti u vezi s problemima energetske opskrbe i istodobno vode k javnoj potpori nuklearnoj energiji, kao što se to događa u Finskoj, Švedskoj i Francuskoj.

Ne bude li nuklearna energija u stanju nositi se na otvorenom tržištu s drugim tehnologijama proiz-

In the context of Europe's high energy import dependency, nuclear energy should be viewed as an integral part of the possible and already accessible solution to the above mentioned problems. The following example may serve as an illustration of the potential role of nuclear power: In the EU countries the prolonged operation of nuclear power plants in relation to the originally set decommissioning timeline (where economically justified) may mean getting rid of 700 million tons of CO<sub>2</sub> per year, which makes 15 % to 20 % of the EU's total annual emission [9]. This may also reduce the risk of insufficient fuel availability.

Given the excellent operational safety record in Europe, public concerns have shifted from operational risks to nuclear waste management. Since the Chernobyl accident the European operators, in collaboration with authorities responsible for nuclear safety, have achieved a laudable level of safety in the operation of nuclear plants and further improvements in that field are expected.

Technologies for safe management of low and intermediate level nuclear waste are well-known and available. With the high-level radioactive waste the situation is much more complex. While some countries have already made significant progress in the process of selecting sites for final repository, other have just begun the process.

The average cost of decommissioning is around 300 EUR/kW, except for gas-cooled reactors. Almost all nuclear operators in Europe have allocated sufficient funds to cover future decommissioning costs, and the remaining few have already taken steps to do the same. The discounted decommissioning costs for new plants, which will be due for retirement in 60 years, range between 0,5 and 1,0 EUR/MWh.

In addition to nuclear waste management and decommissioning, the public is also concerned with nuclear proliferation and the risk of terrorism, although the emphasis given to these issues varies between the countries. Facts-based information campaigns, transparency of the institutions and an open public debate on nuclear matters are the methods to improve public awareness and understanding of energy issues and have led to public support for nuclear energy in countries like Finland, Sweden and France.

Nuclear energy will have no future if it cannot compete in the open market with other energy production technologies and it will not be able to ensure for itself a greater share in energy

vodnje energije, neće uspjeti sebi osigurati veći udjel u opskrbi energijom. U mnogim europskim zemljama nuklearna energija je konkurentna. Za elektrane koje su već amortizirane ili su pri samom kraju razdoblja amortizacije proizvodni troškovi su do razine 20 EUR/MWh. Takvi proizvodni troškovi su vrlo snažan motiv za produljenje životnog vijeka i povećanje instalirane snage za većinu postojećih elektrana.

Napredne nuklearne tehnologije (treće generacije) su već dostupne i uključene su u najnovije elektrane. Primjer Finske, Francuske, Japana, Rumunjske i Tajvana. Čisti troškovi izgradnje (engl. *overnight cost* – dakle bez cijene kapitala) za velike instalirane snage reaktora su danas u rasponu 1 300 do 1 800 EUR/kW, ovisno o broju reaktora u elektrani i ovisno o učinku serijske proizvodnje (više jednakih jedinica snižava specifičnu cijenu). Ukupni troškovi izgradnje (s cijenom kapitala) ovise o specifičnim uvjetima: lokalni zakoni, porezi, diskontna stopa, ... Uz stabilnu političku situaciju, koju karakterizira jasan regulatorni okvir (lokacije, razgradnja) i uz iskustvo u gradnji nuklearnih elektrana te mogući pozitivni učinak serijske proizvodnje, ukupni proizvodni troškovi se kreću oko 40 EUR/MWh. U izvjesnim specifičnim uvjetima to može biti i do 30 EUR/MWh, ali i do 55 EUR/MWh. Ti troškovi uključuju i razgradnju elektrane i trajno zbrinjavanje radioaktivnog otpada. Naravno da se kod razgradnje i zbrinjavanja otpada ne mogu predvidjeti sve moguće situacije, ali se ne očekuje da bi takve nepredvidivosti mogle povećati spomenuti proizvodni trošak za više od 2 EUR/MWh.

Uz ovakve proizvodne troškove, čak i bez uzimanja u obzir penalizaciju emisije CO<sub>2</sub>, nuklearna energija se čini ekonomski prihvatljivom opcijom.

Zaključno se može reći da je nuklearna energija danas integralni dio europske energetske scene. Hoće li to biti i u budućnosti ovisi o nekoliko sljedećih preduvjeta:

- stabilnost, konzistentnost i predvidivost pravila tržišta, kako bi se osiguralo prihvatljivo okruženje za potencijalne investitore,
- neovisnost i transparentnost tijela koja su zadužena za sigurnost,
- dogovor o zajedničkom, tehnički izvedivom, ekonomičnom i javnosti prihvatljivom okviru za zbrinjavanje radioaktivnog otpada,
- brze i jednostavne procedure za dobivanje dozvola za izgradnju i dozvola za pogon nuklearnih elektrana,
- standardizacija i ekonomija veličine reaktora kod proizvođača opreme,
- potpora za istraživanje i razvoj, posebno tehnologija četvrte generacije, za koje se očekuje da bi mogle biti komercijalno dostupne u razdoblju od 2030. do 2040. godine, uz koju

supply. In many European countries, nuclear is competitive. For the already fully or nearly depreciated power plants the production cost is below 20 EUR/MWh. Such production costs are a powerful motivation for the life-extension and capacity increases of the majority of existing plants.

