

Predmet

“Energetika, okoliš i održivi razvoj“

EOOR

Prof.dr.sc. Željko Tomšić

GLOBALNI RESURSI i IZAZOVI U SVIJETU

1. Predavanje

Prof.dr.sc. Željko Tomšić

POVIJEST DRUŠTVA

Univerzum je stvoren prije 12 -15 milijardi godina

Život na Zemlji je počeo prije oko 4 milijarde godina.

Čovjek se pojavio prije oko 7 miliona godina.

Homo erectus je svladao vatru prije 400 000 godina

Homo sapiens se razvio prije 50,000-100,000 godina.

Sve zajedno oko 60-100 milijardi ljudi je živjelo na Zemlji

Prije 2 000 godina



10 miliona

Prije 1 000 godina



300 miliona

1800.



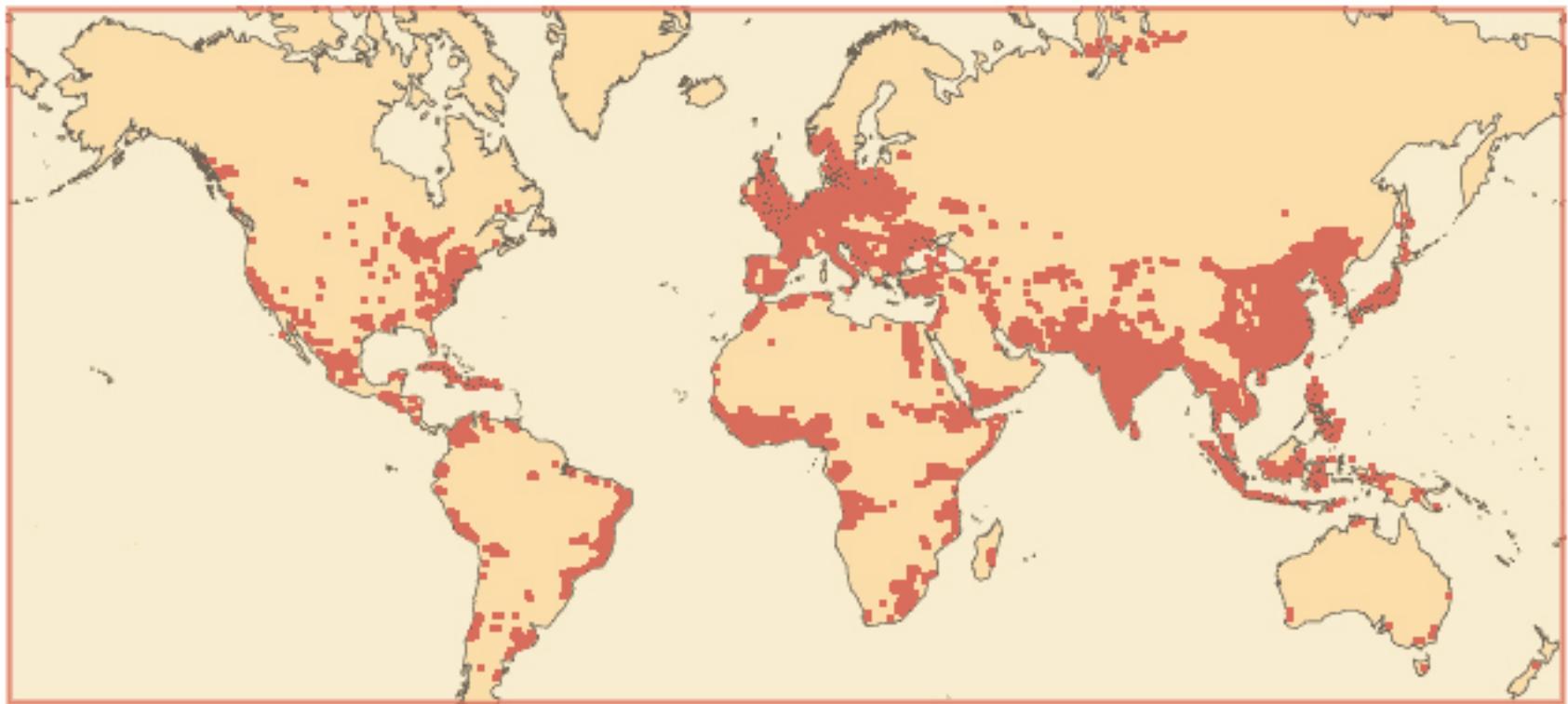
1 milijarda

1927.



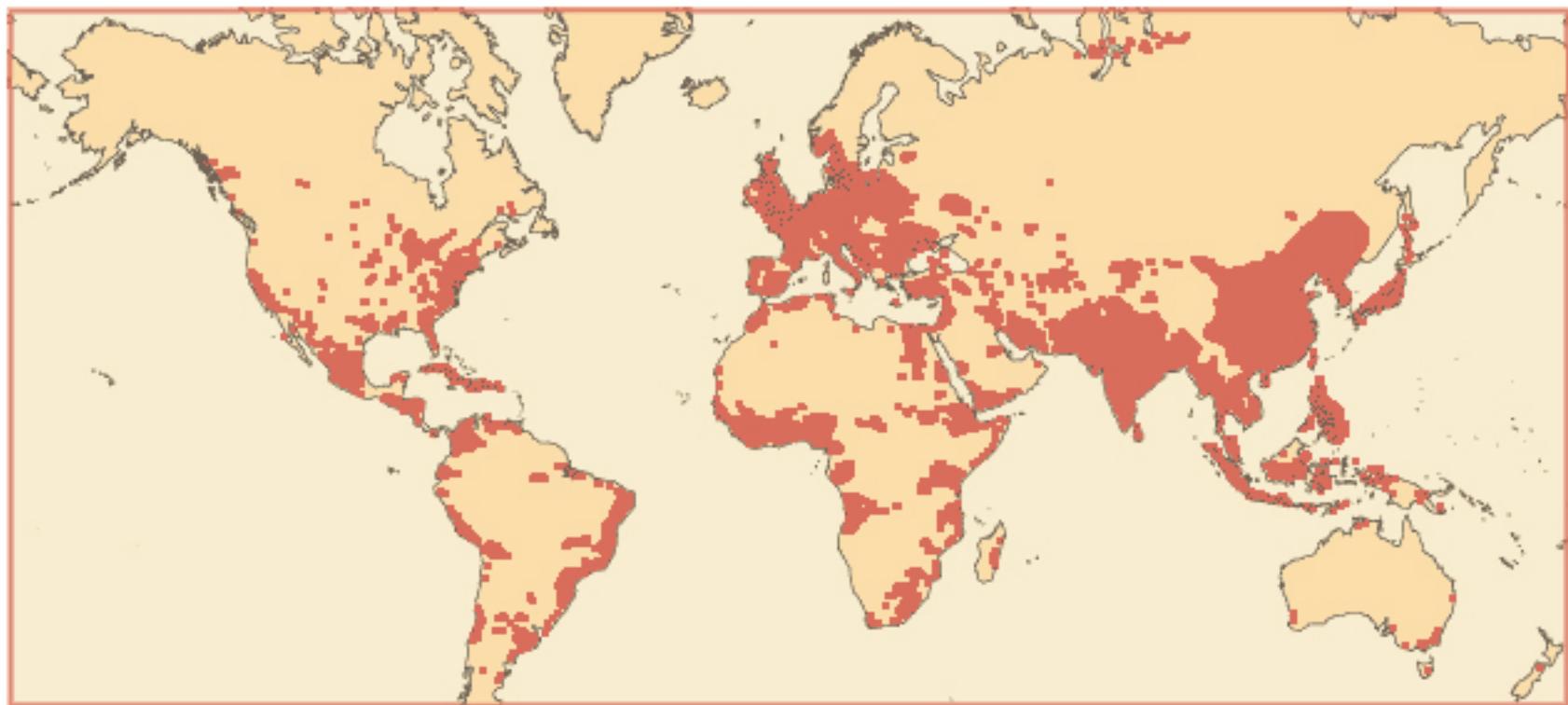
2 milijarde

1960.



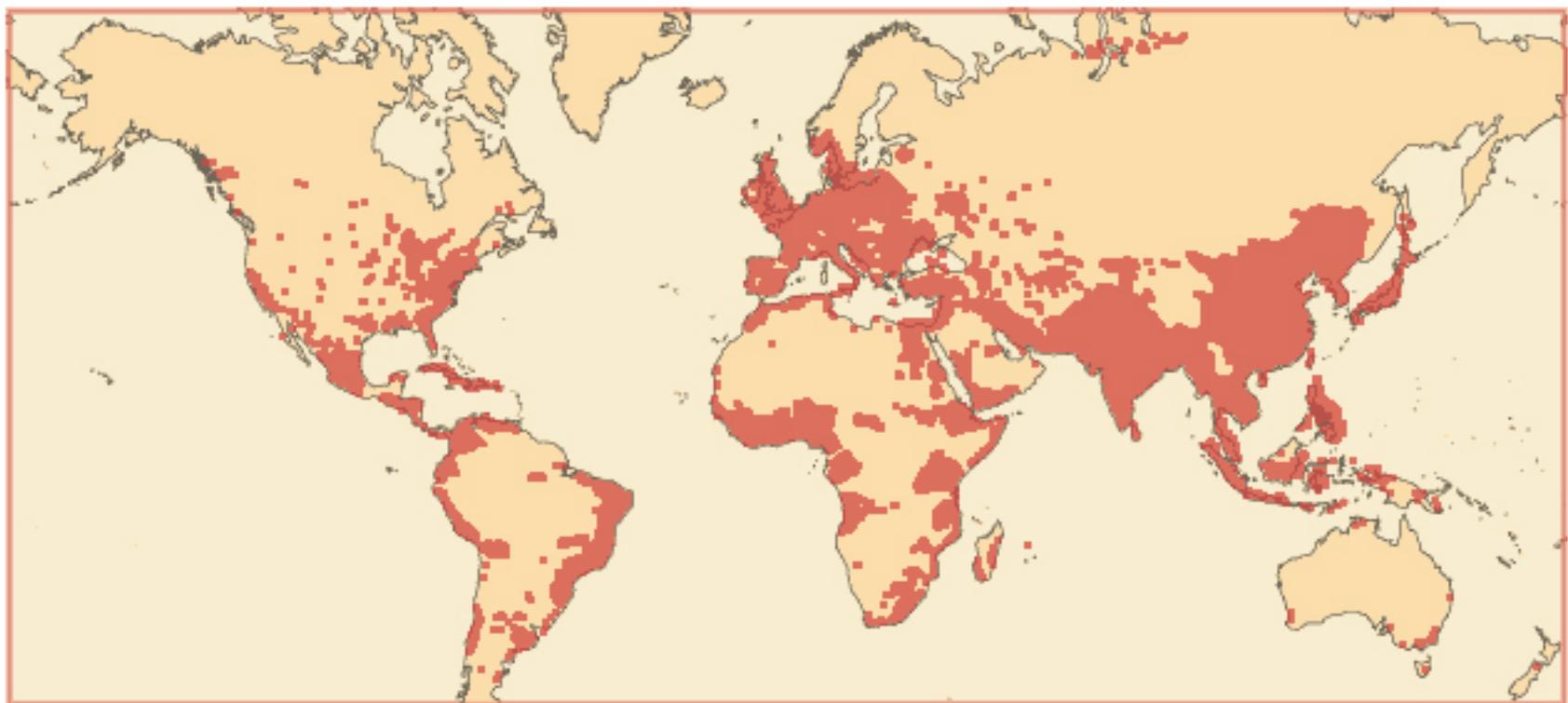
3 milijarde

1974.



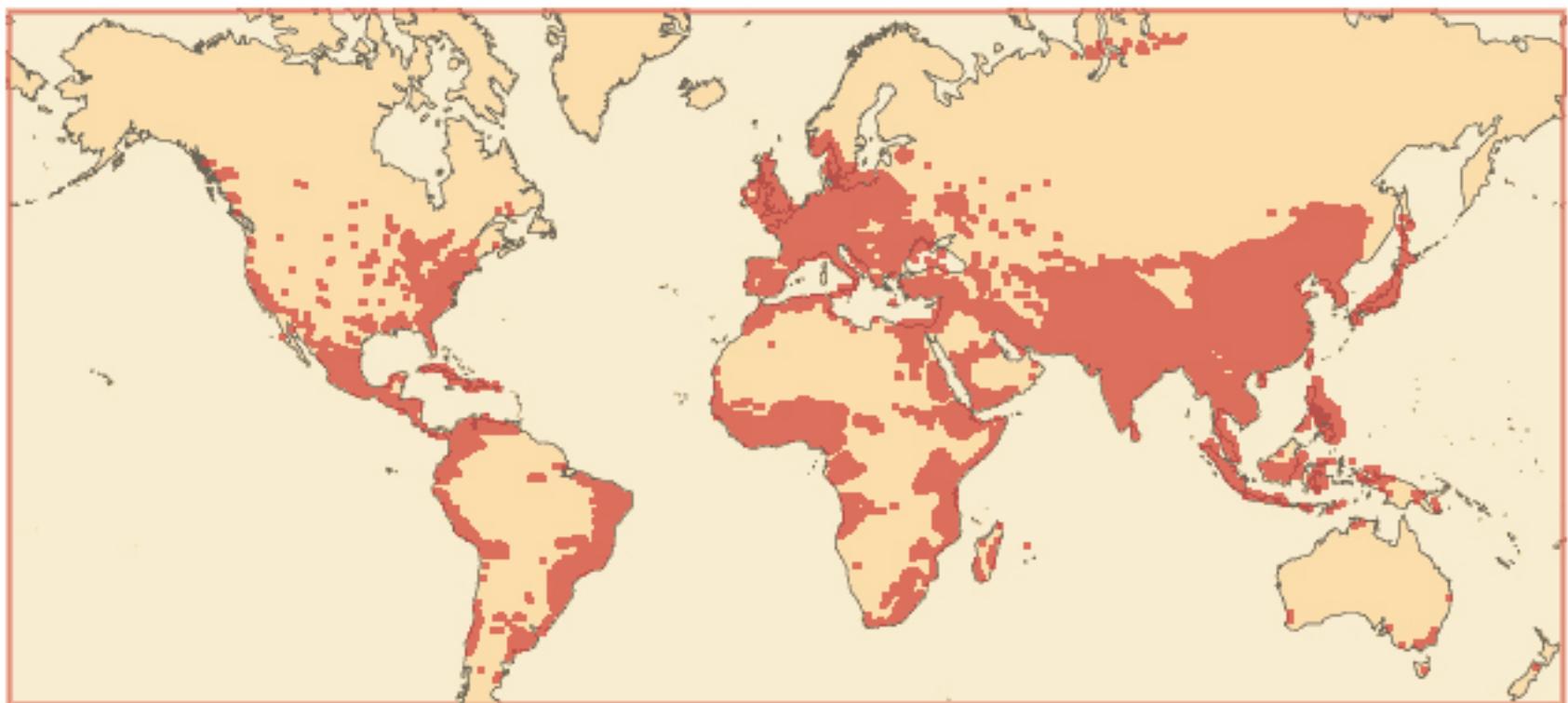
4 milijarde

1987.



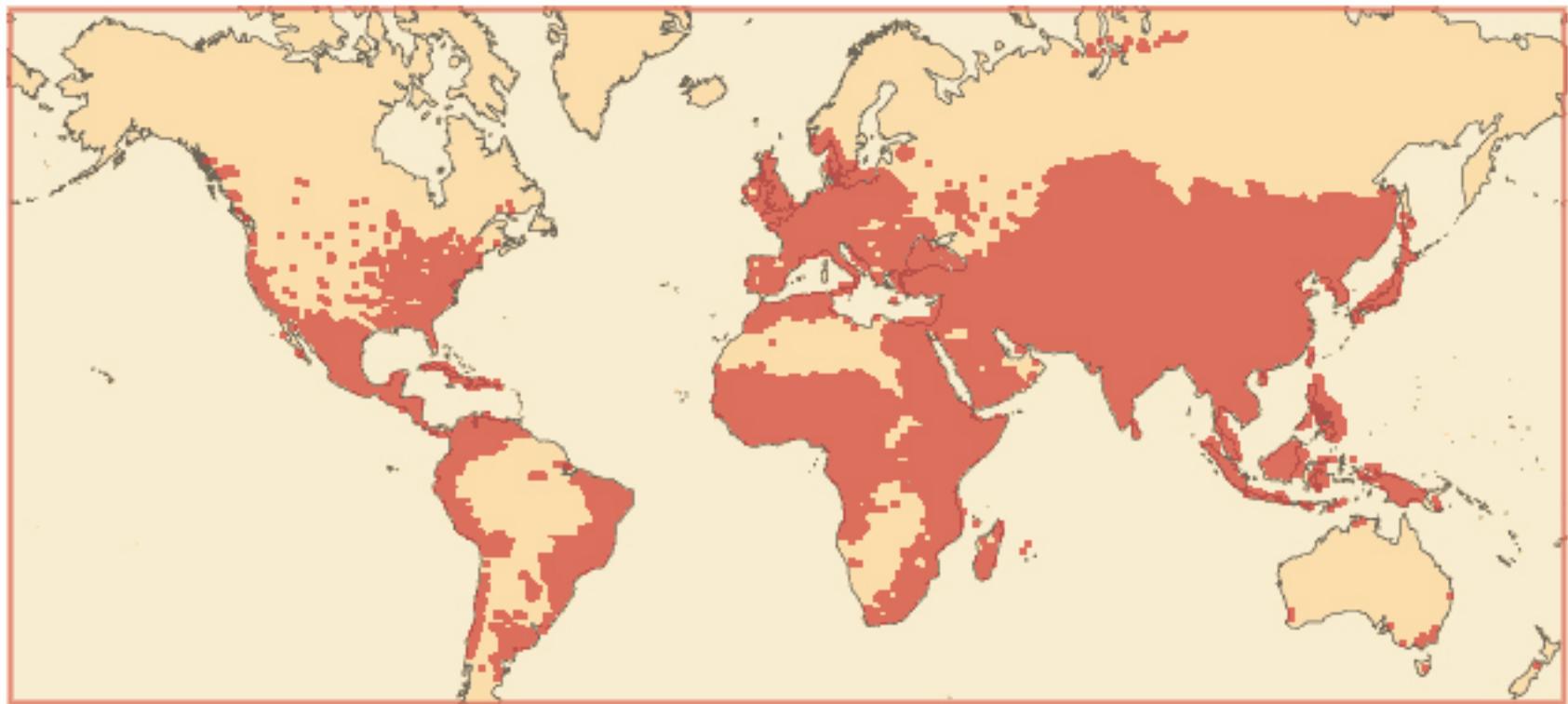
5 milijardi

1999.



6 milijardi

2050.



9 milijardi

Sedam milijardi stanovnika

- *Svjetsko stanovništvo dosegnulo 31. listopada 2011. i službeno brojku od **sedam milijardi**, u izvještaju koji je tom prigodom objavio Fond UN-a za stanovništvo (UNFPA).*
- Prema procjenama stručnjaka, **do 2050.**, Zemlja će imati oko **9,3 milijarde stanovnika**, a više od 10 milijardi do 2100
- Trenutačno se svjetsko stanovništvo **svake godine povećava za 80 milijuna**, što odgovara trenutačnom stanovništvu Njemačke ili Etiopije.
- Nešto manje od polovice stanovnika (43 posto) ima **manje od 25 godina**.
- **Prosječna životna dob**, koja je početkom 50-ih godina 20. stoljeća bila oko 48 godina, dok se početkom novog milenija povećala na **68 godina**.
- Smrtnost novorođenčadi pala je za gotovo dvije trećine

Sedam milijardi stanovnika

- Statistički je broj djece po ženi pao sa 6,0 na 2,5 u posljednjih šezdeset godina.
- U najrazvijenijim zemljama broj djece po ženi iznosi 1,7 dok u subsaharskoj Africi taj broj iznosi 4,8 djece po ženi.
- Azija ima 4,2 milijarde stanovnika a najveći porast stanovništva bilježi Afrika koja je 2009. imala milijardu stanovnika, a brojku od dvije milijarde dosegnut će prema procjenama do 2044.
- Kina je zemlja s najvećim brojem stanovnika, njih 1,35 milijardi, dok za njom slijedi Indija s 1,24 milijarde.
- Danas 893 milijuna ljudi ima 60 ili više godina. Do sredine ovog stoljeća taj broj će se utrostručiti i dosegnuti 2,4 milijarde.