Advanced nuclear technologies (Generation 3) are already available and are included in the newest plants. The examples are Finland, France, Japan, Romania and Taiwan. The overnight cost (not including the cost of capital) of large size reactors is today in the range of 1 300 EUR/kW to 1 800 EUR/kW, depending on the unit size, the number of units per plant and the effect of serial production (more units of equal size lower the specific price). The final investment cost (including capital price), depends on specific circumstances: local legislation, taxes, discount rate and the like. With a stable political situation, clear regulatory framework (site location, decommissioning) and experience in the construction of nuclear power plants and possible manufacturing series effects, the total generation cost can be around 40 EUR/MWh. In certain specific conditions, they can be lower, down to 30 EUR/MWh, or higher up to 55 EUR/MWh. These costs include decommissioning and final radioactive waste disposal. Not all decommissioning and disposal scenarios can be anticipated, but such uncertainties are not expected to affect the said generation cost by more than 2 EUR/MWh.

Given such generation costs, even without inclusion of the CO<sub>2</sub> penalties in the costs of fossil fuels, nuclear energy appears as an economically attractive option.

In conclusion, it can be said that today nuclear energy is an integral part of the European energy scene. Whether or not it will remain so in the future, depends on the following conditions:

- stability, consistency and predictability of market rules to ensure investor friendly environment,
- independence and transparency of authorities responsible for safety,
- agreement on a common technically feasible, economically efficient and publicly acceptable framework for radioactive waste disposal,
- rapid and simple procedures for granting construction and operational licences for nuclear power plants,
- standardisation and scale effects for equipment manufacturers,
- support for nuclear R&D, in particular for Generation 4 technologies, which are ex-

bi se mogao ostvariti dramatičan porast u iskorištenju goriva (oko 80 puta); osigurati stabilnu proizvodnju električne energije u mogućem scenariju porasta cijena nuklearnog goriva, proizvoditi dodatne proizvode kao što su: vodik, sintetska goriva i toplina za neke industrijske procese,

- aktivno uključivanje svih zainteresiranih (stakeholders) u procesima konzultacija i implementacije,
- ravnomjerna (pravedna) raspodjela rizika i dobiti između svih koji su uključeni u sve procese.

Europske zemlje, a napose članice EU, trebaju vrlo ozbiljno razmotriti mjesto i ulogu nuklearne opcije u svojoj energetskej politici. To također uključuje podizanje javne svijesti o energetskim problemima, davanje točnih informacija i provođenje dobro osmišljenih kampanja za komunikaciju s javnosti.

## 6 ZAKLJUČAK

Energetika je uvjet bez kojeg se ne može, ne samo za gospodarstvo nego i za cjelokupnu ljudsku aktivnost. Ono što je nužno imati na umu je to da promišljanje energetike mora biti na duge staze. Ne može se ništa bitno, a pozitivno, dogoditi u kratkom vremenu u energetskom sektoru. Negativne stvari se mogu dogoditi u kratkom vremenu i za njih ne treba nikakav plan niti uloženi kapital. One se mogu događati samo po sebi, kao rezultat nebrige ili lošeg planiranja, ili kao rezultat nekih nepredvidivih događaja. Ali za pozitivne stvari u energetici, npr. značajnije povećanje energetske učinkovitosti ili smanjenje emisije stakleničkih plinova, ili pak promjena strukture elektroenergetskog proizvodnog parka, treba dosta vremena, a i financijski su vrlo zahtjevne.

Mnoge odluke u energetici, poslovne ili administrativne mogu imati dugoročne učinke. Stoga stručnjaci koji se bave planiranjem u energetici nastoje sagledati što dulje razdoblje u budućnosti, dakako uzimajući u obzir objektivnost tako dalekog horizonta, s obzirom na promjenljivost mnogih bitnih parametara koji utječu na samu viziju relativno daleke budućnosti.

U ovom članku se daju neke od ideja za moguću projekciju energetskih prilika do 2050. godine, koje se nastale pod okriljem WEC-a. Ambicija tih vizija nije proricanje budućnosti (gledanje u staklenu kuglu) nego samo naznaka mogućih scenarija, odnosno potrebnih mjera da bi se neki od tih scenarija i ostvario. Koliko je nesigurnosti povezano uz dugoročno planiranje u energetskom sektoru najbolje pokazuje primjer cijena nafte

pected to become available on the market around 2030 to 2040 and will bring about a dramatic increase of uranium utilisation by nearly 80 times; to secure sustainable generation of electricity in a possible scenario of rising uranium prices and also to co-generate by-products such as hydrogen, synthetic fuels and heat for some industrial processes,

- active involvement of all stakeholders in the consultation and implementation processes,
- equitable distribution of risks and rewards between all involved.