Sedam milijardi stanovnika

- **Jedan od dvoje** ljudi danas živi u urbanom području, a za oko 35 godina, **dvoje od troje ljudi** će živjeti u **urbanim područjima**.
- S porastom stanovništva, sve je veći broj **megagradova**, a najveći broj stanovnika - **36,7 milijuna** - ima **Tokio**.
- Za njim slijedi New Delhi (22 milijuna),
- Sao Paulo (20 milijuna)
- Mumbai (20 milijuna)

THE WORLD'S POPULATION

The seven most populous countries

In 2011

China	1.33 billion
India	1.17 billion
U.S.A.	306.8m
Indonesia	243.3m
Brazil	191.5m
Pakistan	180.8m
Nigeria	162.3m

EU 27
502m

In 2050

India	1.69 billion
China	1.31 billion
Nigeria	433m
U.S.A.	423m
Pakistan	314m
Indonesia	309m
Bangladesh	226m

7 Billion Humans end 2011

6 1999

5 1987

4 1974

3 1960

2 1930

1 to 1800

Evolution of the World's Population

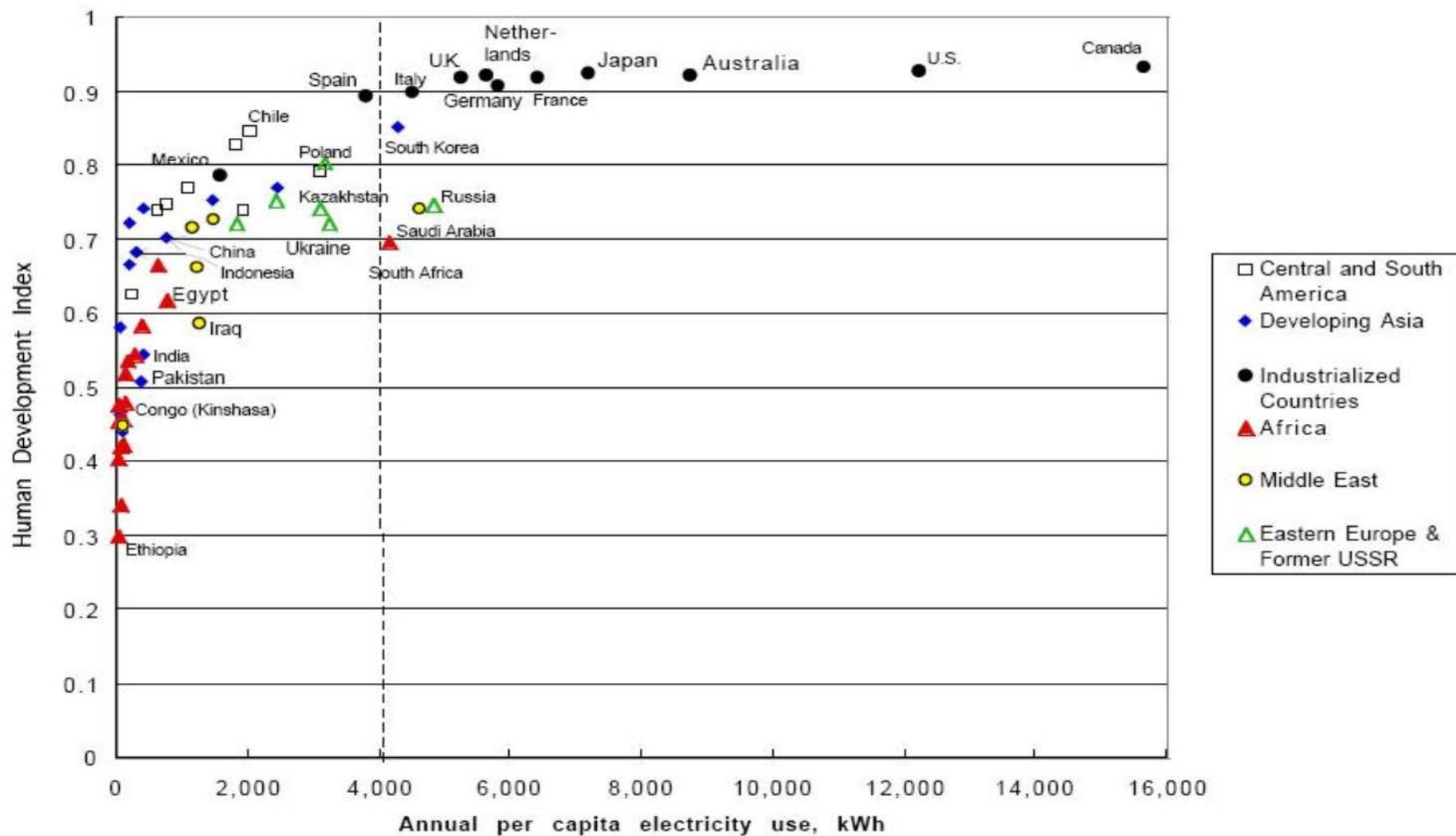
in billions

REUTERS

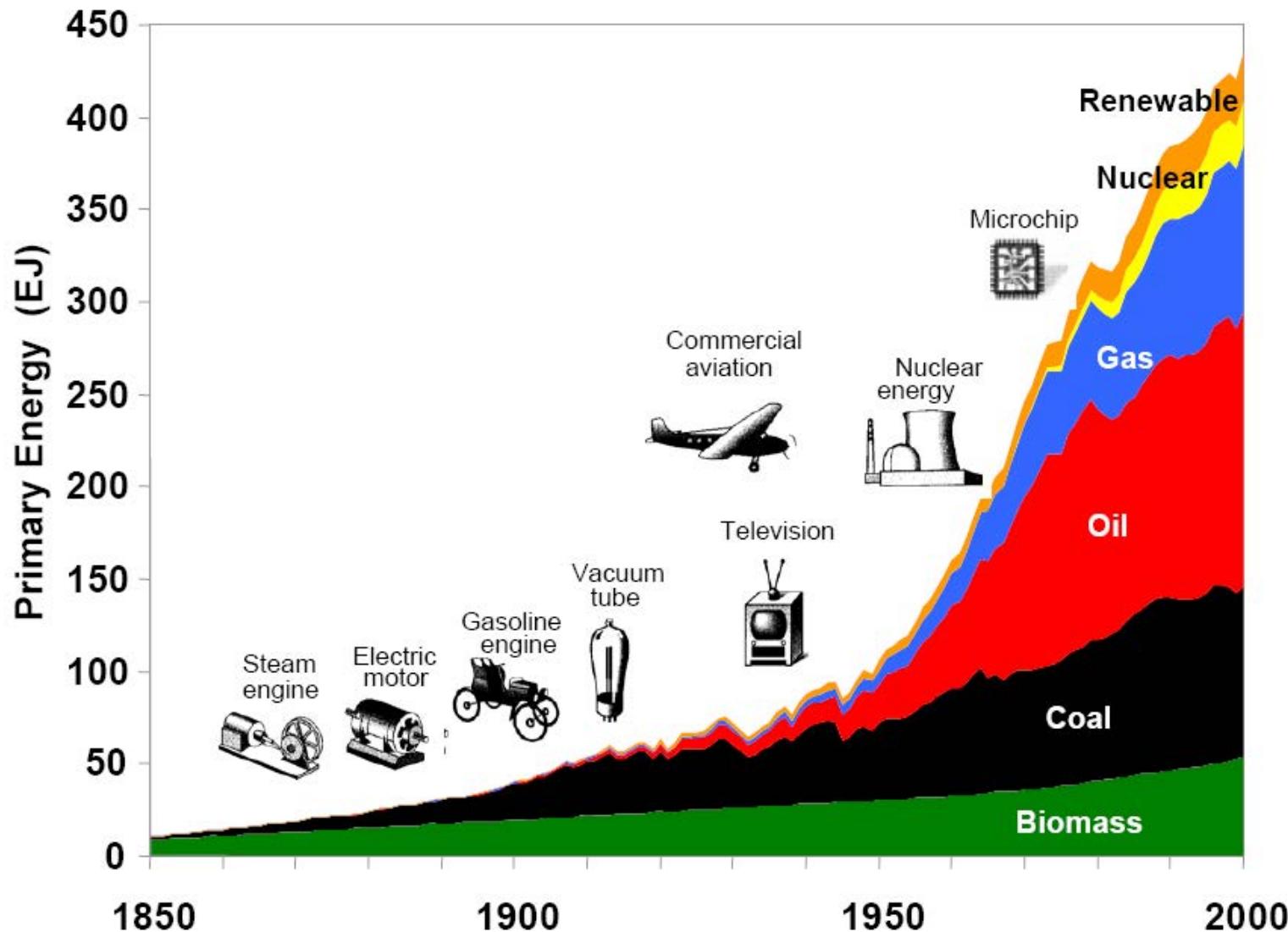
Sources : UN, INED

Predviđa se da će do kraja 2050. godine Indija preoteti Kini titulu najmnogoljudnije zemlje.
Slijedili bi ih Nigerija kao najbrže rastuća afrička država te SAD i Pakistan.

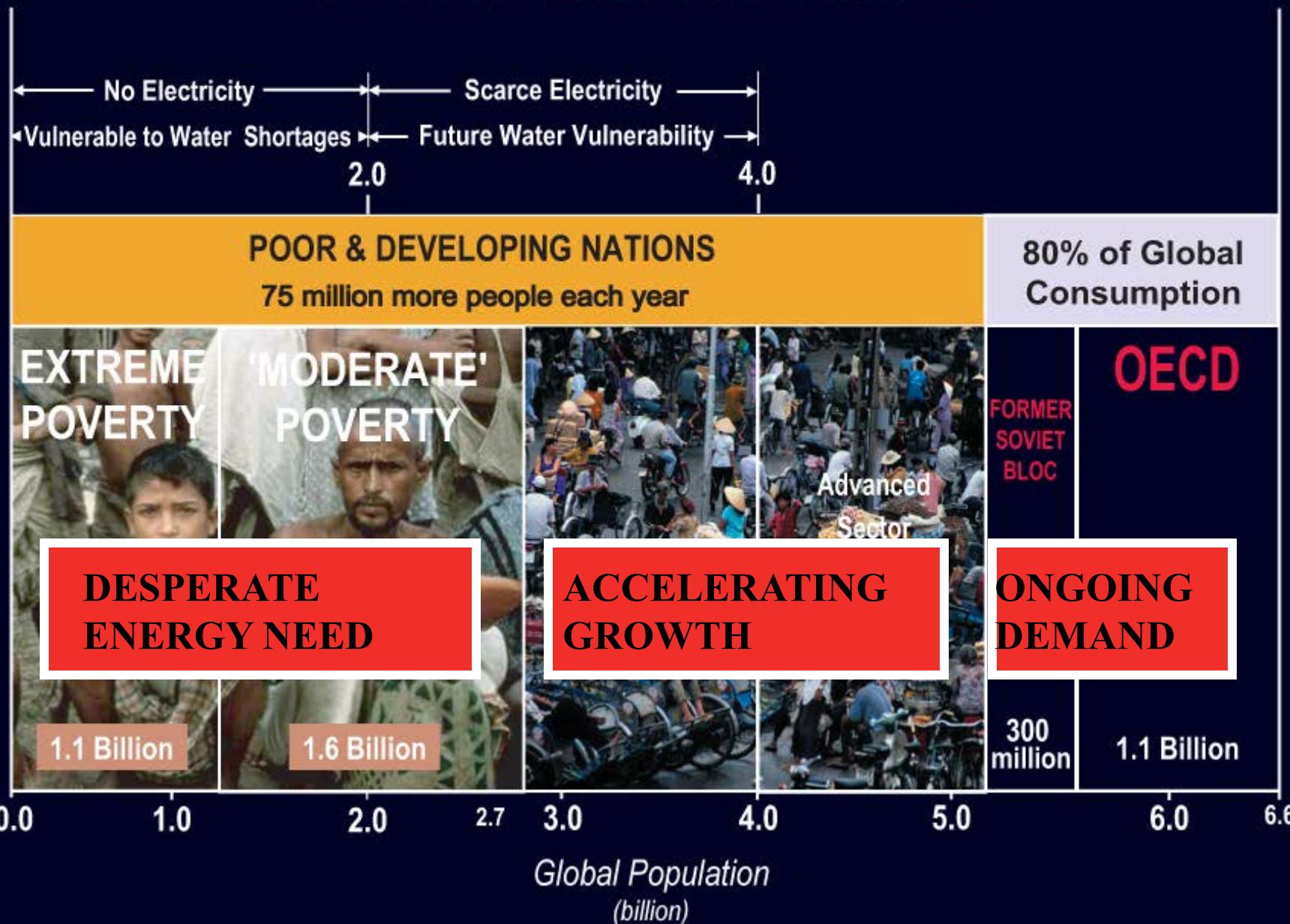
Energija i razvoj društva



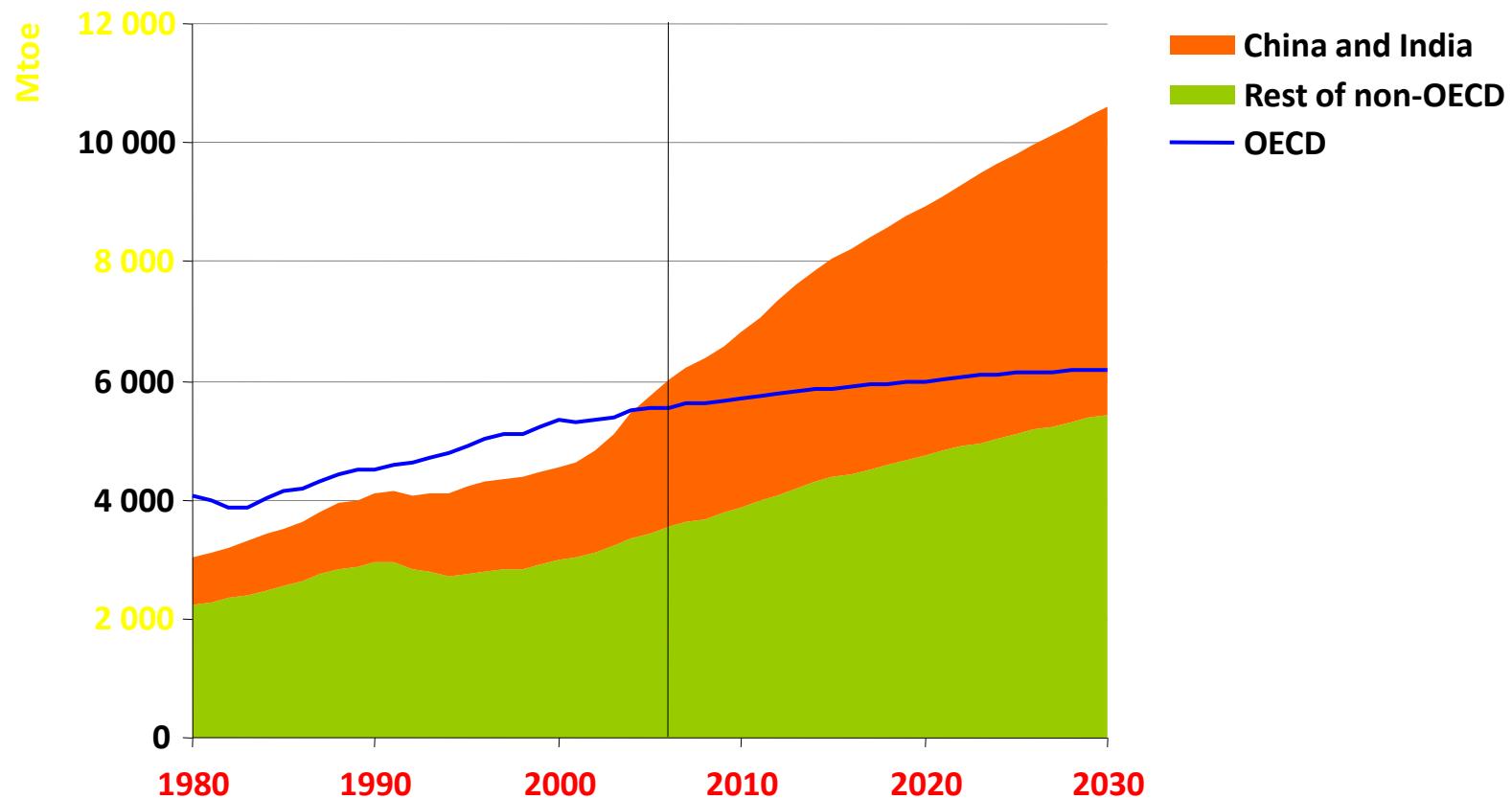
Energija i razvoj društva



A World of Extremes

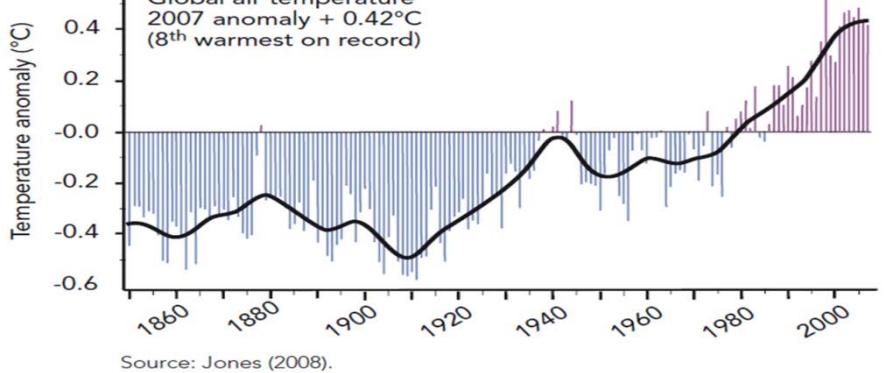


World primary energy demand



Non-OECD countries account for 87% of the increase in global demand between 2006 & 2030, driven largely by China & India

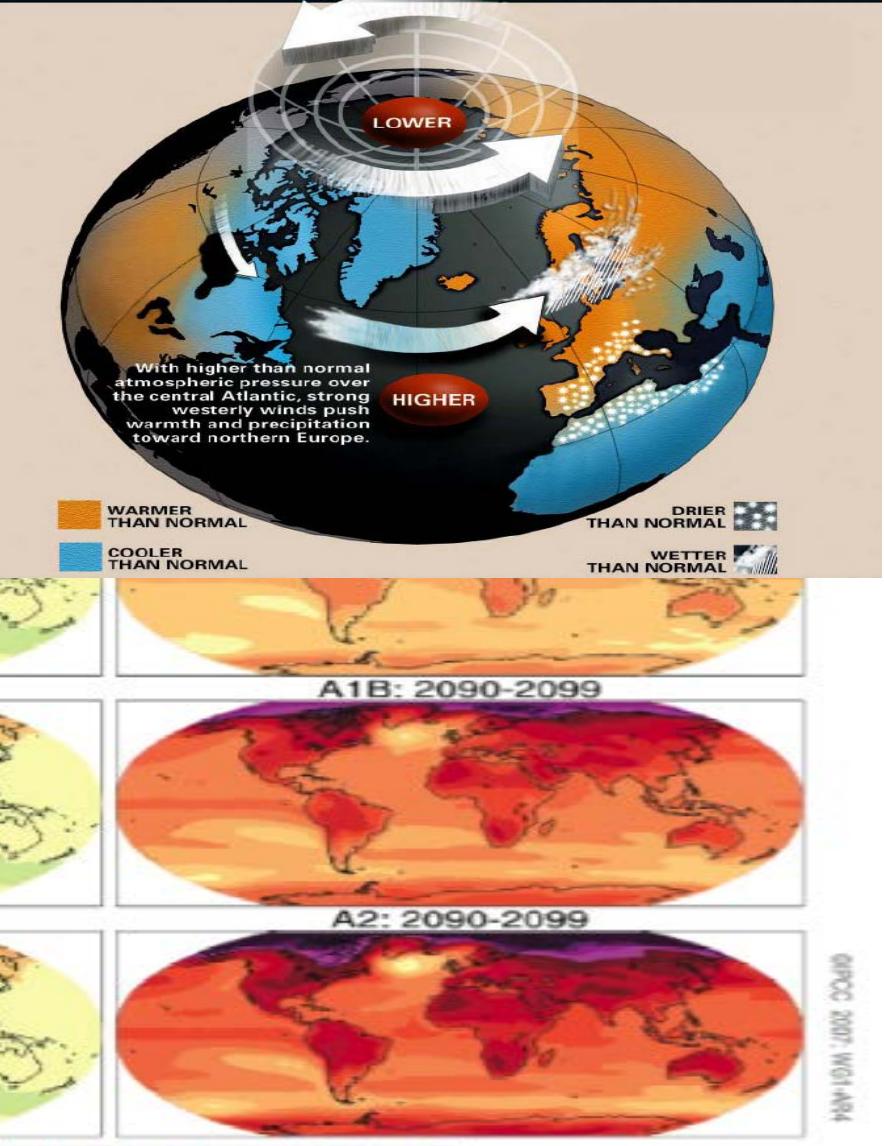
Problem klimatskih promjena



B1: 2020-2029 Projection

A1B: 2020-2029

A2: 2020-2029



Katastrofalne klimatske promjene?

- Radikalne promjene temperature i ekstremnih meteoroloških događaja
- Raširene suše, poplave i požari u prirodi
- Glad i nestašice
- Ubrzanje gubitka bioraznolikosti
- Povećanje razine mora i iznenadne promjene u strujama oceana
- Masovne migracije i epidemije pošasti i bolesti

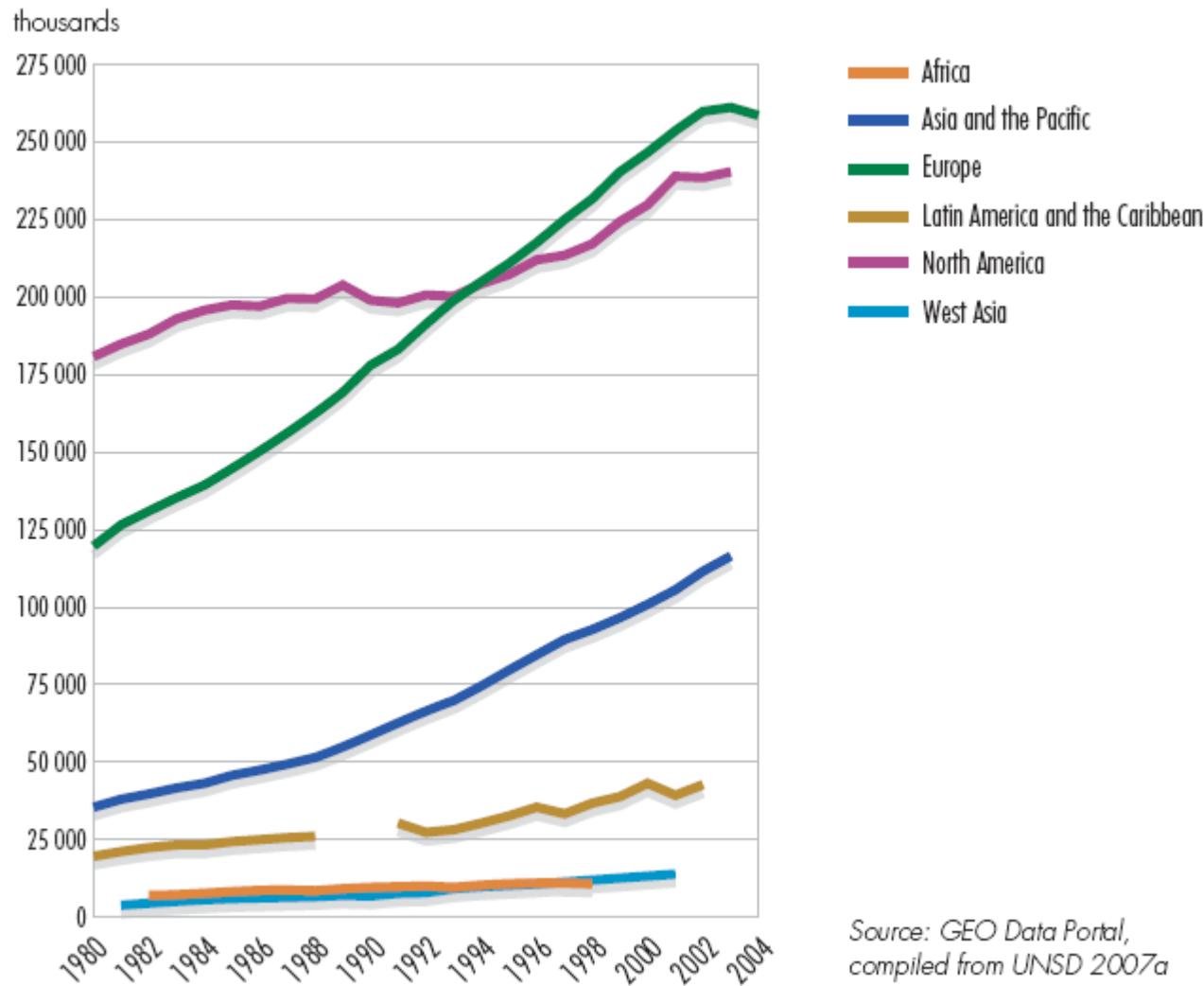
Udio u globalnom zagrijavanja (*per capita* Energetika CO₂ Emisija)

- **Italy → 8.11 t of CO₂/capita**
- **Austria → 8.67 t of CO₂/capita**
- **Japan → 9.47 t of CO₂/capita**
- **UK → 9.62 t of CO₂/capita**
- **Nordics → ~10 t of CO₂/capita**
- **Germany → 10.32 t of CO₂/capita**
- **Australia → 19.10 t of CO₂/capita**
- **USA → 20.05 t of CO²/capita**

Okoliš i razvoj

- **Značajno je povećan broj stanovnika**
- **Migracije stanovništva u urbana područja**
- **Povećanja potrošnja u svim dijelovima svijeta**
- **Od 1987. godine zemljina se populacija povećala za čak 34%.**

Porast broja osobnih automobila po regijama



Porast broja osobnih automobila po regijama

- U svijetu je oko **650 miliona automobila i 6,8 milijardi ljudi** i to je prosječno **11 ljudi na 1 automobil**, ipak:
 - **Sjeverna Amerika, EU i Japan imaju prosjek 2,3 čovjeka na jedan auto**
- U svijetu oko 650 miliona vozila, ali samo 2 države, Kina i Indija, imaju 2,5 milijarde stanovnika koji isto žele posjedovati auto.
- **Koliko je ljudi po 1 autu u Kini i Indiji?**
- U **Kini i Indiji** je **150 ljudi po autu** i oni znaju da je u **Americi, EU i Japanu 2,3 po autu** i oni žele isto pa oni žele brzo doći do ekonomskih sredstava da to postignu
- Da **2,5 milijarde stanovnika imaju 2,3 auta** to znači **dodatno 1,1 milijarda auta** na postojećih 650 miliona i to je samo da zadovolji želju stanovnika 2 države od njih 200.

Zagadenje prometom

- Cijena za ulazak autom u centar Milana – **pet eura**
 - Novim sustavom određuje se da svi vozači automobila – osim onih koji imaju električna ili hibridna vozila – **plate ulaznicu** od pet eura ako žele voziti središtem grada u razdoblju od 7.30 do 19.30 od ponedjeljka do petka
 - Nova mjeru na koju se odlučila gradska vlast kako bi smanjila promet i onečišćenje središta grada, iako je uzrokovala veliko nezadovoljstvo među stanovnicima.
- Taj gradski namet, nazvan »Area C« i inspiriran londonskim primjerom, prvi je takve vrste u Italiji, a zamijenio je dosadašnji sustav »Ecopass« kojim se od 2008. naknada naplaćivala samo vozilima koja najviše onečišćuju okoliš, kojih je oko 10 posto u ukupnom broju vozila koja ulaze u grad.
- Prvi podaci dostupni u ponedjeljak prije podne pokazuju da se promet, koji je uoči nastupa plaćanja u 7.30 bio 10 posto veći nego uobičajeno, u međuvremenu pao za oko 40 posto.
- Prihod od nameta vlasti će uložiti u razvoj milanskoga gradskog prijevoza.

Okoliš i razvoj

- Procjenjuje se da oko 80% ljudi u siromašnim zemljama ovisi o **alternativnoj medicini**
- Oko 1,3 milijarde ljudi **živi od poljoprivrede, šumarstva i ribolova.**
- Tako zemlje koje su ovisne o **prirodnim resursima** mogu biti jako pogodjene narušavanjem ekosistema

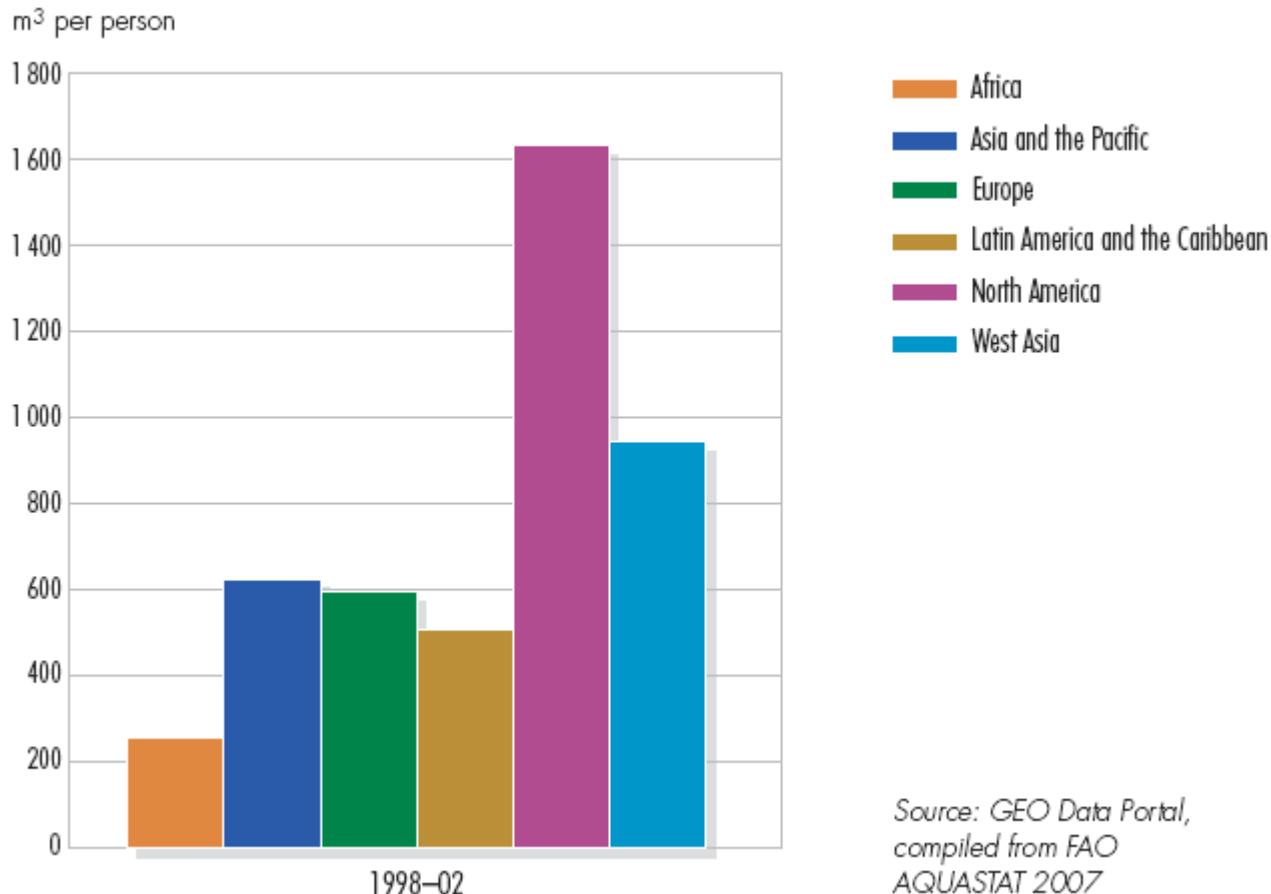
Promjene u globalnom okolišu

- Prosječna temperatura zraka se povećala za **0,74°C**
- Otapanje ledenjaka na Grenlandu
- Podizanje razine mora
- Do kraja stoljeća predviđa se porast temperature od 1,8 do čak 4°C

Promjene u globalnom okolišu

- Više od **2 milijuna ljudi umire zbog onečišćenja zraka**
- **Promjene koje se dešavaju sa tлом su:**
 - povećana erozija tla,
 - kemijjska zagađenja,
 - narušavanja bioloških ciklusa,
 - oskudica vodom,
 - smanjenje hranjivosti tla
- **21 od 33 najveća grada na svijetu se nalaze na obalama**

Potrošnja vode po regijama



Promjene u globalnom okolišu

- Najviše bolesti dolazi **od zagađene vode**
- Globalni **ulov ribe** u morima te u slatkim vodama se **drastično smanjuje**
- Od velikih grupa kralješnjaka više od 30% vodozemaca, 23% sisavaca i 12% ptica prijeti **izumiranje**

Regionalne perspektive

- Na svijetu živi oko 1 milijarda siromašnih ljudi
- Različite regije imaju različite probleme

Afrika	Degradacija zemlje i njen utjecaj na šume, obalne i morske resurse, suše, promjenjivost klime, urbanizacija
Azija i Pacifik	Transport, kvaliteta zraka u urbanim područjima, upravljanje otpadom
Europa	Promjena klime, kvaliteta zraka, gubitak bioraznolikosti
Latinska Amerika i Karibi	Rast gradova, ugrožena bioraznolikost i ekosustav, zagađene obale i promjena klime
Sjeverna Amerika	Urbanizacija, promjena klime
Zapadna Azija	Degradacija tla i obala, mir i sigurnost
Polarne oblasti	Klimatske promjene, ozonska rupa

Regionalne perspektive

- **Afrika**
 - Sve su češće klimatske promjene **i suše**
 - Projekcije govore da će do 2015 opskrba vodom i dalje biti ispod cilja od 75%
 - Prisutna opasnost od opasnog i elektroničkog otpada

Regionalne perspektive

- Azija i Pacifik
 - **brz porast stanovništva**
 - povećana potrošnja, rastuća **industralizacija i urbanizacija**
 - oko **500 000 ljudi umire godišnje zbog zagađenja zraka.**
 - najveći izazov koji predstoji je implementacija zakona o zaštiti okoliša u regiji.

Regionalne perspektive

- **Europa**
 - Značajan gospodarski razvitak
 - Emisije stakleničkih plinova su se smanjile u nekim zapadnoeuropskim zemljama
 - Zagaden zrak u urbanim područjima

Regionalne perspektive

- **Latinska Amerika i Karibi**
 - **Bioraznolikost** su ugrožene pretvorbom šuma u pašnjake, i infrastrukturom i urbanim područjima
 - **Ekstremni klimatski događaji** su povećani u posljednjih 20 godina
 - Poboljšano je i upravljanje otpadom

Regionalne perspektive

- **Sjeverna Amerika**
 - Prekomjerno iscrpljivanje podzemnih izvora i dalje ostaje problem
 - Sa samo **5,1% svjetskog stanovništva Sjeverna Amerika koristi preko 24% energije**

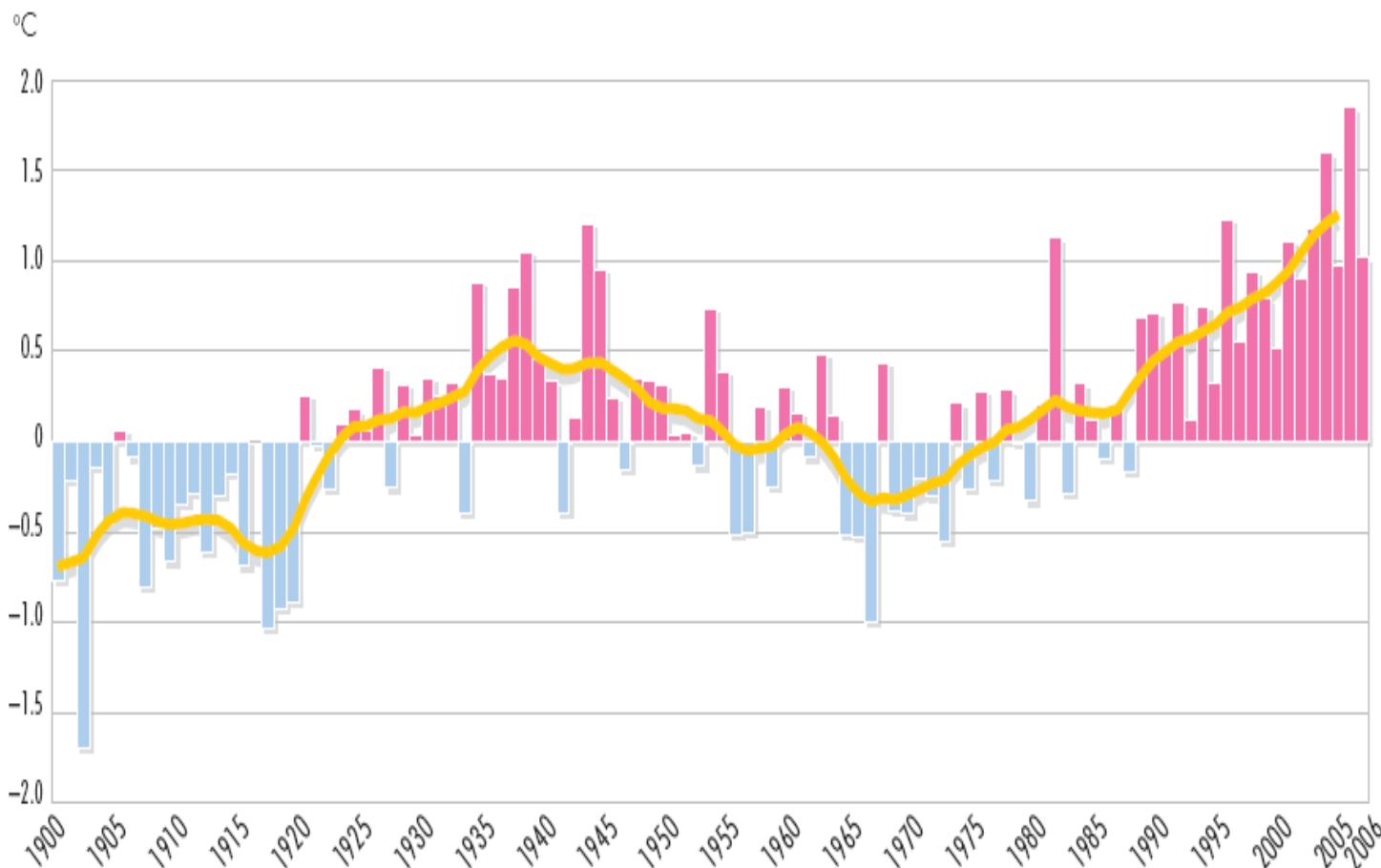
Regionalne perspektive

- **Zapadna Azija**
 - Prioriteti su
 - **slatkovodni izvori,**
 - **degradacija zemljišta,**
 - **obale i morski sustavi,**
 - **upravljanje u urbanim područjima, te**
 - mir i sigurnost
 - Stvoren je **veliki broj izbjeglica**, te su nastala mnoga uništenja prirodnih resursa i ekoloških staništa

Regionalne perspektive

- Arktik i Antarktik
 - Arktik se **zagrijava dvostruko brže od prosjeka planete** što uzrokuje **topljenje ledenjaka i podizanje razine mora**
 - Otvorne supstance se sabiru na polarnim dijelovima i ulaze u hranidbeni lanac

Promjena temperature na arktiku



Notes: Annual average change
in Arctic mean annual land
temperatures (60–90° N).

The zero line represents the
average temperature for
1961–1990.

Source: CRU 2007

Glavni globalni izazovi

Glavni globalni izazovi

FOOD



Hrana

- 925 miliona ljudi pothranjeno u 2010.
(FAO)
- Poljoprivreda će uzimati 70% pitke vode
(UN Water)

Hrana za tjedan dana u Njemačkoj



Hrana za tjedan dana, Darfur izbjeglice, Čad



Glavni globalni izazovi



Voda

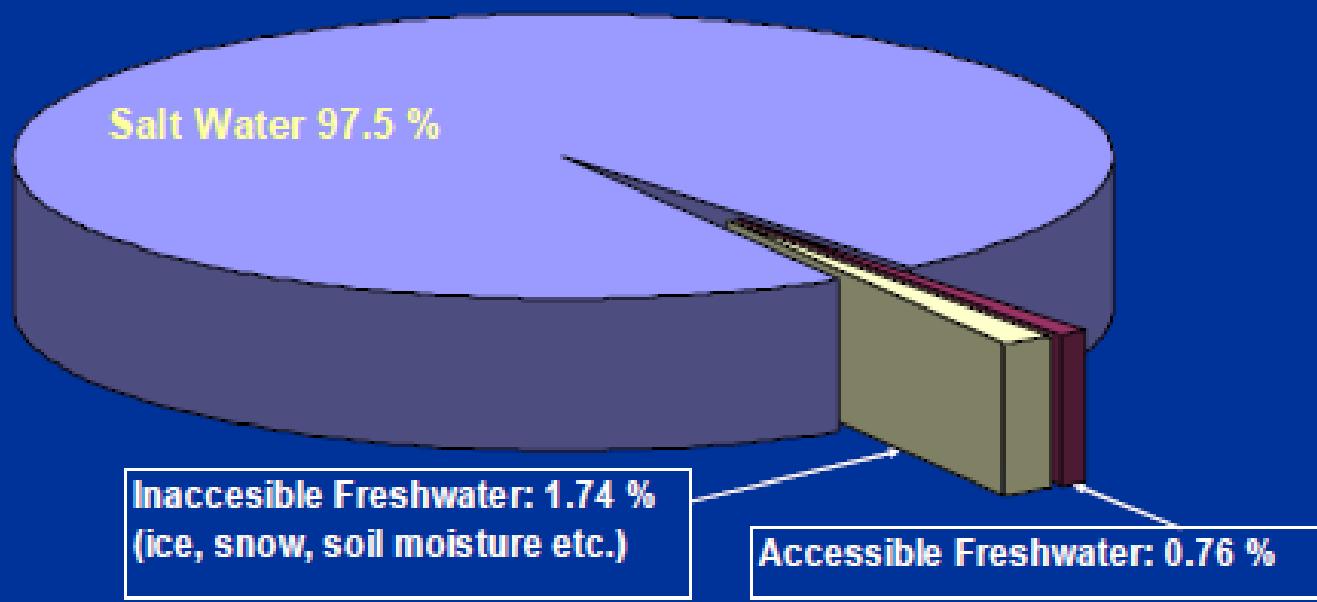
- **884 miliona ljudi ima neodgovarajući pristup sigurnoj pitkoj vodi (WHO&UNICEF)**
- **Potrošnja vode raste** po stopi više nego dvostruko od stope rasta stanovništva u zadnjem stoljeću
- **Hidroenergija** predstavlja oko **20%** svjetske proizvodnje eklektične energije

Status globalnih izvora vode

- 70% Zemlje je pokriveno vodom
- **Samo 2,5 % vode na Zemlji je pitka**
(slatka) voda
 - Preko 70% pitke vode je u glečerima i ledenom pokrivaču
 - Puno vode je preostalo u podzemnoj vodi

Status globalnih izvora vode

- Only about 0.76% of water on the Earth is fresh & accessible for use.
- It is also unequally distributed with respect to population



Nestašica vode

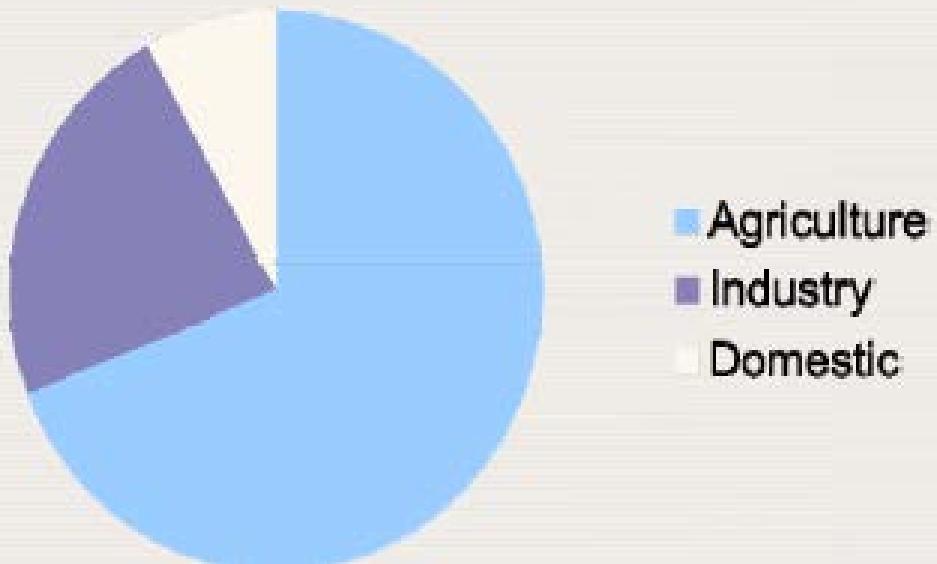
- Pola močvara je nestalo
- 20% slatkovodne ribe ugroženo
- Do 2050. između 1,7 i 7 miliardi ljudi
će se suočiti sa nestašicom vode
- Nestašica neće biti raspoređena jednolikom

Globalna upotreba vode

Humans currently appropriate 54% of accessible freshwater

- By 2025, 70%
- By 2050, 90%

Global Water Use



Glavni globalni izazovi



Energija

- Oko **2 milijarde ljudi** bez pristupa modernoj energiji
- Svjetska potrošnja energije će se povećati **36% između 2008. i 2035.** (IEA)
- **Proizvodnja energije pridonosi preko 80% globalne emisije plinova staklenika** (IIASA)

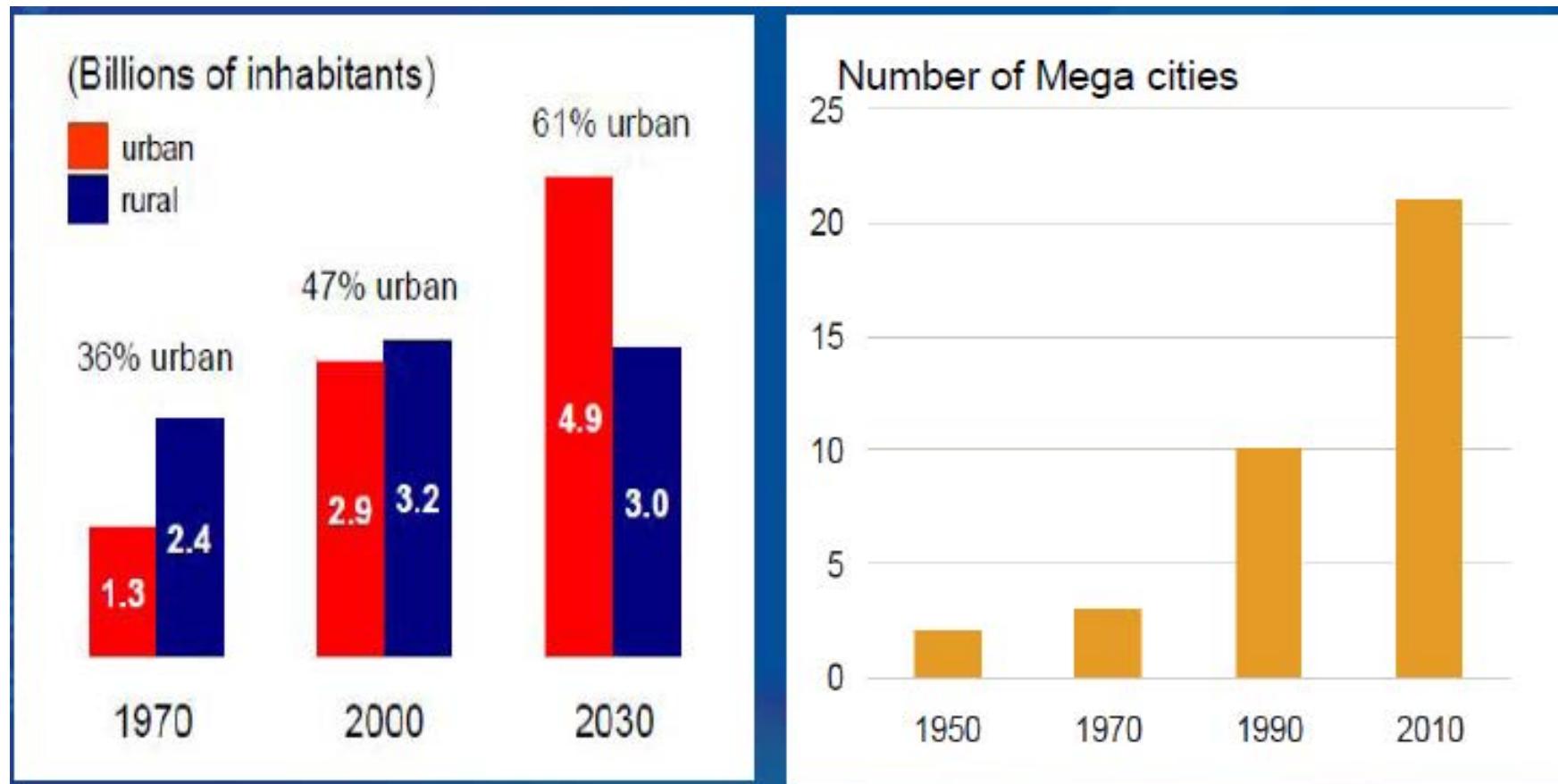
Glavni pokretači porasta potrošnje energije i povećanja emisija

- Stanovništvo - porast
- Ekonomski rast
- Tehnologija
- Politike
- Stilovi života