European countries, and the EU Member States in particular, must seriously consider including the nuclear option in their energy policies. This also includes improving public awareness about the energy issues, providing accurate information and conducting well conceived communication campaigns.

## 6 CONCLUSION

Energy supply can be seen as a condition for any not only economic but the entire human activity. It is necessary to keep in mind that energy thinking should be a long-term process. Nothing essential and positive can happen in the energy sector short-term. But negative issues can happen in a very short term and for them no plan nor invested capital is necessary. They can happen from themselves, as a result of bad attention, or bad planning or as a result of some unforeseen events. But for positive changes in the energy sector as for instance for significant energy efficiency increase or for GHG emissions reduction or for structural changes of the electric power production portfolio, a lot of time is needed as well as financial means. Many decisions in the energy sector, business or administrative can have long term effects. Therefore many experts in the energy field that are involved in the energy planning try to see the future as long as possible of course taking into account the objectivity of such a long horizon, because of possible changes of many important parameters that influence the vision of relatively far future.

In this paper some ideas are given for the possible projection of energy future till the end of 2050, that are created within WEC. The ambition of those visions is not the foretelling of the future (glass ball telling) but the designation of possible scenarios that is needed measures to fulfill some of the scenarios. The level of insecurity connected to long term planning in the energy sector could be the best illustrated by the oil prices at the world market. Just few years ago

na svjetskom tržištu. Samo nekoliko godina ranije mnogi autoriteti u energetskom sektoru, su očekivali (predviđali) cijene koje su daleko niže od onih koje se ostvaruju u posljednje vrijeme. To međutim ne znači da treba prestati dugoročno planirati. Naprotiv, tom problemu treba pristupiti vrlo studiozno, nastojeći obuhvatiti i kvantificirati sve moguće izvore nesigurnosti.

Kada se radi o utjecaju energetskog sektora na promjenu klime, ponajprije radi emisije stakleničkih plinova, a isto vrijedi i za sigurnost opskrbe svim oblicima energije, očigledno je da ne postoji samo jedna energetska opcija koja može dovesti do zadovoljavajućeg stanja. Potrebna je kombinacija različitih energetskih izvora i različitih mjera kojima bi se utjecaj na klimatske promjene održao u razumnim, odnosno prihvatljivim granicama, a sigurnost opskrbe energijom držala na zadovoljavajućoj razini. Nema dvojbi da je i nuklearna opcija sastavni dio jednog takvog scenarija.

many authorities in the energy sector were expecting (forecasting) prices that are by far lower than the ones that are happening lately. This does not mean that we should stop long term planning. Just contrary, this problem should be approached very study oriented, trying to take into account and quantify all possible unsecurity sources.

When there is a question on energy sector influence on climate change, at the first place because of GHG emissions and the same is valid for security of supply by all energy forms, it is obvious that there is not just one energy option that can bring us to satisfactory status. The combination of different energy sources and different measures is needed that could make climate change influence within the rational that is also acceptable limits whereby security of energy supply is at satisfactory level, too. There is no doubt that the nuclear energy is also a part of one of such scenarios.

---

## LITERATURA / REFERENCES

- [1] [www.worldenergy.org](http://www.worldenergy.org)
- [2] The World Energy Book, World Energy Council, The Petroleum Economist Ltd., London, October 2007
- [3] Deciding the Future: Energy Policy Scenarios to 2050, Executive Summary, World Energy Council, London, 2007
- [4] Deciding the Future: Energy Policy Scenarios to 2050, World Energy Council, London, 2007, CD
- [5] Energy and Climate Change, Executive Summary, World Energy Council, London, 2007
- [6] Vulnerability of Europe and its Economy to Energy Crises
- [7] Green Paper, A European Strategy for Sustainable, Competitive and Secure Energy, EC, Brussels, March 2006
- [8] Nuclear Technology Review 2007, IAEA, Vienna, 2007
- [9] The Role of Nuclear Power in Europe, World Energy Council, London, January 2007

---

### Adrese autora:

Dr. sc. **Branka Jelavić**  
branka.jelavic@eihp.hr  
Doc. dr. sc. **Mladen Zeljko**  
mladen.zeljko@eihp.hr  
Energetski institut Hrvoje Požar  
Savska 163  
Zagreb  
Hrvatska  
**Brian Statham**  
ESCOM, PO Box 1091  
Magawatt Park – Maxwell Drive  
Sunninghill – Sandton  
Johannesburg 2000  
South Africa

### Authors' Adresses:

**Branka Jelavić**, PhD  
branka.jelavci@eihp.hr  
Assistant Prof **Mladen Zeljko**, PhD  
mladen.zeljko@eihp.hr  
Hrvoje Požar Energy Institute  
Savska 163  
Zagreb  
Croatia  
**Brian Statham**  
ESCOM, PO Box 1091  
Magawatt Park – Maxwell Drive  
Sunninghill – Sandton  
Johannesburg 2000  
SOUTH AFRICA

Uredništvo primilo rukopis:  
2008-01-31

Prihvaćeno:  
2008-02-13

Manuscript received on:  
2008-01-31

Accepted on:  
2008-02-13