Globalna urbanizacija i energija

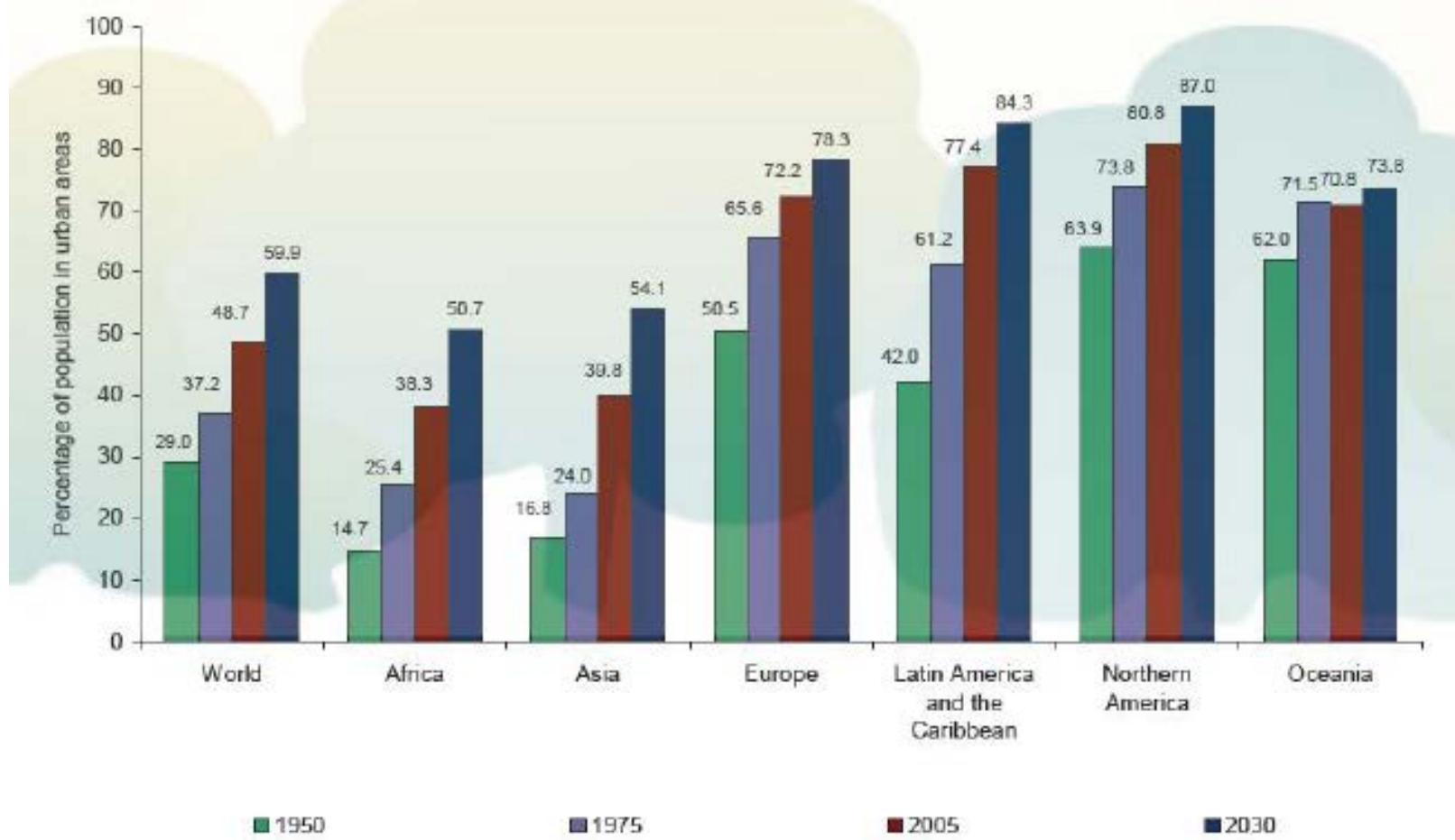
- Porast stanovništva Južne Azije, Kine i regija Afrike u **urbanim sredinama** se povećava sa povećanim stopama
- **Stanovnici urbanih sredina koriste nekoliko puta više energije** i energije iz različitih izvora nego što se koristi u ruralnim sredinama.
- Urbanizacija može donijeti povećanu ovisnost o fosilnim gorivima.

Trend urbanizacije u svijetu

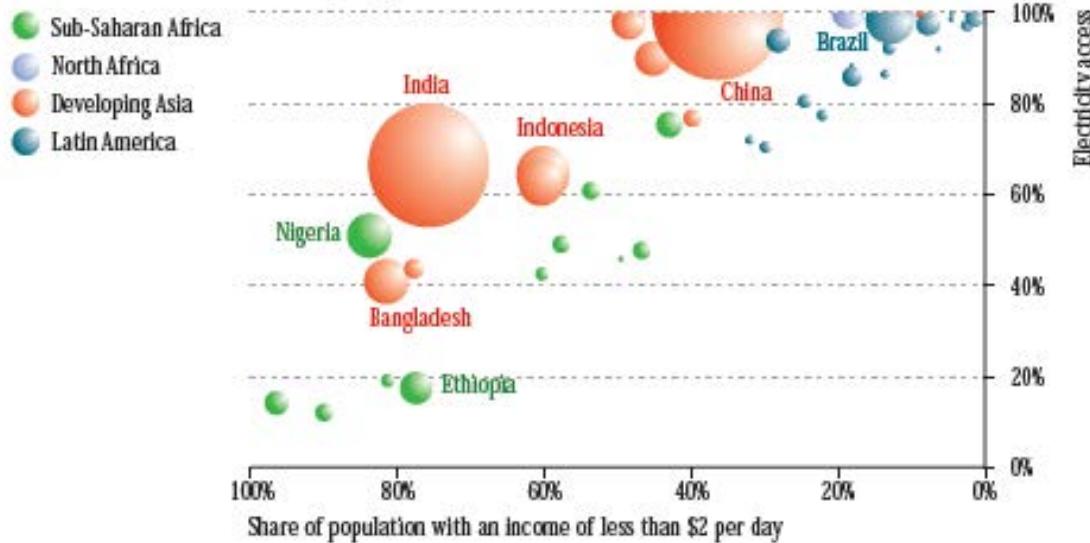


Source: UN 2007, World Urbanization Prospects

Trend urbanizacije po regijama



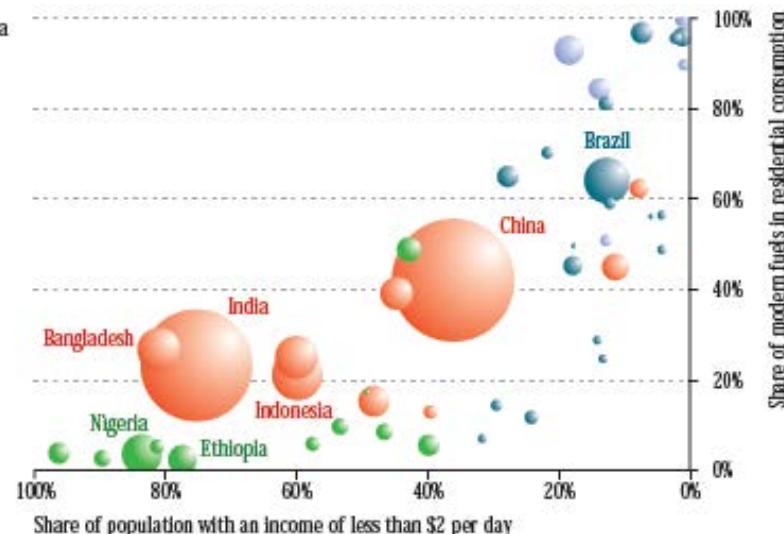
Dohodak kućanstva i dostup električnoj energiji i modernim gorivima u zemljama u razvoju



Note: The size of the bubble is proportional to population.

električna energija

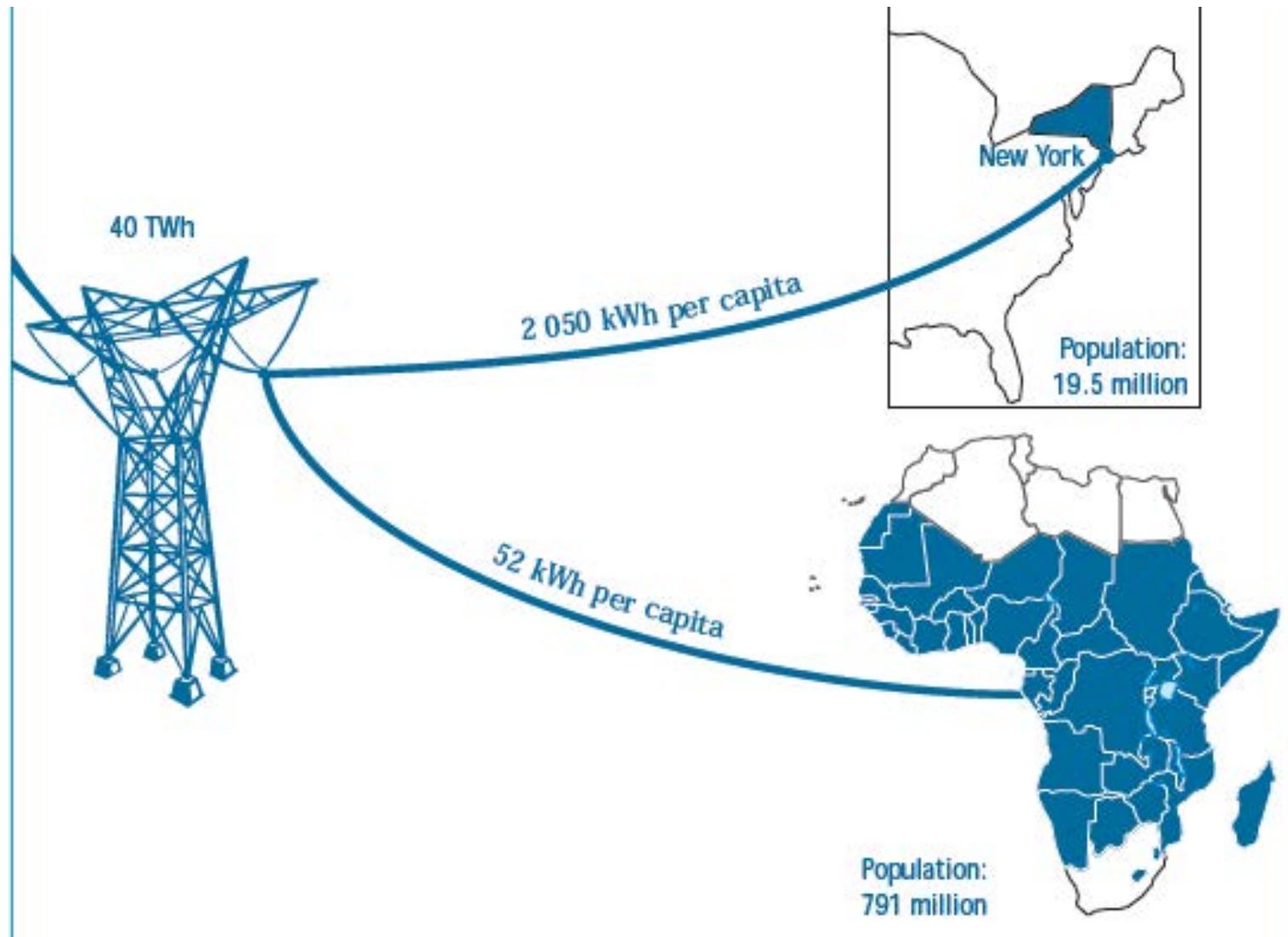
moderna goriva



*Modern fuels exclude traditional biomass.

Note: The size of the bubble is proportional to population.

Potrošnja električne energije u kućanstvima u New York i sub-Saharskoj Africi



Glavni globalni izazovi



Klimatske promjene

- 11 od 12 godina od 1995. do 2006. je među 12 **najtoplijih godina** od kad se mjeri globalna temperatura površine (od 1850). (IPCC)
- Prosječna temperatura se predviđa da će porasti između 1,1 i 6,4 °C do 2010. (IPCC)
- **70 miliona afrikanaca može patiti zbog devastirajućih poplava** kao rezultat klimatskih promjena (IPCC)

Glavni globalni izazovi

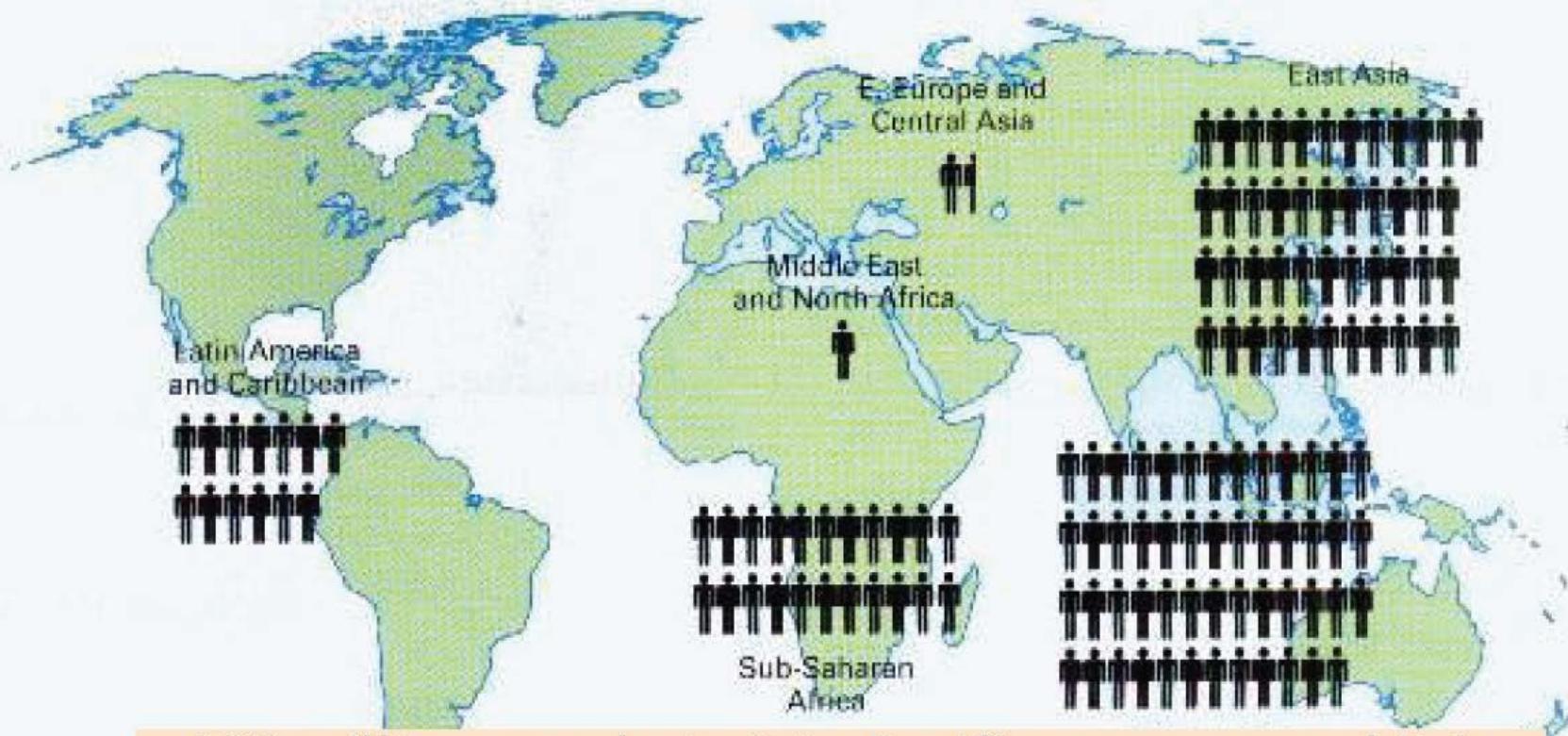


Siromaštvo i jednakost

- Preko **24 00 djece umire svaki dan zbog siromaštva** (UNICEF)
- **80% ljudi živi sa manje od 10 USD** na dan (WORLD Bank)
- “Glad je uzrok siromaštva, a ne samo njegova posljedica”. (FAO)

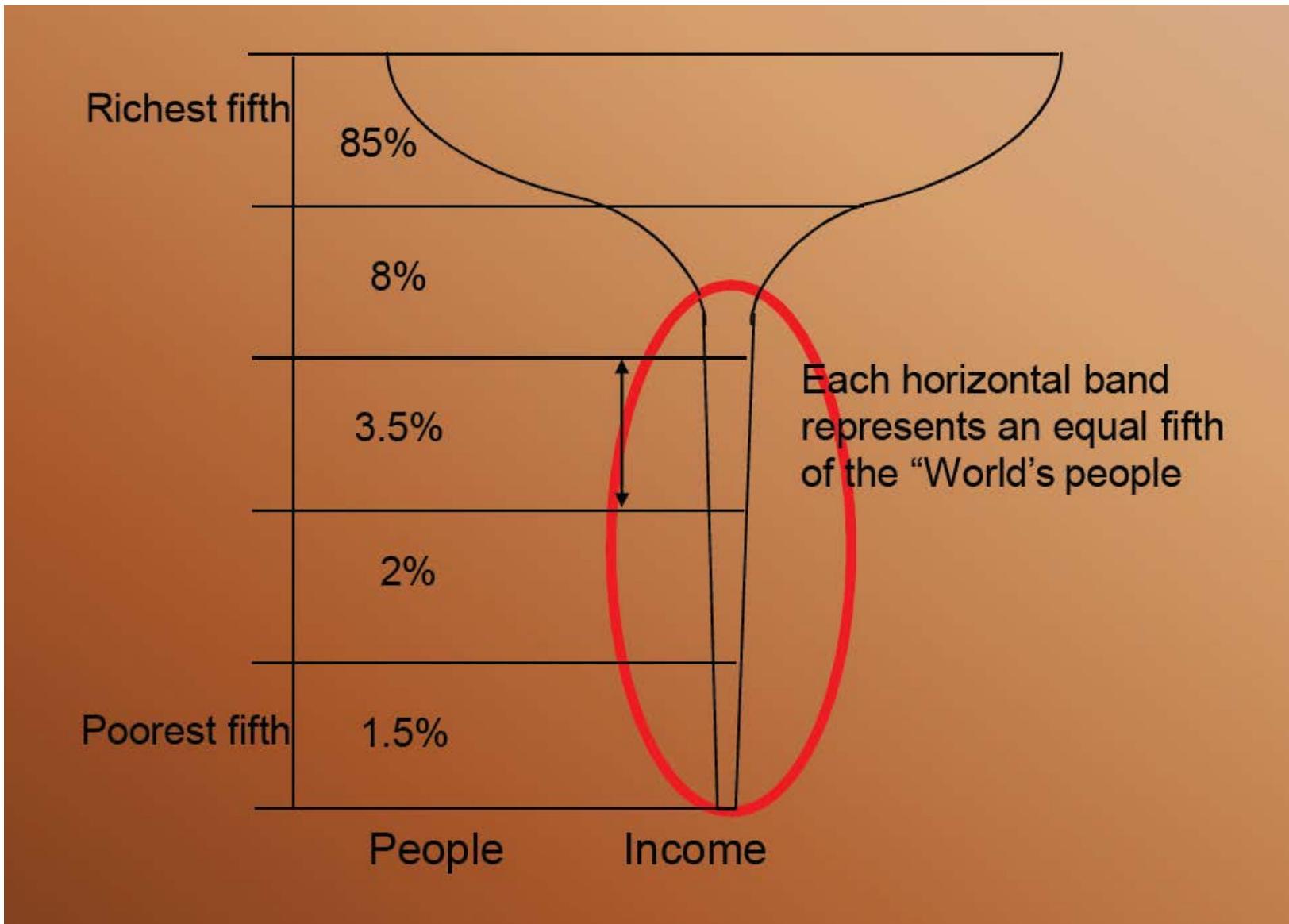
Siromaštvo – 3 milijarde ljudi

Each figure represents 10 million persons living on \$1 a day or less at 1985 prices.

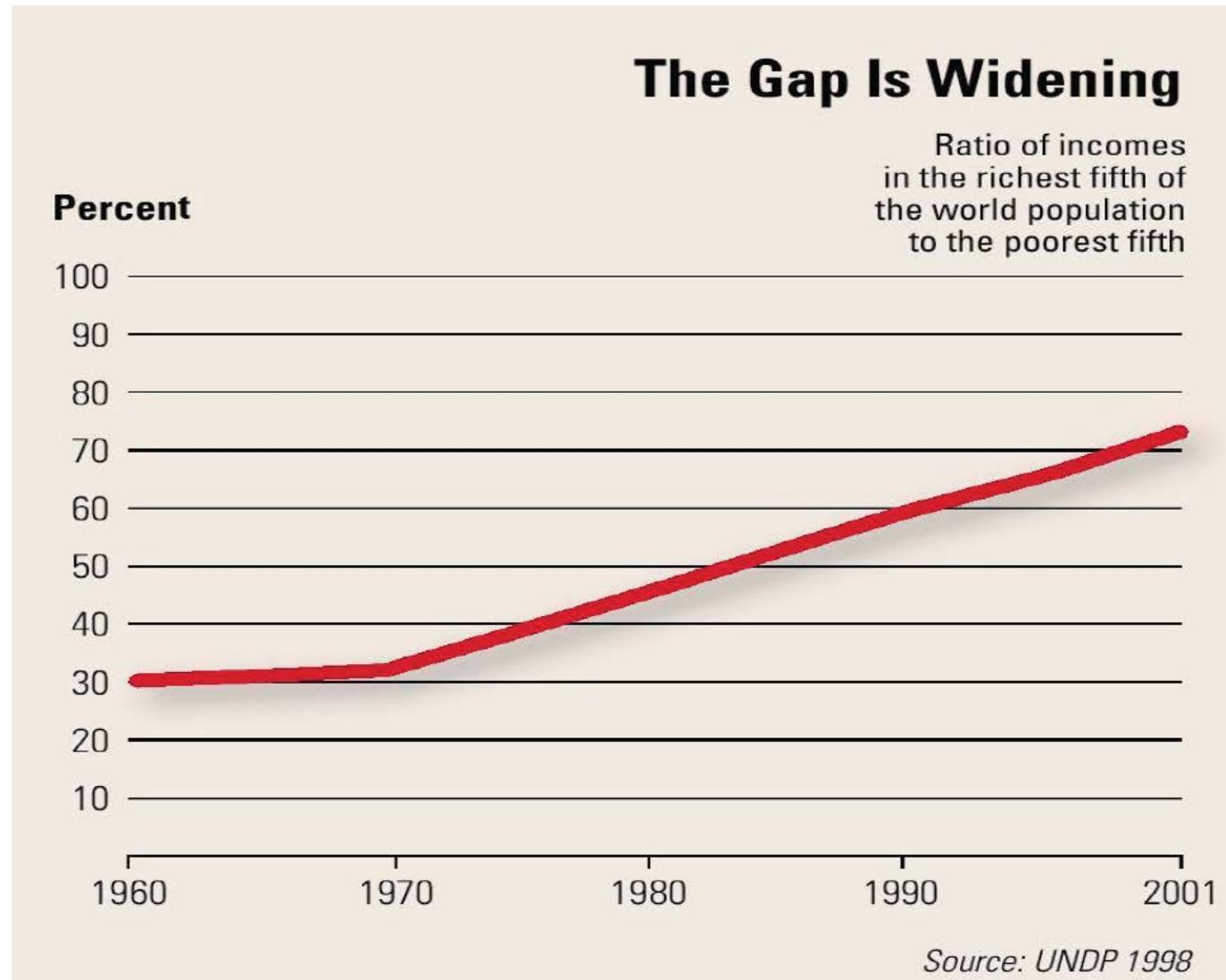


900 million people in Asia-Pacific are poor and it is 70% of the worlds poor people.

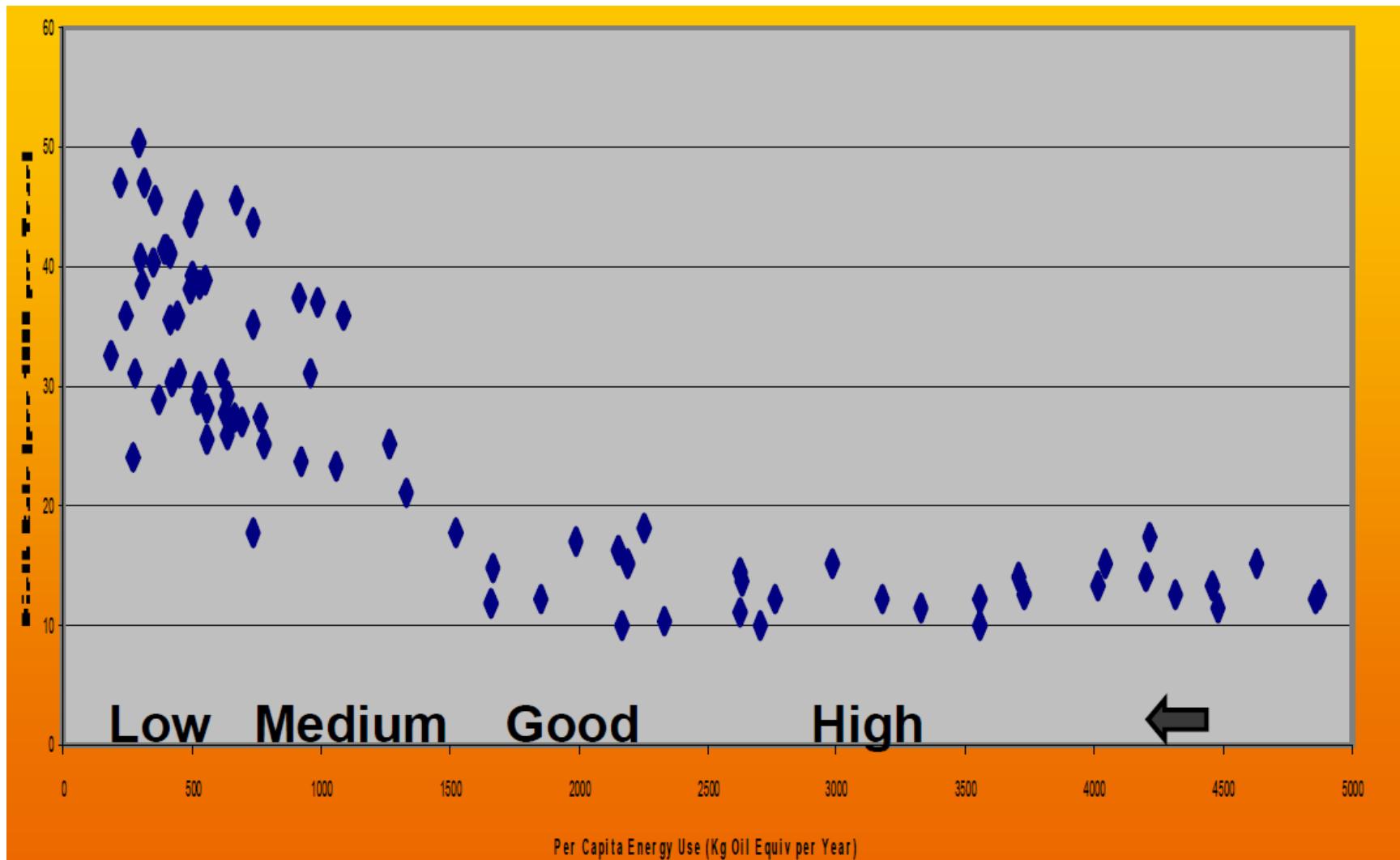
Distribucija bogatstva



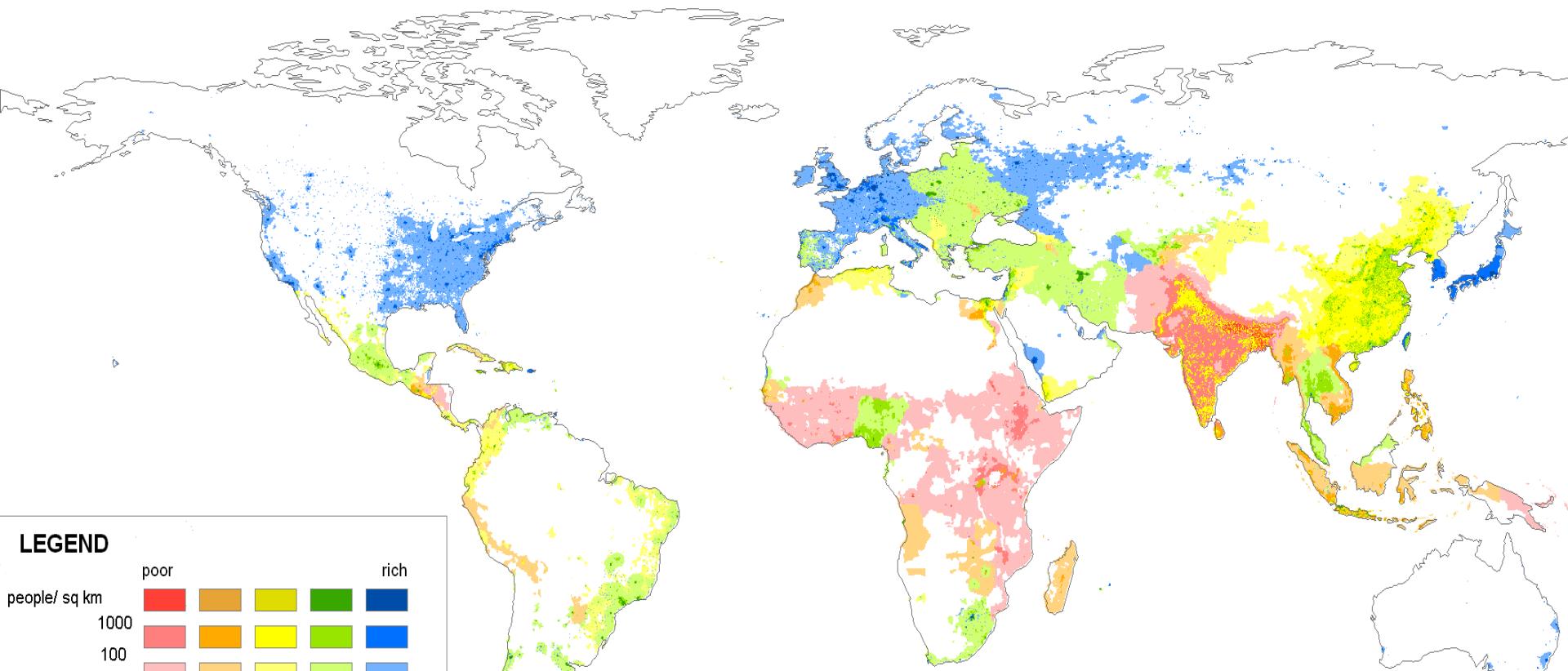
Razlike bogatih i siromašnih



Radanje i upotreba energije na 1000 stanovnika godišnje



Mapa energetskog siromaštva



Billions of people:

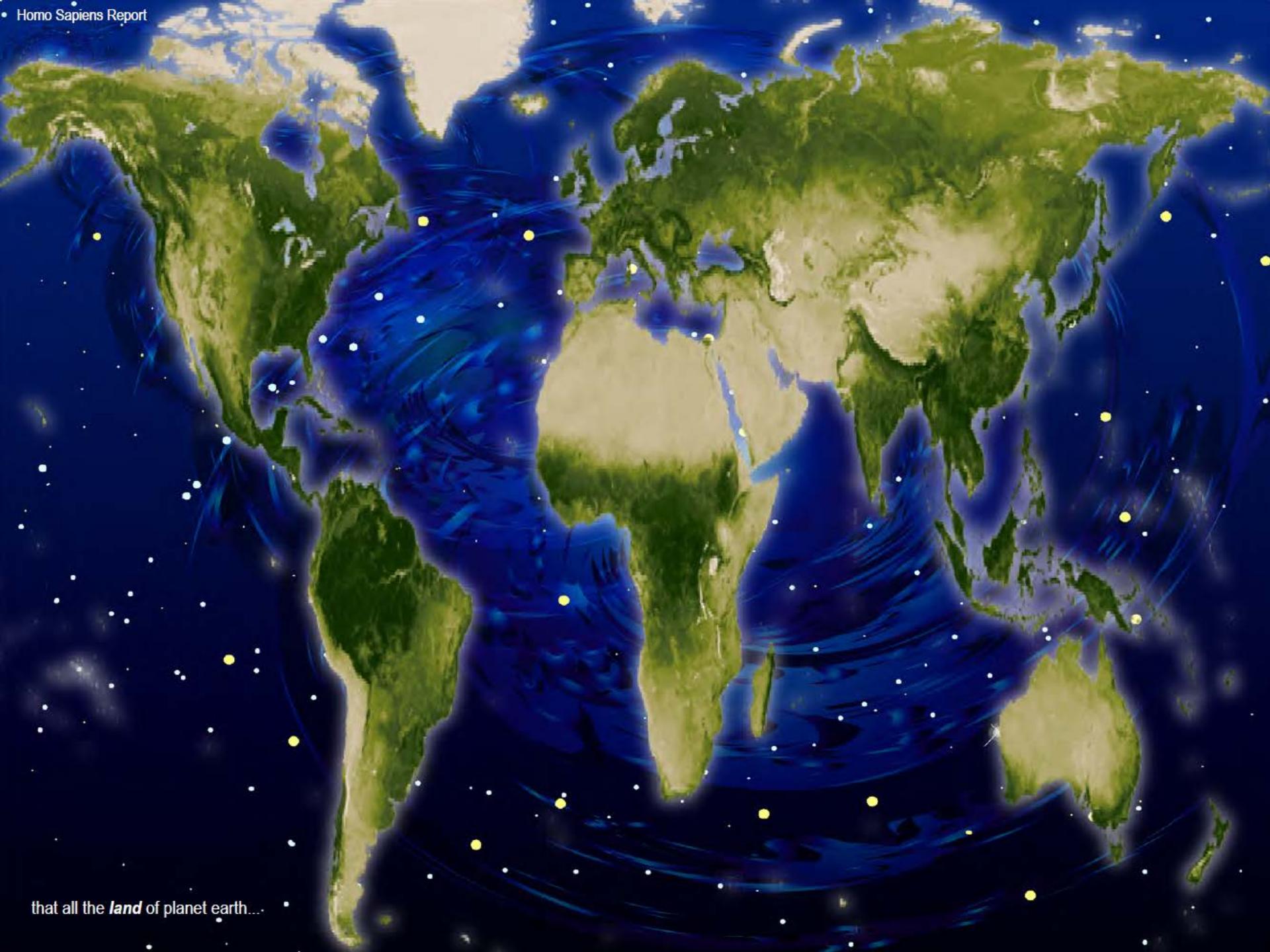
Abject poverty: 1.3	Poor: 0.6	Less poor: 1.4	Middle class: 1.4	Rich: 1.2
	3.3			

Medusobna povezanost



ENERGIJA I RAZVOJ DRUŠTVA

**Ljudsko društvo svojim
djelovanjem utječe na
okoliš**



that all the *land* of planet earth...



is put together by the **types** of
land - and here they are, in an
11,000 kilometer square... •



The most important areas for humans are 19% crops and grazing, 24% forest, 2.5% fresh water - and the whole atomic table of elements, the natural **Resources**. Now if all these land types are divided equally...



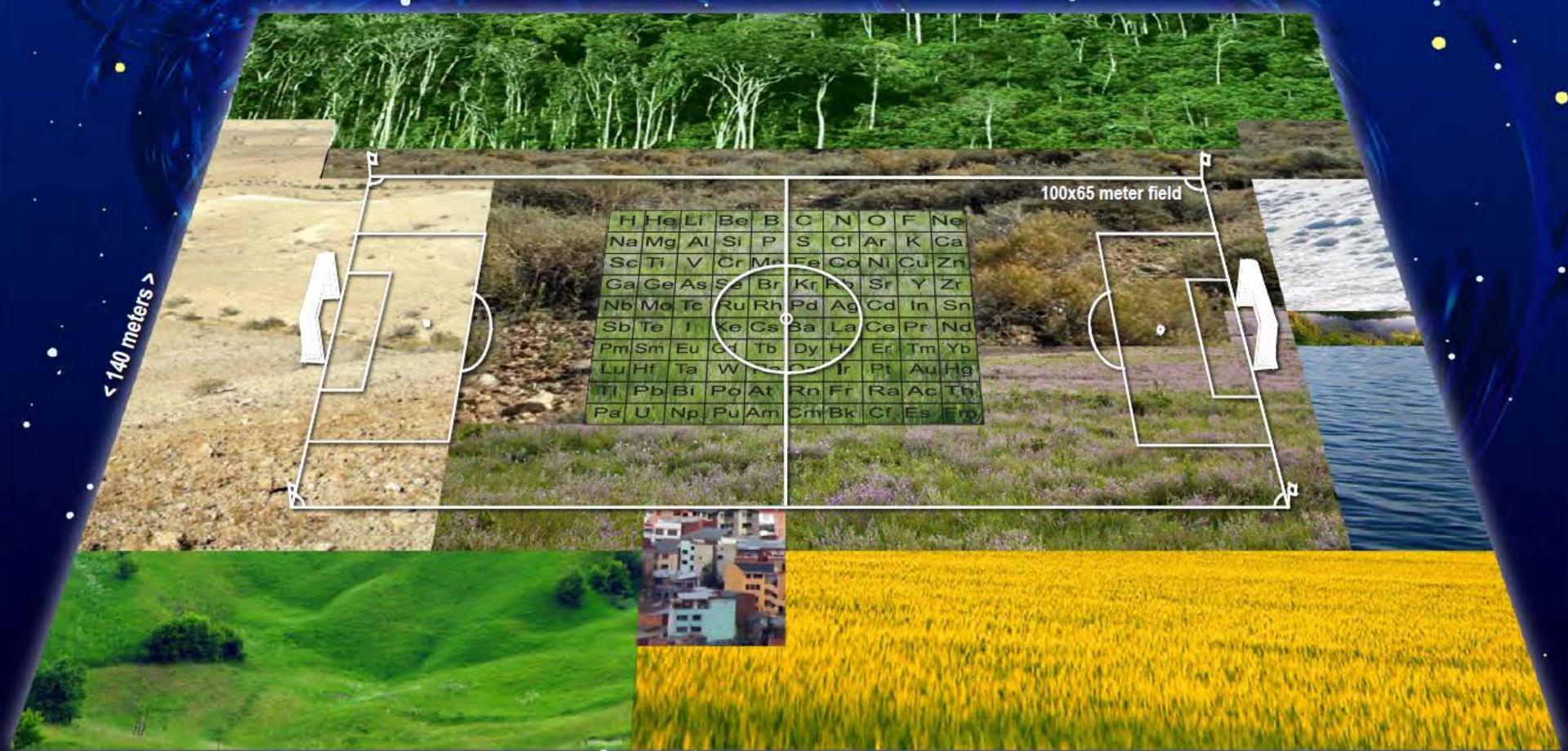
Each of 6.8 billion humans gets
equal land.

< ? miles, ?? feet >
< ? kilometers, ?? meters >

H	He	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar	K	Ca
Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	Rb	Sr	Y	Zr
Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn
Sb	Te	I	Xe	Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd
Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb
Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg
Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	Fr	Ra	Ac	Th
Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm

< ? kilometers, ?? meters per person >
● < ? miles, ?? feet >

How much land would each
human get?



Each of us would get 3 football fields of land, that's 140 by 140 meters total. Our fair share is not very much. Here is why:



First, out of just 30 by 140 meters of crop land, grazing land and fresh water each of us must get all of our food, all of our water. Then...



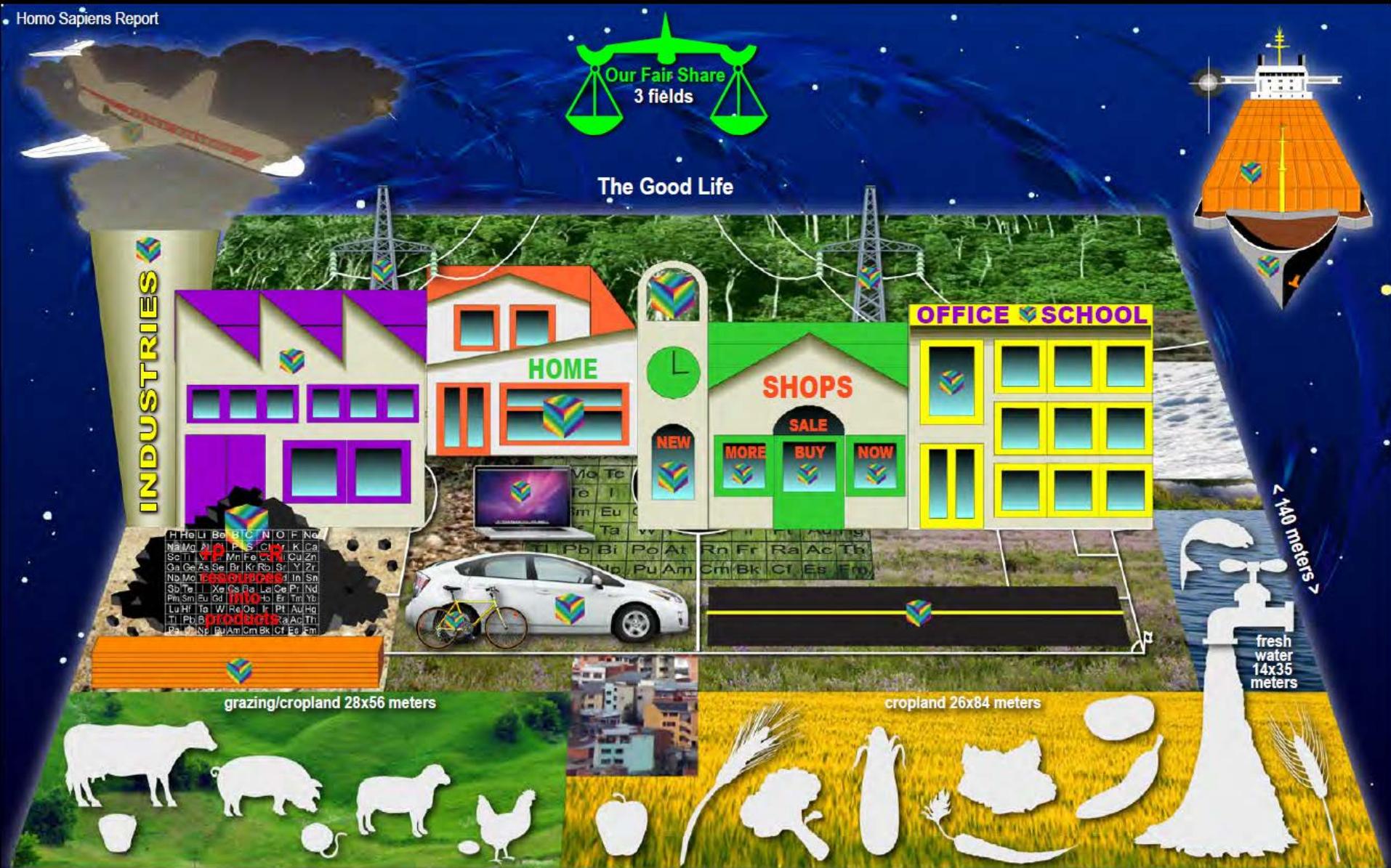
Out of our 3 fields we must get ALL the natural Resources required to make ALL our Products, including our House and everything in it; all our Transport, our bicycle, our automobile and its fuel...



Out of our land we must get all the Resources to make our share of shops and all the Products in them; our share of roads, bridges, tunnels, pipes, wires, polls, sewers...



...the materials to make our share of offices and schools and everything in them; our share of trucks, trains, ships, planes, military equipment...



...our share of industries, factories, Product manufacturing; our share of mining - extractions of fuel, wood, mineral, metal, chemical Resources... The total includes our share of all Products made from Resources, including from the seas which are only a few percent.

The question is: is it already too late for **fairness**? The global "**good life**", everyone wants it, but with so few resources can everyone have it? - and for Homo Sapiens, what indeed is the "**good life**"?

2010
3 fields

Our Fair Share

2 fields

2050
2 fields

H	He	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar	K	Ca
Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	Rb	Sr	Y	Zr
Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn
Sb	Te		Xe	Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd
Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb
Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg
Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	Fr	Ra	Ac	Th
Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm

closed mass system

...If all land is once again divided equally in 2050, each of us will then get only **2 football fields**. In just 40 years we will have to give up **at least 1 field** to other humans...

2010
6+ billion*one-third increase*

+H

2050
9+ billion

2010
3 fields2050
2 fields< 114
114
> 110 meters13.5%
barrenland
*1/3 lost*8%
grazing/
cropland
1/3 lost

H	He	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar	K	Ca
Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	Rb	Sr	Y	Zr
Nb	Mo	Te	Ru	R	Pd	Ag	Cd	In	Sn
Sb	Te	I	Xe	La	Ce	Pr	Nd		
Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb

closed mass system
9%
mixedland
1/3 lost

1.5%
builtland11%
cropland*1/3 lost*12%
grassland
*1/3 lost*16%
shrubland
*1/3 lost*2%
permanent
snow/ice
1/3 lost.5% wetland
*1/3 lost*2.5%
fresh
water
bodies
1/3 lost

in 40 years one-third of land is lost, to human numbers increase

< 110 meters >
114

We will lose a third of our cropland, a third of grazing land, 1/3 of our fresh water, 1/3 of our forests, minerals, 1/3 of everything, every resource – even a third of our share of sunlight, in just 40 years. But...

2010
6+ billionone-third increase
+H2050
9+ billion



2050
1 football field

< 140 meters >

H	He	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar	K	Ca
Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	Rb	Sr	Y	Zr
Nb	Mo	Te	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn
Sb	Te	I	Xe	Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd
Bi	Cs	Fr	Cf	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb



< 140 meters >

The above is only one half our loss. By 2050 each of us will be down to 1 football field, or less. Here is why:

+P -R
products are increasing
resources are decreasing

2050
1 football field

H	He	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar	K	Ca
Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	Rb	Sr	Y	Zr
Nb	Mo	Te	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn
Sb	Te	I	Xe	Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd
Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb

In 40 years one-third of land is lost to human numbers increase



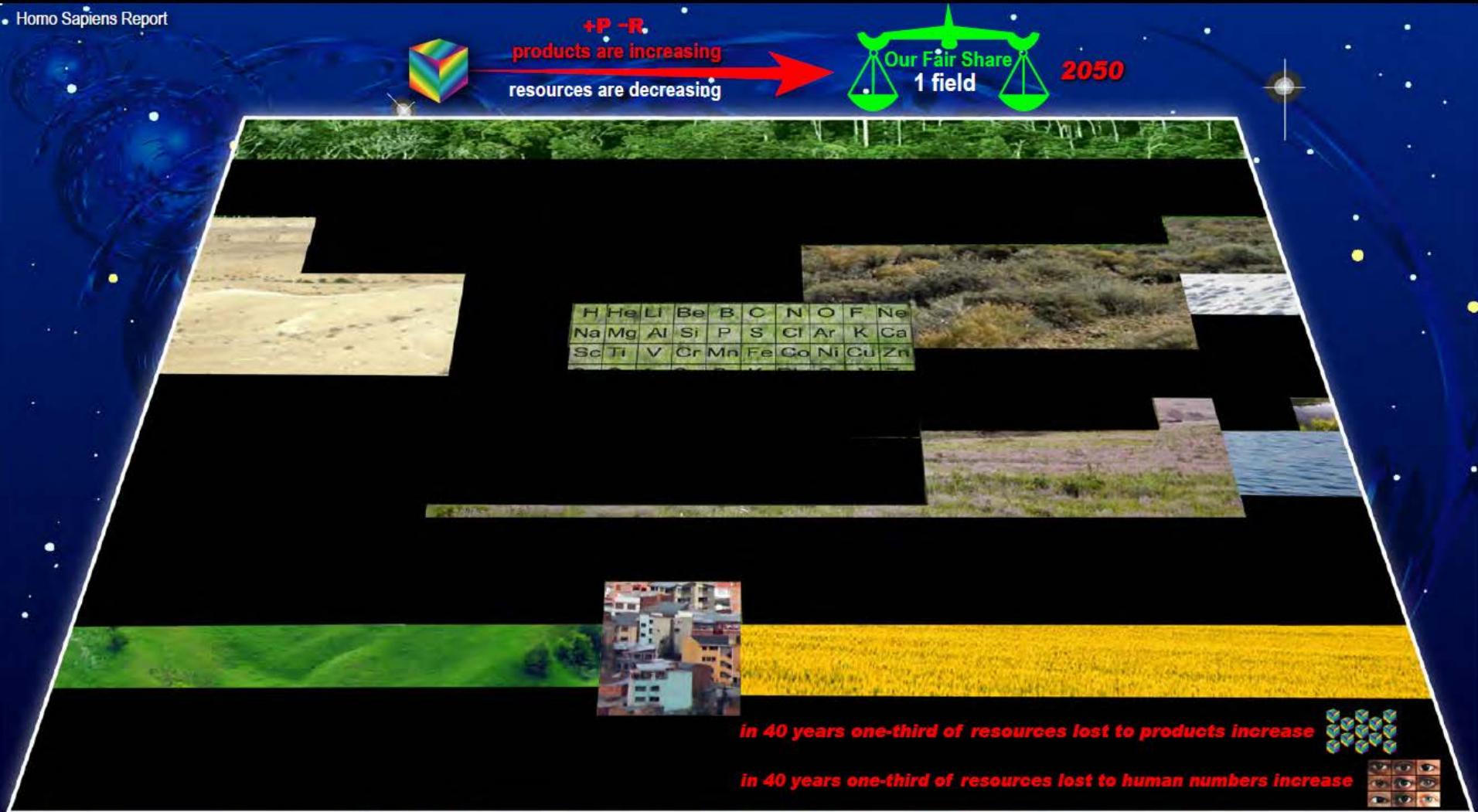
In addition to the above 1 field lost to human numbers increase, 1 more field will be lost to product making, here is what our land will look like in just 40 years ...



+P -R
products are increasing
resources are decreasing

Our Fair Share
1 field
2050

H	He	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar	K	Ca
Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn



Another one-third of land lost to product making which depletes resources. Here are the details...



-R
in 40 years
= two-thirds
resources
lost

metal depletions

Al 13 Aluminum
Cr 24 Chromium
Mn 25 Manganese

Fe 26 Iron

Co 27 Cobalt

Ni 28 Nickel

Cu 29 Copper

Zn 30 Zinc

As 33 Arsenic

Ag 47 Silver

Cd 48 Cadmium

Sn 50 Tin

Pt 78 Platinum

Au 79 Gold

Hg 80 Mercury

Pb 82 Lead

U 92 Uranium

Li 3 Lithium

Ga 31 Gallium

Se 84 Selenium

Rh 45 Rhodium over-grazing, soil-nutrient depletions-loss, erosions, floods, desertifications +

Pd 46 Palladium

In 49 Indium

Te 52 Tellurium

Nd 60 Neodymium

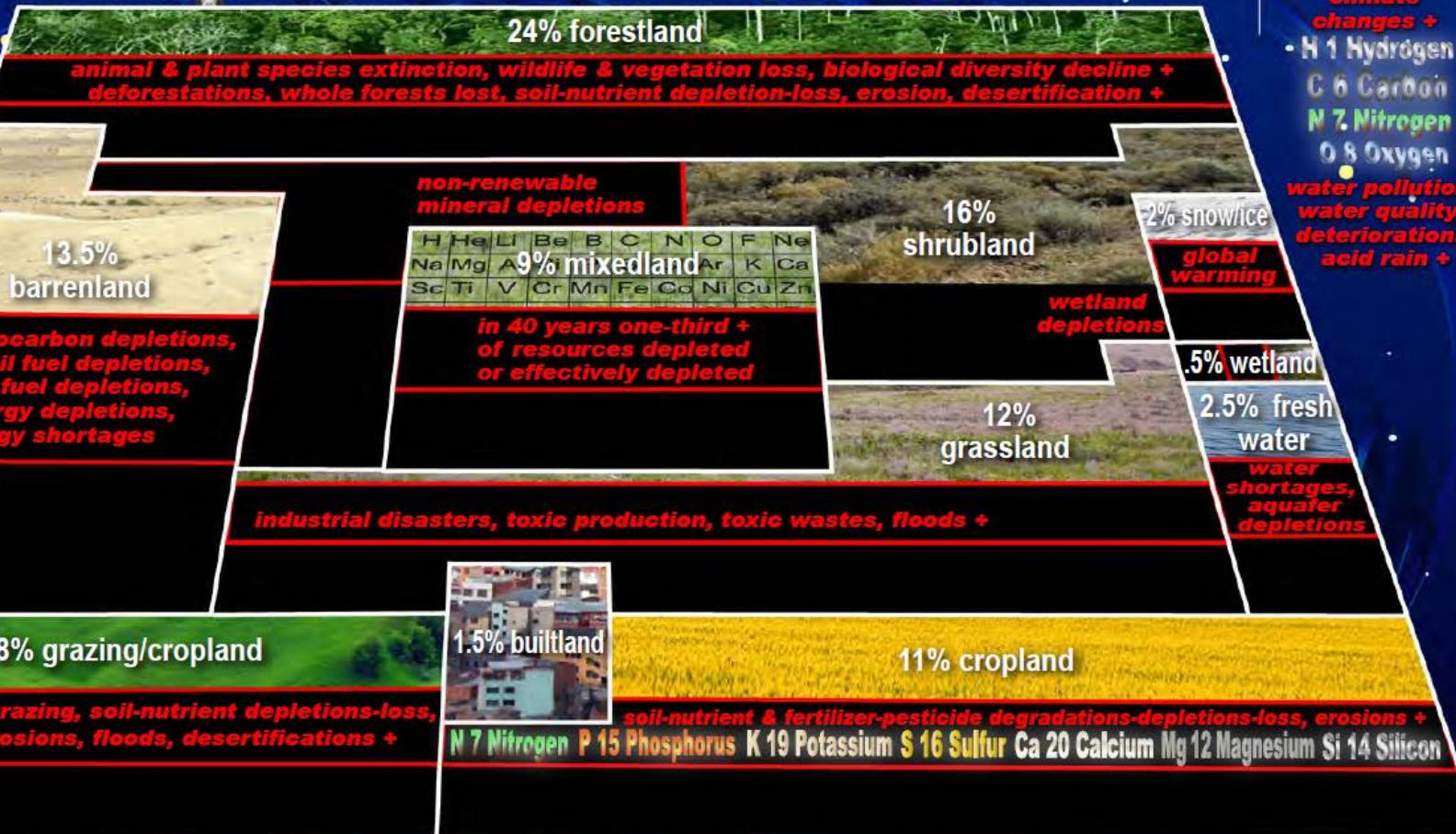
Tb 65 Terbium

Dy 66 Dysprosium

Ta 73 Tantalum

Take a moment to read the above. These are some of the resource losses which product making costs us. The words give an indication of the vastness of depletions, why each of us will be down to 1 football field of resources 40 years from now.

+P -R
products are increasing
resources are decreasing



*real RecycleReuseReduce
rates extremely low*

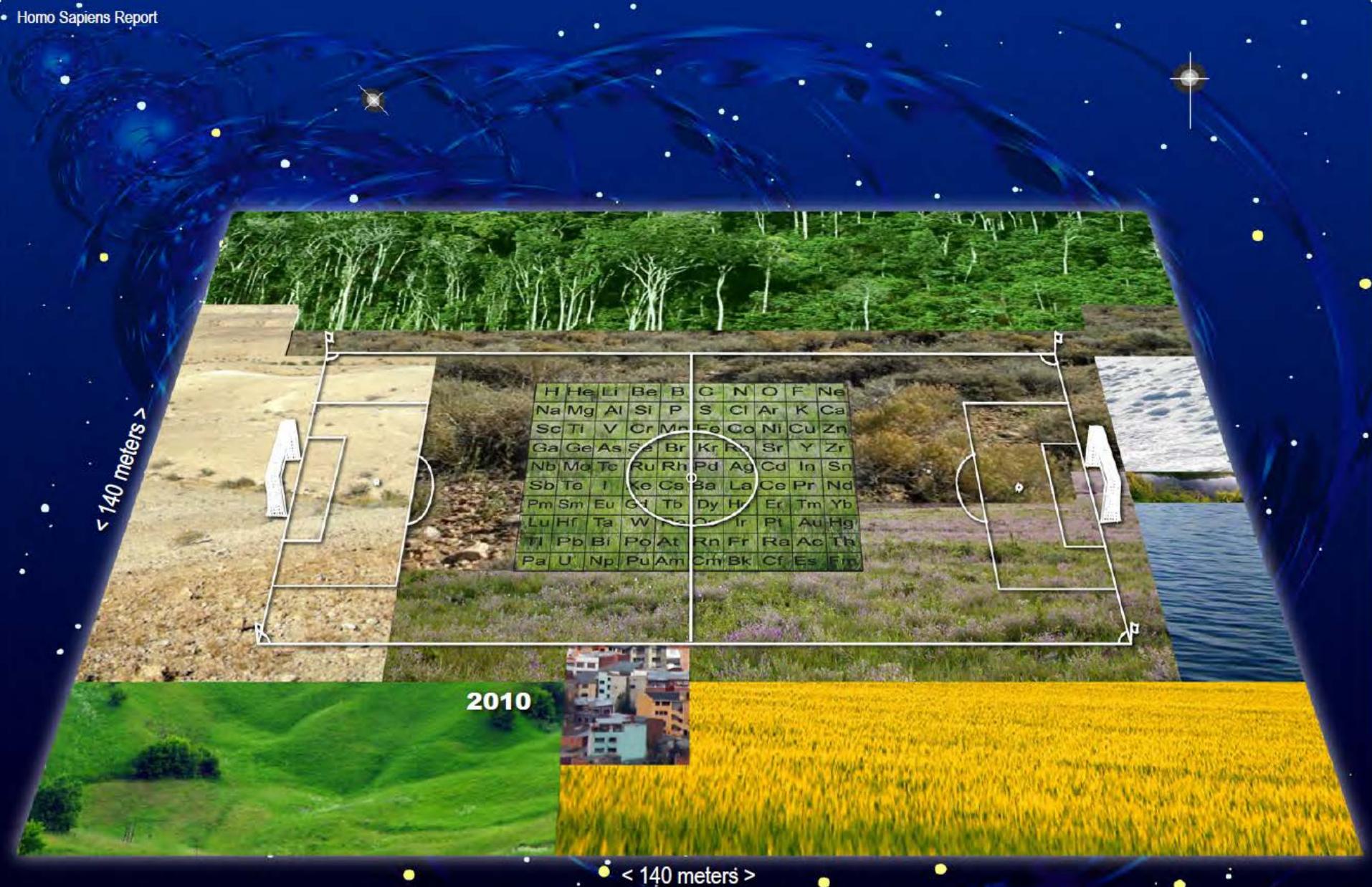
H He	N	O	F	Ne
Na Mg	Ti	Be	B	C N O F Ne
Sc Ti	V	Cr	Mn	Ar K Ca
Ga Ge	As	Cr	Mn	Sc Ti V Cr Mn Fe Co Ni Cu Zn
Nb Mo	Pt	As	Cr	
Ag Pt	Ir	Ge	As	
Sb Te	Tl	Ge	As	
Pm Sm	Eu	Ge	As	
Lu Hf	Ta	Ge	As	
Tl Pb Bi Po A	Po A	Ge	As	
Pa U	Np Pt A	Ge	As	
91 92 93 94 95 96 97 98 99 100	91 92 93 94 95 96 97 98 99 100	91 92 93 94 95 96 97 98 99 100	91 92 93 94 95 96 97 98 99 100	91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

LOST

air pollution, air quality deteriorations, climate changes +
H 1 Hydrogen C 6 Carbon N 7 Nitrogen O 8 Oxygen water pollution, water quality deteriorations, acid rain +

-R
in 40 years = two-thirds resources lost





To conclude: this is what each
of us has now. And this...

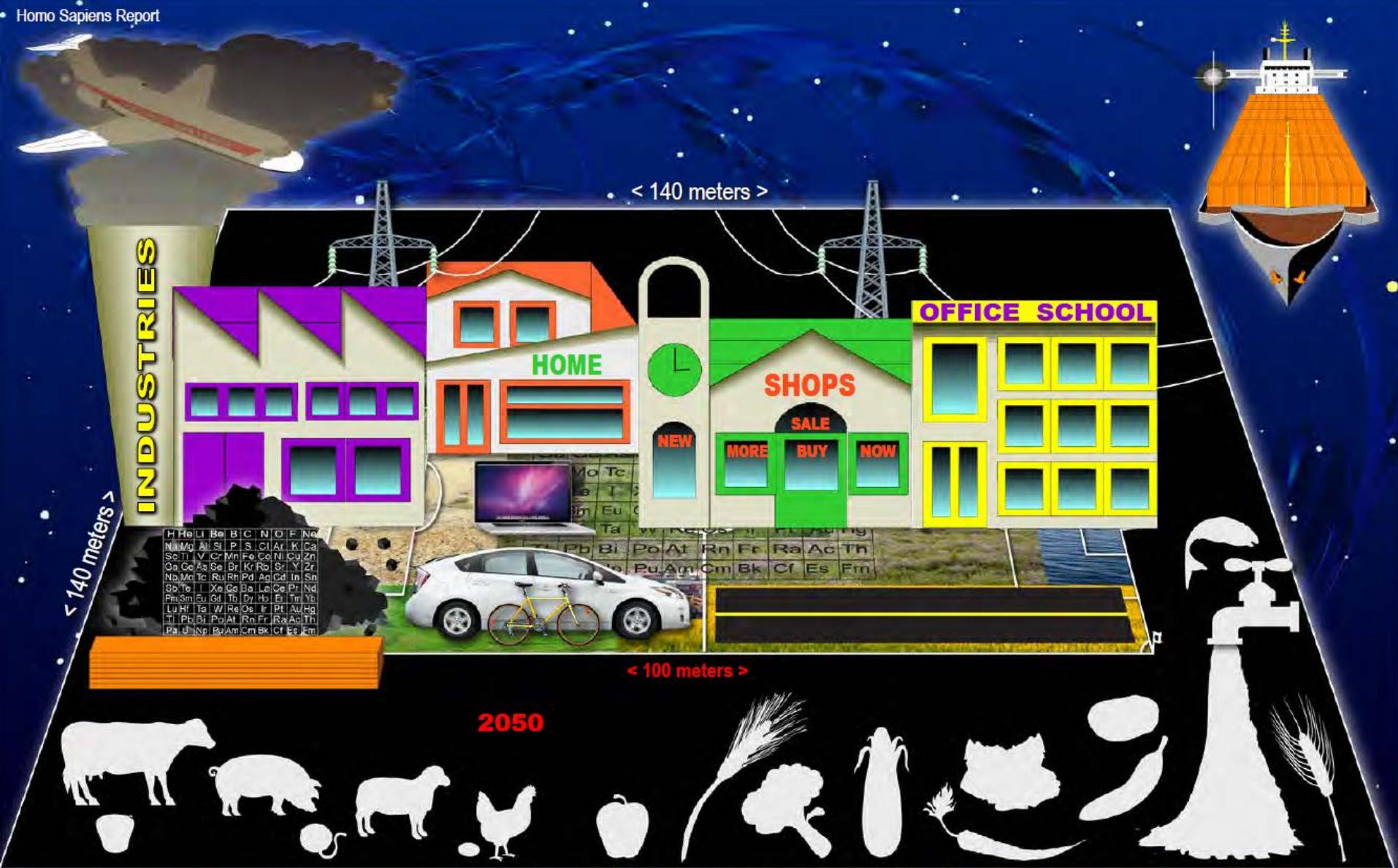


• < 140 meters >

This is what each of us will have in 40 years...



This is an indication of what we have on our land today...



And these are the same items
on 1 football field of resources...

In 40 years it will NOT be possible to have the same life as today - and it will be worse for every succeeding generation to come - there are simply not enough resources...

Three Earth-like spheres are arranged in a triangular cluster against a bright yellow background. The spheres show various cloud formations and landmasses, appearing slightly different from one another.

**Otherwise, We Will
Need 2 Additional
Worlds by 2030**



Development Alternatives

Zauzeće površine za transport istog broja ljudi

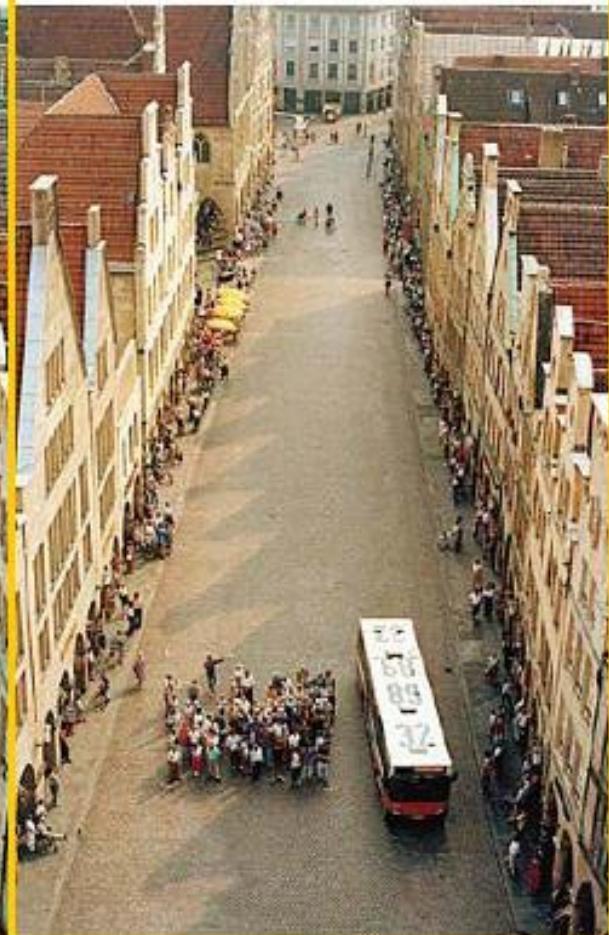
Automobile



Bicycle



Bus



RESURSI U SVIJETU

1. Predavanje
Prof.dr.sc. Željko Tomšić

Predmet

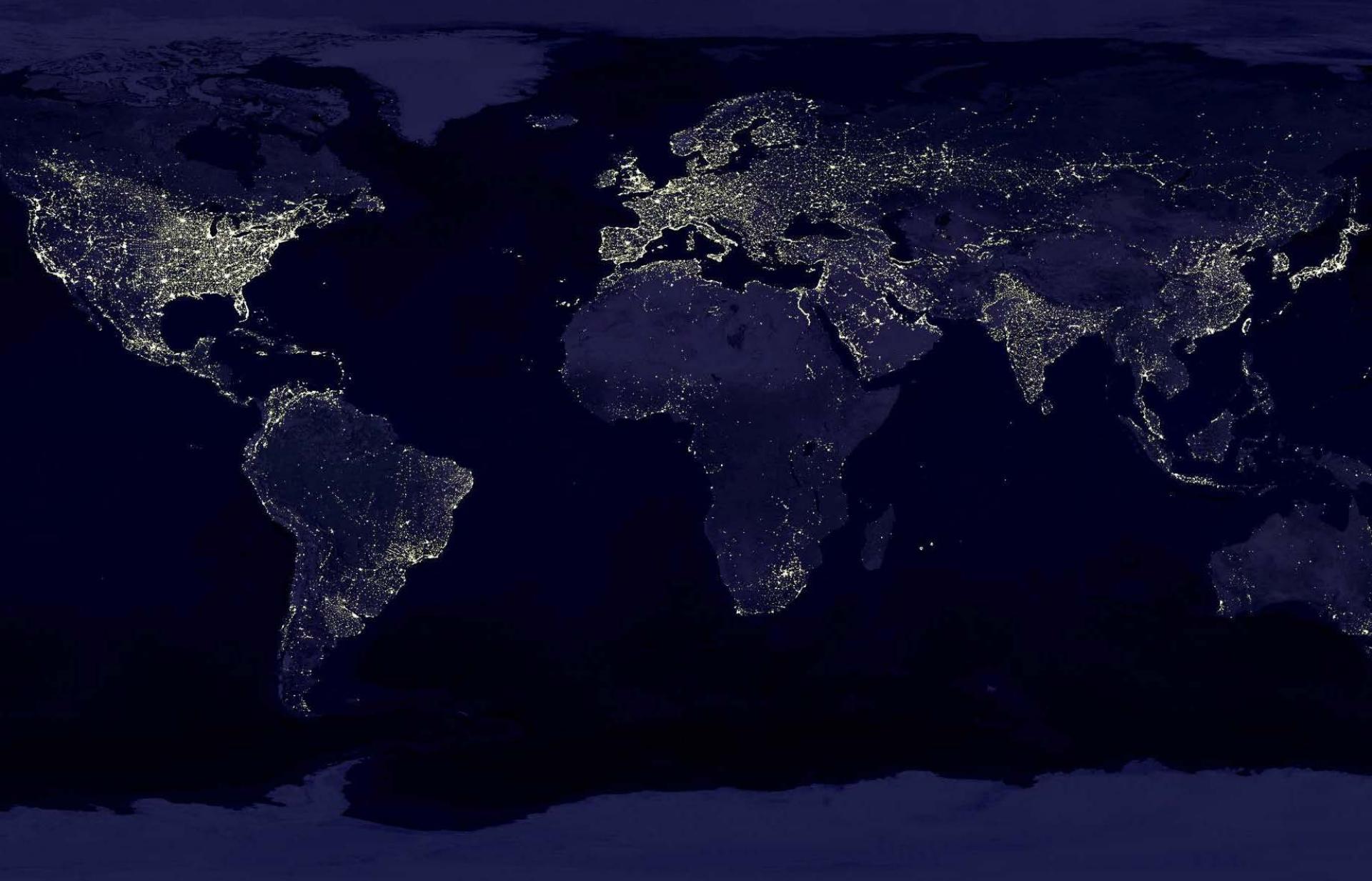
“Energetika, okoliš i održivi razvoj“

EOOR

Prof.dr.sc. Željko Tomšić

ENERGIJA I RAZVOJ DRUŠTVA

Uvodna razmišljanja...



ENERGIJA I RAZVOJ DRUŠTVA

**Ljudsko društvo svojim
djelovanjem utječe na
okoliš**



Dugogodišnji problem onečišćenja zraka zahtjeva iznimnu razinu pažnje od politike u gradovima diljem svijeta, posebice u Kini i Europi.

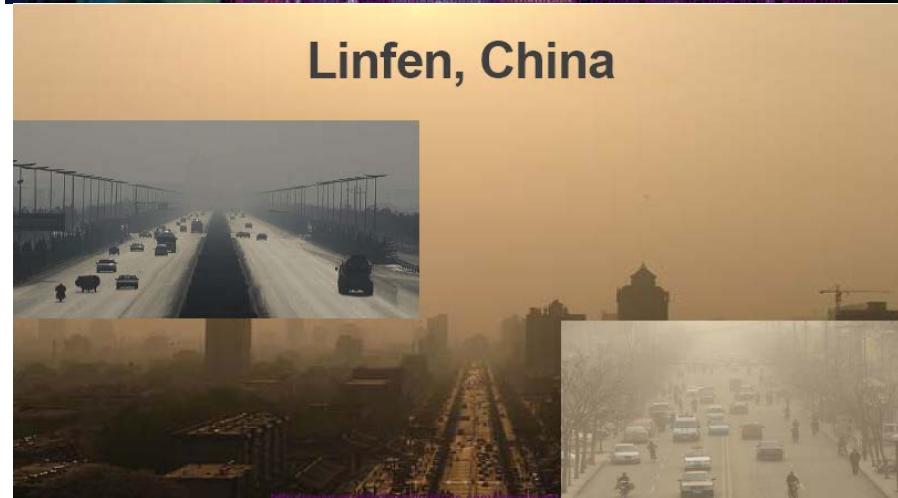
Norilsk, Russia



Sukinda, India



Linfen, China



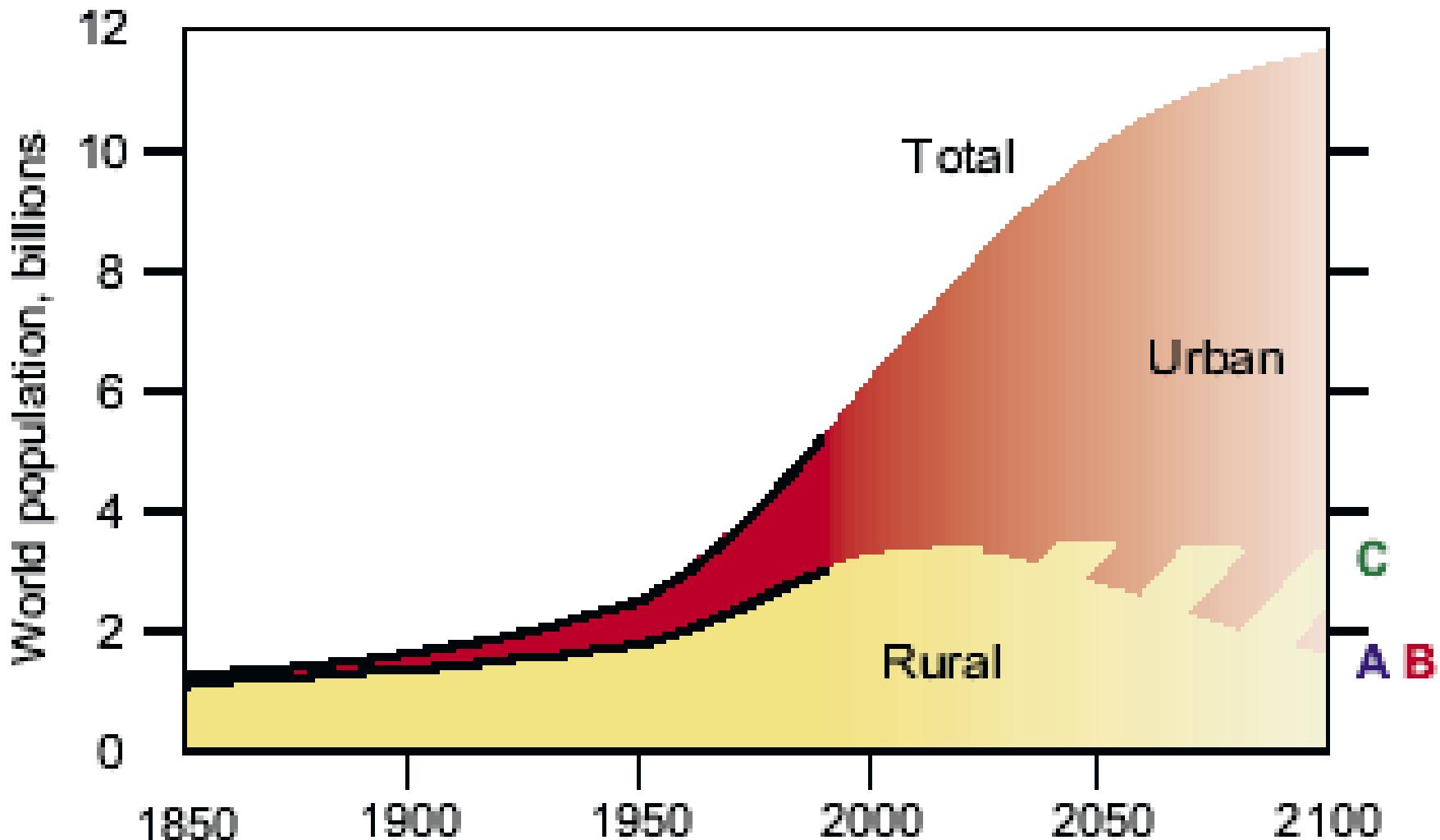
- **Onečišćenje zraka ubija 2,5-3 milijuna ljudi diljem svijeta svake godine.**
- **Arktičkog leda može nestati u 10-20 godina.**
- **Globalna temperatura raste bržim tempom nego ikada u povijesti.**

- **Povećanjem energetskih potreba povećava se zagađenje, globalno zagrijavanje, i cijene energije.**
- **Više cijene energije dovode do gospodarske, socijalne, političke nestabilnosti**

Faktor promjene broja stanovnika, nacionalnog dohodka, potrošnja energije i emisija CO₂

	1800	2000	<u>faktor</u>
Stanovništvo (milijarda)	1	6	x 6
GDP PPP (trilijun \$)	0,5	36	x ~70
Primarna energija (EJ)	12	440	x ~35
Emisije CO₂ (GtC)	0,3	6.4	x ~20

Porast stanovništva povjesni podaci i projekcija Svjetske banke



Sedam milijardi priča



Kina



Big Apple



Australia



Java



Bangaladeš



Ruanda



Michigan



Niger



Brazil



Južna Koreja



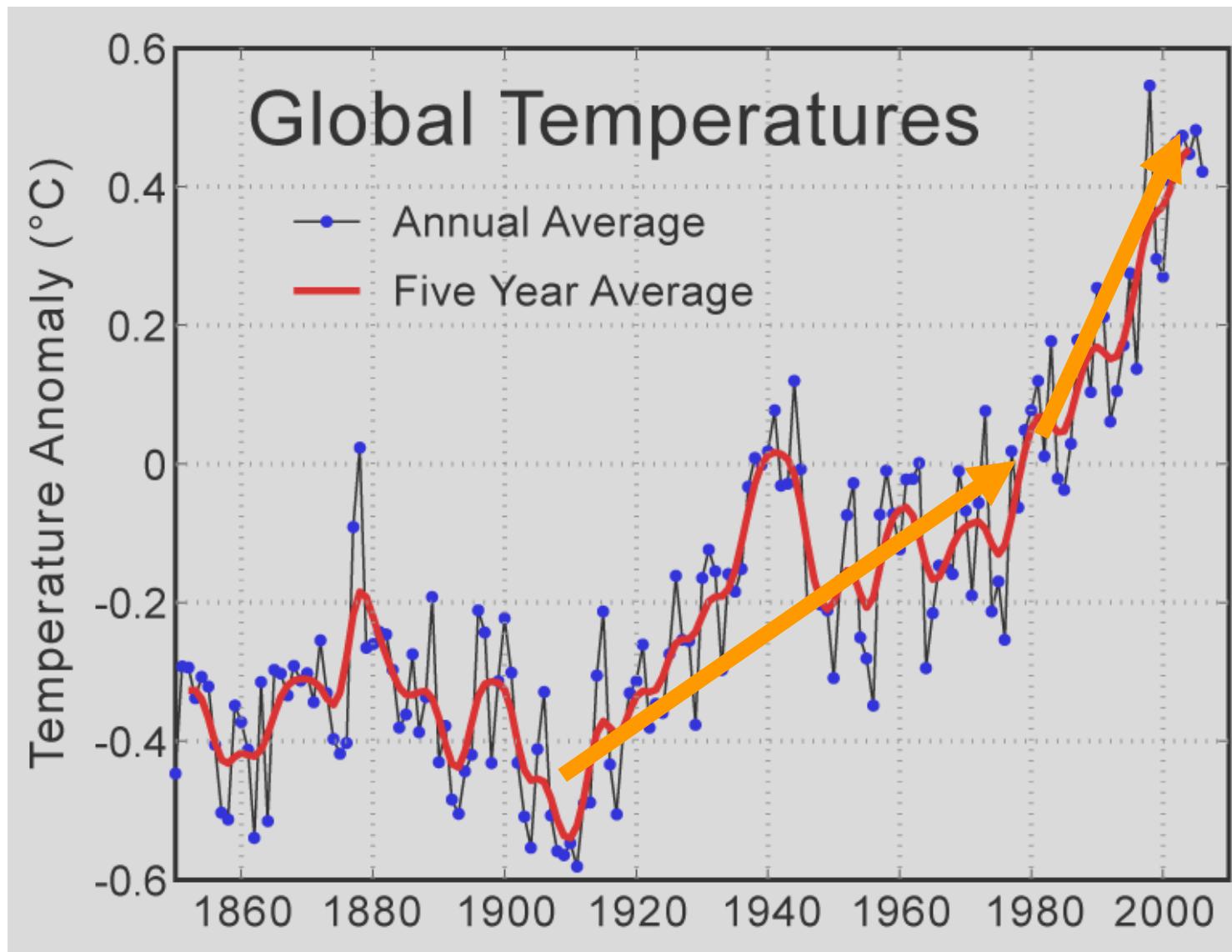
Malawi



Nizozemska

**Postavlja se pitanje:
Kako će naša vrsta zadovoljiti potrebe
sadašnjih i budućih generacija?**

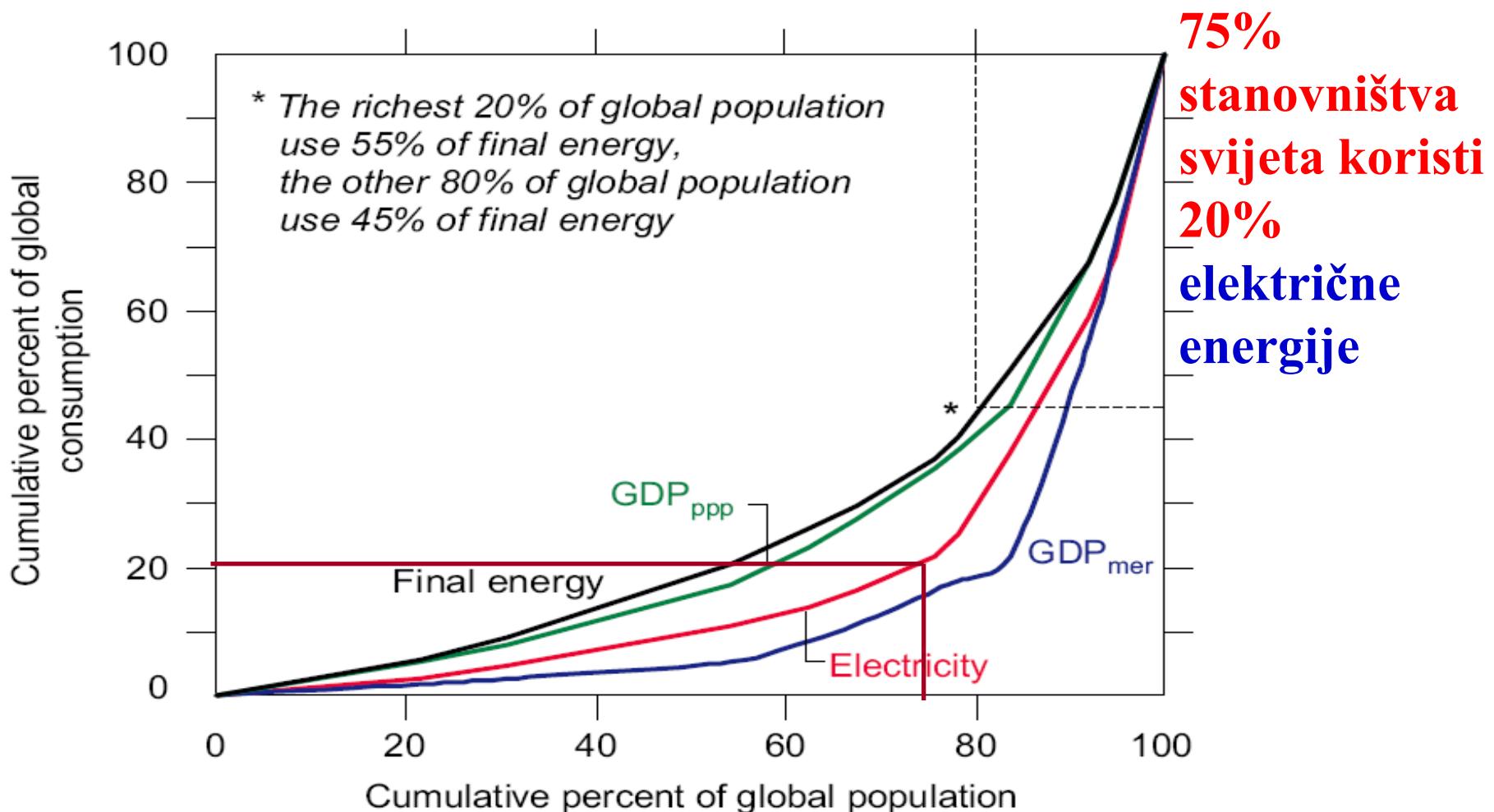
Trend promjene globalne temperature



Svijet – Energetski problemi

- oko 1,8 milijarde ljudi bez priključka na električnu energiju – energetsko siromaštvo
- globalno zagrijavanje
- velika potrošnja energije u gusto naseljenim urbanim područjima i veliko zagađenje okoliša
- vremenske konstante promjena u energetici su vrlo duge, 10-30 godina
- smanjenje zaliha raspoloživih energenata

Disparitet u svjetskoj potrošnji energije



A graphic featuring three Earth globes arranged in a triangular cluster against a bright yellow background. The globes are slightly overlapping, showing different perspectives of the planet's surface with visible continents and clouds.

**Otherwise, We Will
Need 2 Additional
Worlds by 2030**



Development Alternatives

ENERGIJA

RAZVOJ DRUŠTVA

ODRŽIVI RAZVOJ

ENERGIJA I RAZVOJ DRUŠTVA

Korištenje energije je osnovni preduvjet trajnog rasta, razvoja i dobrobiti suvremenog ljudskog društva.

Mega elektrane za čovječanstvo



Struja je krv moderne civilizacije: mi ljudi ju generiramo iz bilo čega što će proizvesti toplinu ili kretanja.



Žetva energije i resursa



- Od velikih **rudnika do pučinskih vjetroelektrana**, naša energetika i industrija pridobivanja prirodnih resursa ostavljaju velike tragove na svijet.
- Ostaje činjenica da je potrebno **puno energije i materijala da bi osigurali kvalitetu našeg života**, iako većina ljudi ne misli puno odakle dolaze stvari koje koriste.

Milijarde kuhaju sdrvima, izmetom i otpadom - Održiva rješenja potrebna su za spas šuma



- Svjetska zdravstvena organizacija procjenjuje da **2,7 milijardi ljudi** kuha i grijaju svoje domove sdrvom, usjevima, otpadom, ili gnojem.
- Njihove otvorene vatre i neučinkovite peći zagadjuju zrak u zatvorenom prostoru i izazivaju prijevremene **smrti 2 milijuna godišnje**.
- Ova potražnja biomase je također neodrživa, ali još uvijek raste, potrebno učinkovitije korištenje

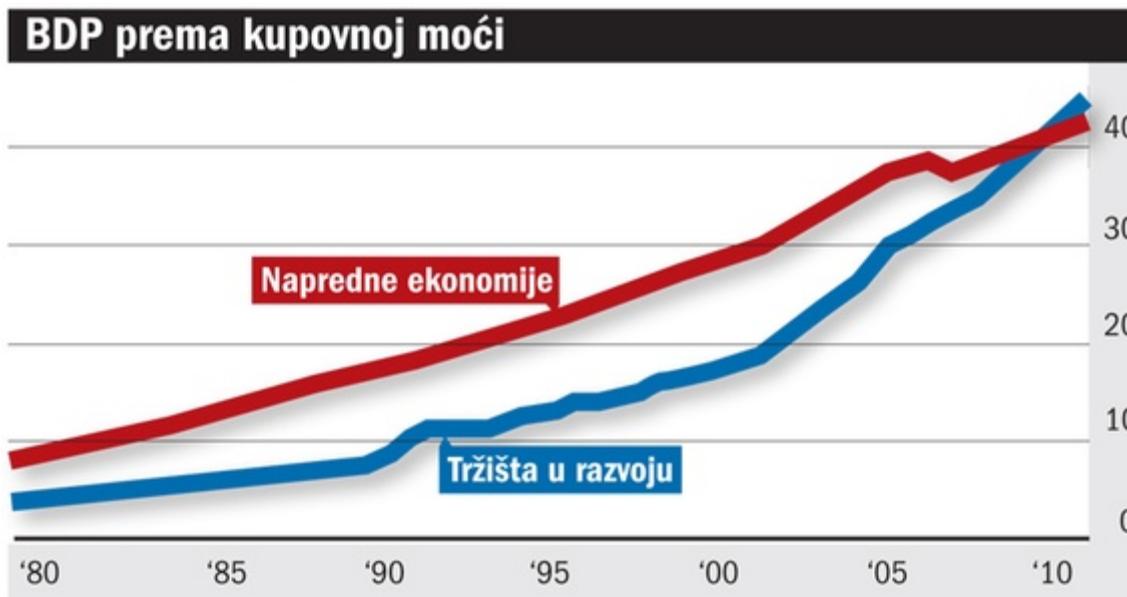


Razumijevanje naših potreba



- Svih sedam milijardi ljudi na svijetu moraju **jesti, piti, odjenuti se, pronaći utočište i kretati se.**
- Većina od nas **žeće više od toga**, tako da želimo i smisleno nastaviti rad, umjetnost, zabavu i još mnogo toga.
- Sve to znači da **trošimo resurse**, i sve to po **ubrzanoj stopi**.
- Odakle svi ti materijali i energija dolaze i da li je dovoljno za ići isto dalje?

Siromašne zemlje prvi put BDP-om prestigle bogate



- Kombinirani bruto domaći proizvod (BDP) zemalja u razvoju, mјeren paritetom kupovne moći PPP (BDP prilagođen za relativne cijene usporedive robe u različitim ekonomijama), prvi put ikad zasjenio je razinu BDP-a naprednih, “bogatih” gospodarstava svijeta.
- Nasuprot ukupnom BDP-u (prema kupovnoj moći), po glavi stanovnika razlika u korist naprednih čak 5,6 puta.

ENERGIJA I RAZVOJ DRUŠTVA

- **Agenda 21 UN*** Konferencije o okolišu i razvoju (Earth Summit u Rio de Janeiru) ističe činjenicu da se **većina svjetske energije proizvodi i iskorištava na načine koji se ne mogu održati**, ako ukupna potrošnja nastavi rasti i ako se nastavi primjenjivati ista tehnologija.
- U raznim poglavljima Agende 21, ističe se da se **svi izvori energije trebaju iskorištavati tako da se štiti atmosfera, ljudsko zdravlje i okoliš u cjelini**.

* The Rio Declaration on Environment and Development: **Agenda 21 - Rio de Janeiro 3. – 14. 06. 1992.**

ENERGIJA I RAZVOJ DRUŠTVA

- Isto tako s druge strane postoji i **rizik** zbog **manjka energije**.
- **Manjak energije** posredno **ugrožava opstanak** ljudskog društva i negativno djeluje na životni standard i zdravlje ljudi

ENERGIJA I RAZVOJ DRUŠTVA

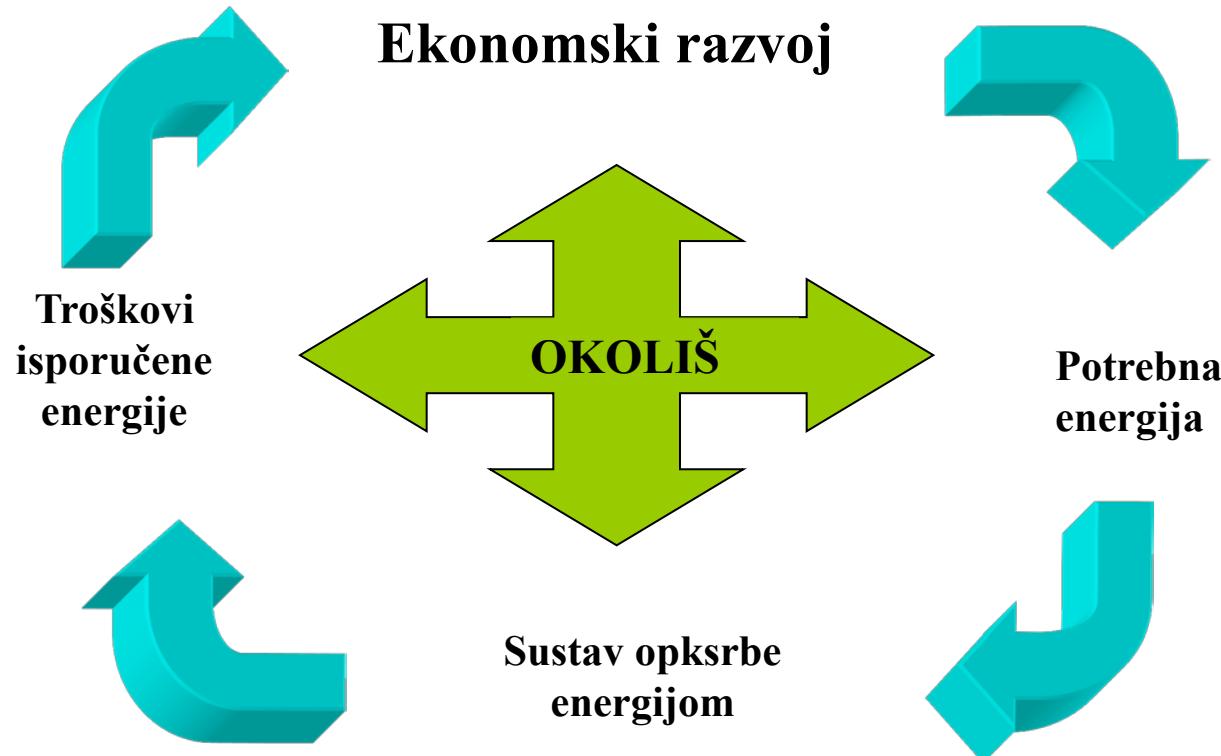
- Ljudsko društvo svojim djelovanjem utječe na okoliš.
- Među najznačajnije utjecaje na okoliš spada i energetika što uključuje pridobivanje, transformaciju i uporaba energije.
- Priroda i ozbiljnost interakcija između energetskog sistema i okoliša nije nam još uvijek potpuno poznata.
- Ljudsko društvo **nema sličnih iskustava** iz prošlosti, tj. suočava se sa sasvim novim procesom.

ENERGIJA I RAZVOJ DRUŠTVA

- Ljudsko društvo svojim djelovanjem utječe na okoliš.
- Usprkos utjecaju na okoliš, **ekonomski rast i društveni razvoj ovise o uporabi energije** pa da bi se zadovoljilo potrebe rastuće svjetske populacije, **potrošnja energije također stalno raste**.
- **Problem je** dakle, kako **omogućiti razvoj** i kako **zadovoljiti rastuće svjetske potrebe za energijom** i istovremeno ublažiti utjecaje opskrbe i uporabe energije na okoliš, **osiguravajući tako dugoročnu kvalitetu** našeg jedinog staništa, Zemlje.

ENERGIJA I RAZVOJ DRUŠTVA

BRIGA O OKOLIŠU



RAZVOJ DRUŠTVA

- Jedna teorija dokazuje da je moguće imati ili **razvoj ili očuvanje okoliša, ali ne i oboje** istovremeno, to znači da ako želimo razvoj, cijena koju ćemo morati platiti biti **gubitak kvalitete okoliša**.
- Ova teorija može dovesti do dva različita zaključka vezana uz razvoj i okoliš.
 - Prvi je **pesimistični pogled** koji vjeruje da će razvoj konačno dovesti do **katastrofe okoliša na svijetu**. Dakle, bilo **kakav razvoj će konačno osuditi na propast budućnost ljudske vrste i također same Zemlje**.
 - Drugi pogled **dozvoljava činjenicu da će razvoj uzrokovati degradaciju okoliša i optimistično** vjeruje da će se **problem okoliša riješiti kada razvoj dosegne određeni nivo**.

RAZVOJ DRUŠTVA

- Nasuprot tome pod pretpostavkama **teorije održivog razvoja, okoliš i razvoj su međusobno ovisni i u osnovi obostrano se potpomažu.**
- Postaje sve jasnije i jasnije da **bez zaštite okoliša** nije moguće imati **održivi razvoj**.
- I **bez razvoja** vrlo je teško **održanje visoke kvalitete** našeg **okoliša** i poboljšanja kvalitete života za sve ljude koji žive na Zemlji.
- Zbog toga **održivi razvoj je razvoj** koji može biti **održiv kroz dugi vremenski period** izričito uzimajući u obzir razne faktore okoliša na kojima se različiti procesi razvoja temelje.

DEFINICIJE ODRŽIVOG RAZVOJA

- Što znači pojam održivi razvoj?
- Pojam se počeo široko koristiti od 1987. godine poslije publikacije "**Naša zajednička budućnost** (Our Common Future) izdane od Svjetske komisije za okoliš i Razvoj (World Commission on Environment and Development), također poznate kao *Brundtland Report* nakon predsjedavanja komisijom *Gro Harlem Brundtland*, premijerke Norveške.
- Ona je opisala održivi razvoj kao "**zadovoljavanje sadašnjih potreba bez ugrožavanja mogućnosti budućih generacija da zadovolje svoje vlastite potrebe**".
- Poslije toga pojam je široko citiran i prihvaćen.

DEFINICIJE ODRŽIVOG RAZVOJA

- **Što znači pojam održivi razvoj?**
 - Ideja održivog razvoja je dobila svoj zamah kroz UN konferenciju o okolišu i razvoju održanoj u Rio de Janiero **1992. godine.**
 - Agenda 21 prihvaćena od strane UN koji poziva da **razvojne strategije trebaju imati za cilj zaštitu okoliša i međugeneracijsku pravednost**, i naglasila da **briga o okolišu i razvoju** trebaju biti **integrirane u proces donošenja odluka.**

DEFINICIJE ODRŽIVOG RAZVOJA

- Ne postoji jedinstvena definicija održivog razvoja i jedan uobičajeni opisi održivog razvoja je:
- "**Održivi razvoj zadovoljava sadašnje potrebe bez ugrožavanja mogućnosti budućih generacija da zadovolje svoje vlastite potrebe**"
 - *United Nations World Commission on Environment and Development*

ODRŽIVI RAZVOJ

Održivi razvoj je **dinamički proces**.

- Termin "**razvoj**" uključuje promjenu, napredak, mogućnosti poboljšanja.
- "**Održivost**" dodaje tome konceptu ideju **trajnosti**.
- I to znači da promjena ne smije biti samo **ekonomski vidljiva već i ekološki i društveno uspješna**.

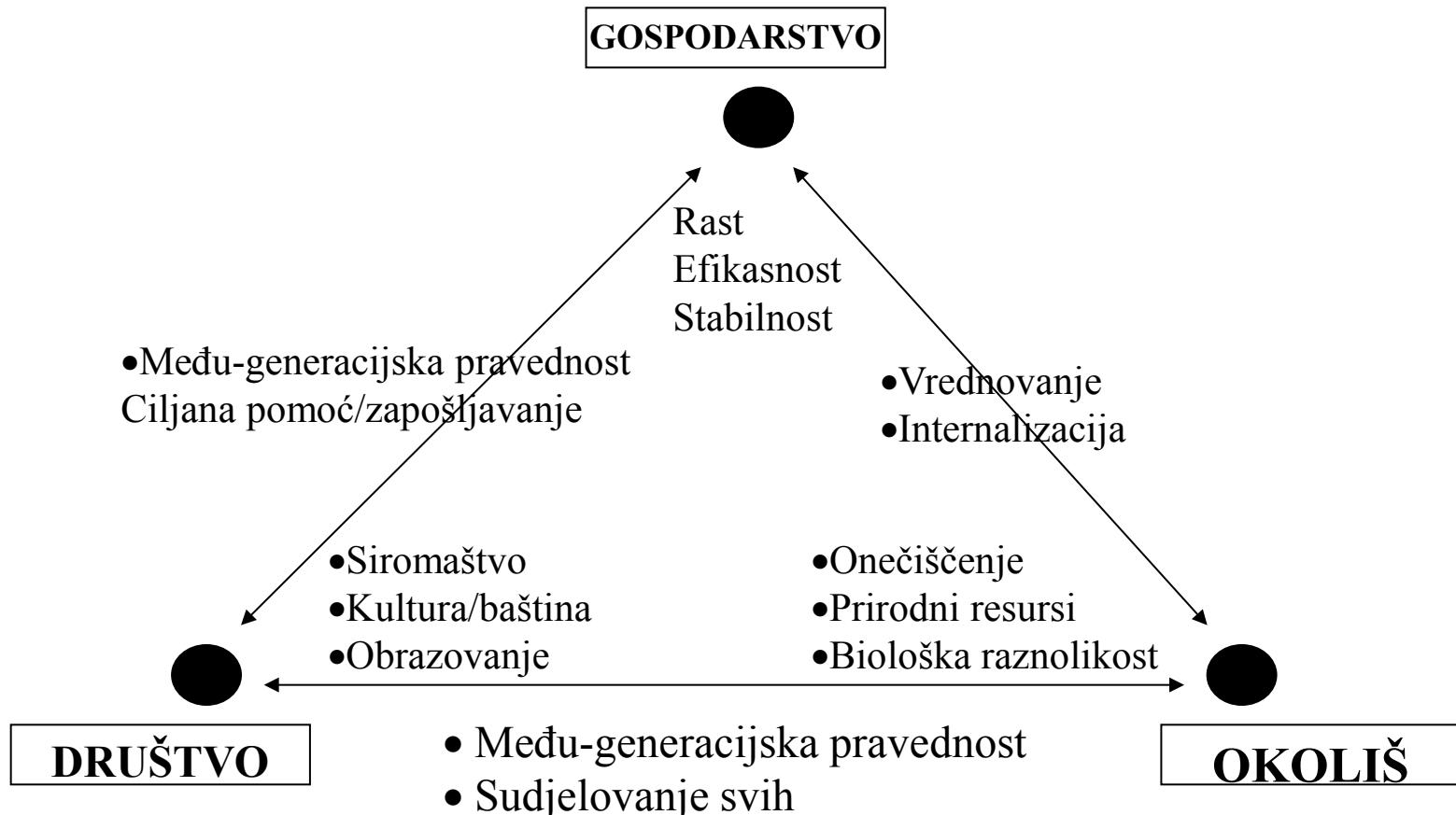
POZADINA ODRŽIVOG RAZVOJA

- Održivost znači mnogo stvari različitim ljudima ali sve više i više se slažemo da inicijative za održivi razvoj moraju uključivati slijedeće:
 - **integralni plan** za **zaštitu okoliša, socijalnu i ekonomsku kvalitetu života**
 - **uključivanje i participacija svih** ugroženih strana (donošenje odluka kroz konsenzus je kontraverzno ali sve više se koristi u planiranju i izradi strategija) - **dionici**

POZADINA ODRŽIVOG RAZVOJA

- Uz mnoge načine definiranja **održivosti** jedna od najjednostavnijih je da se **održivo društvo ono koje se održava kroz generacije**, dovoljno dalekovidno, fleksibilno i pametno dovoljno da ne uništi ili svoje fizikalne sustave ili sustave društvene potpore.

ODRŽIVI RAZVOJ



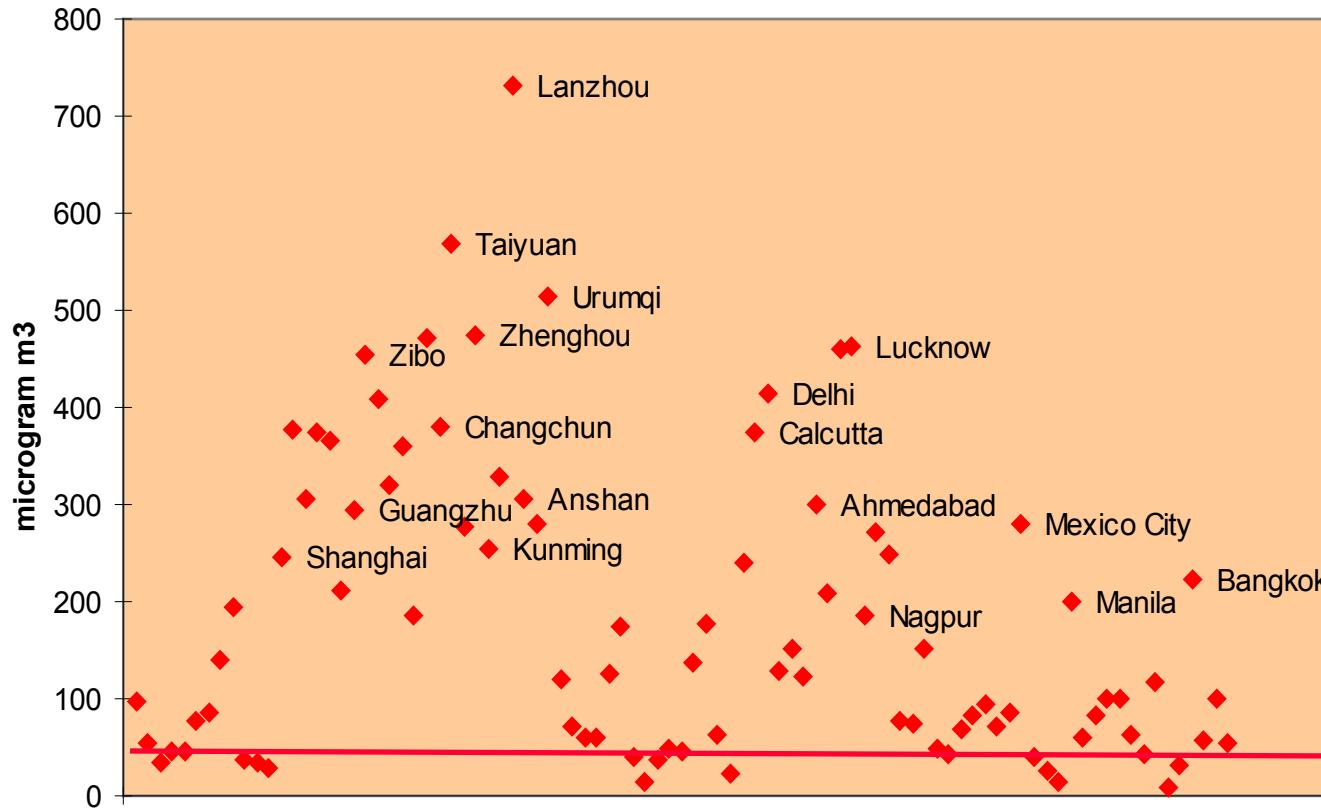
Održivost je **balansiranje tri elementa trokuta** - okoliš, gospodarstvo i sve ostalo (društvo).

Globalne emisije u atmosferu od potrošnje fosilnih goriva

CO_2	5 800	miliona tona C
CH_4	84.6	miliona tona
SO_2	71.6	miliona tona
NO_x	63.0	miliona tona
HC-	42.0	miliona tona
PM	130.2	miliona tona
Hg	735	tona
Cd	880 000	tona
Pb	88 500	tona

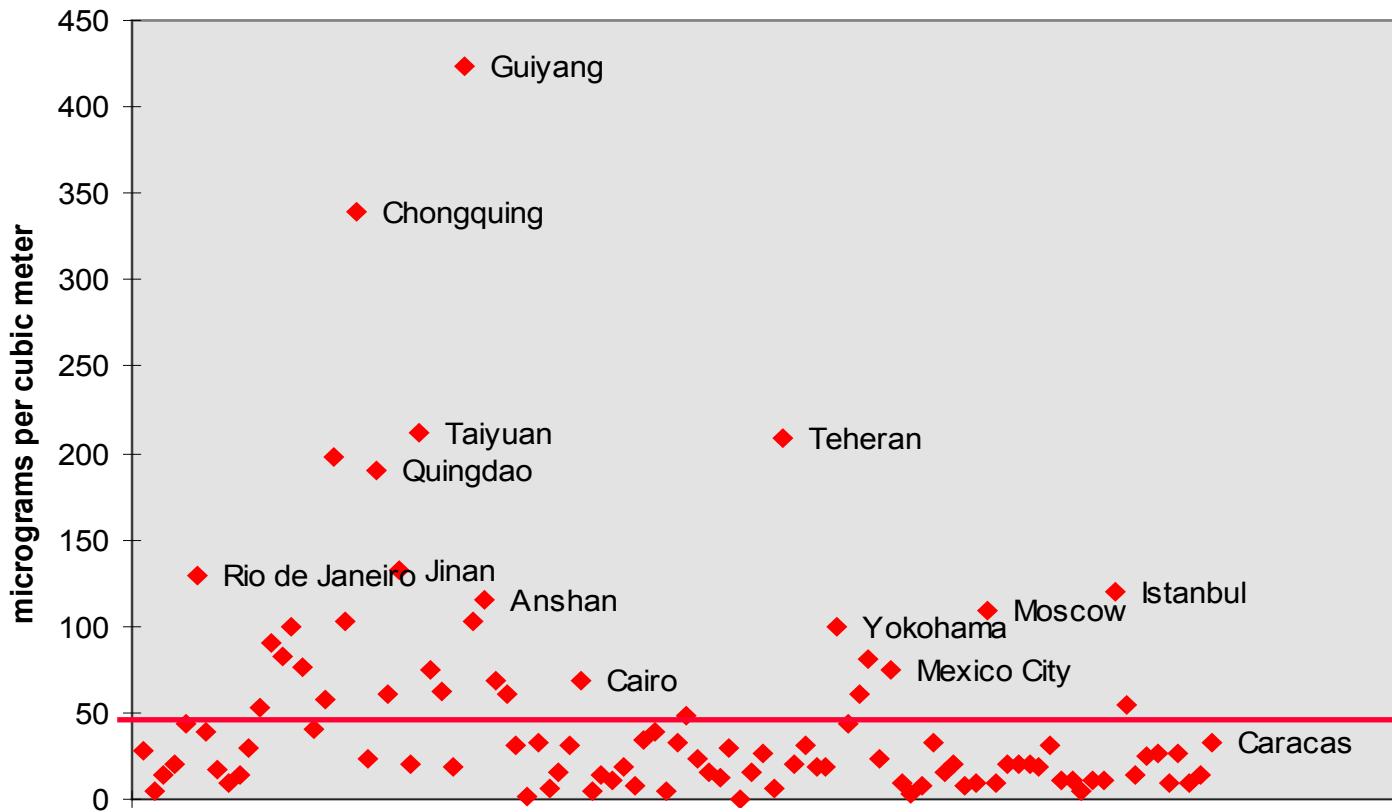
World Energy Assessment, UNDP/UNDESA/WEC, 2000

Koncentracija čestica u urbanim sredinama



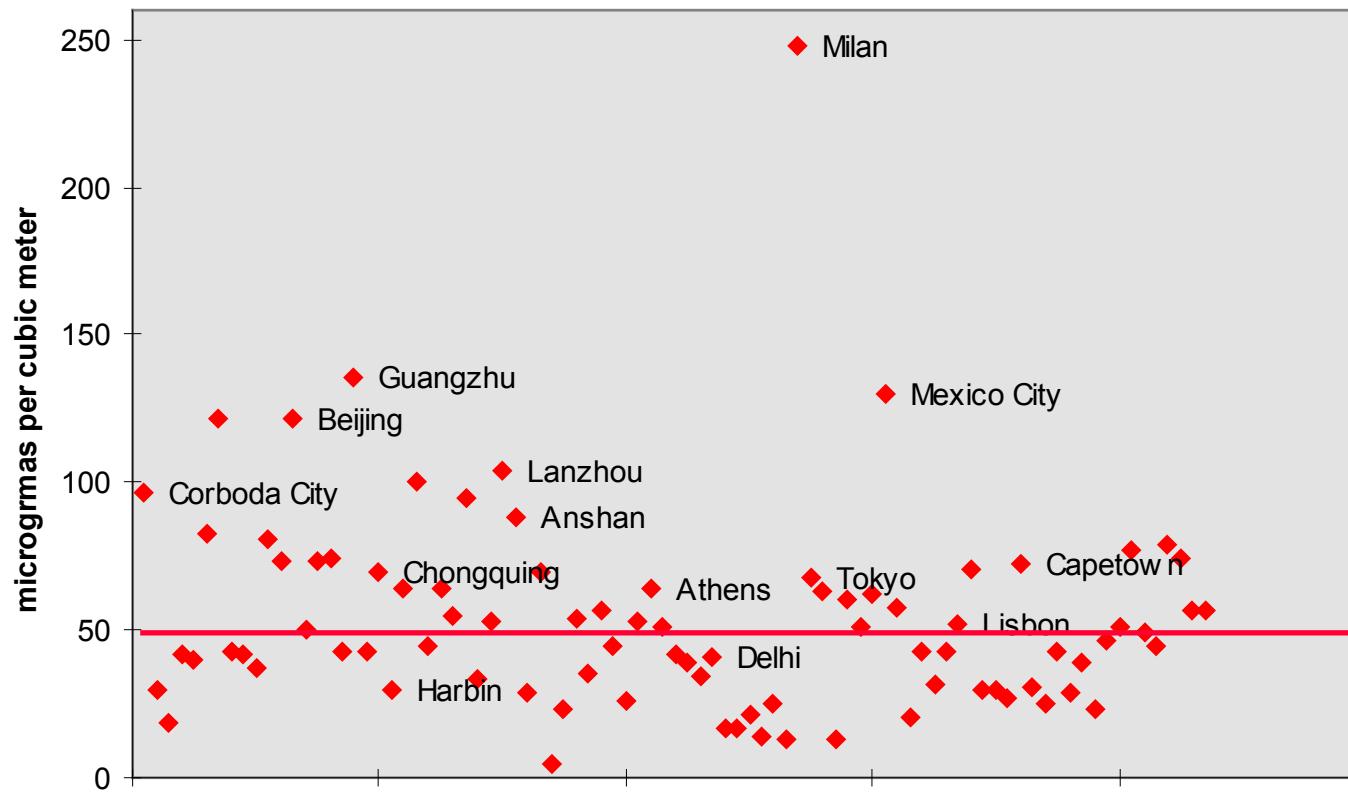
Maksimalni dozvoljeni nivo preporučen od WHO

Koncentracija SO₂ u urbanim sredinama



**Maksimalni dozvoljeni nivo
preporučen od WHO**

Koncentracija NO_x u urbanim sredinama



— Maksimalni dozvoljeni nivo
preporučen od WHO

Urbana populacija izložena opasnim* koncentracijama polutanata

- Čestice **285 million**
- SO₂ **156 miliona**
- NO_x **237 miliona**

* Koncentracije veće nego preporučene od strane WHO

Posljedice

- **500,000 prerane smrti svake godine**
- **4-5 miliona/godišnje dodatnih slučajeva kroničnog bronhitisa**

ENERGIJA I ODRŽIVI RAZVOJ

Nema tehnologije koja nije rizična, koja nema otpada i koja ne utječe na okoliš

Zbog toga nema smisla govoriti izolirano o pojedinoj tehnologiji

Bolje je usporediti karakteristike jedne tehnologije ili energetske usluge s alternativama

UTJECAJI ENERGETSKIH POSTROJENJA NA OKOLIŠ

UTJECAJI ENERGETSKIH POSTROJENJA NA OKOLIŠ

- Izgaranjem se **kemijska energija** goriva transformira u unutrašnju kaloričnu energiju. Pritom se plinovima izgaranja u atmosferu odvode ugljik dioksid (**CO₂**), vodena para (H_2O), ugljik monoksid (**CO**), sumpor dioksid (**SO₂**), dušični oksidi (**NO_x**) i ugljikovodici (**C_mH_n**) različitog sastava
- Iznos i sastav specifičnih emisija produkata izgaranja ovise o **fizikalnim i kemijskim svojstvima goriva** (npr. udio sumpora u gorivu), o vrsti, opremljenosti, veličini i načinu pogona

UTJECAJI ENERGETSKIH POSTROJENJA NA OKOLIŠ

- Emisije u zrak, vodu, tlo
- Rizici nesreća
- Toplinsko zagađenje
- Kruti i tekući otpad
- Zauzeće zemljišta
- Opterećenje okoliša radioaktivnim zračenjem
- Estetsko i vizualno zagađenje
- i dr.

PREGLED UTJECAJA NA OKOLIŠ

- Utjecaji na okoliš od tehnoloških lanaca za proizvodnju električne energije očituju se u slijedećim brojnim **područjima**:
 - **utjecaji na kvalitetu zraka, površinskih i podzemnih voda i tla;**
 - **utjecaji na zdravlje ljudi kao i na biljni i životinjski svijet;**
 - **utjecaji na vizualne i estetske aspekte krajolika; i**
 - **utjecaji na ostale prirodne resurse.**

PREGLED UTJECAJA NA OKOLIŠ

- Utjecaji na okoliš i zdravlje ljudi od tehnoloških lanaca za proizvodnju električne energije valoriziraju s obzirom na **tri varijable**:
 1. **prostorna komponenta**,
 2. **vremenska komponenta**; i
 3. **vrsta utjecaja tj. učinaka na onečišćenje okoliša.**

PREGLED UTJECAJA NA OKOLIŠ

U razmatranju prostorne varijable uglavnom se koristi tzv. 5-razinski model koji utjecaje na okoliš rangira na slijedeće razine:

- **lokalne;**
- **regionalne;**
- **fluvijalne;**
- **kontinentalne; i**
- **globalne.**

PREGLED UTJECAJA NA OKOLIŠ

Kada je u pitanju **vremenska varijabla** onda se utjecaji na okoliš i zdravlje ljudi najčešće razmatraju kao:

- kratkotrajni,
- srednjetrajni i
- dugotrajni.

Povezanost zdravlja i stanja zagadjenosti okoliša

- Da zagađeni okoliš utječe na zdravlje poznato je stoljećima, ali svijest javnosti o toj opasnosti je u tek posljednje vrijeme postala vrlo velika.
- Tome su doprinijeli brzi razvitak industrije, a sa njome i brzi porast onečišćenja okoliša.
- Drugi važan razlog sve većoj pozornosti javnosti je gomilanje znanstvenih dokaza o utjecaju zagađenja iz okoliša na zdravlje.
- Kada se raspravlja o zdravstvenim posljedicama važno je imati na umu definiciju zdravlja utvrđenu od Svjetske zdravstvene organizacije (WHO) koja glasi:

“Zdravlje je stanje kompletнog fizičkog, mentalnog i društvenog blagostanja, a ne tek odsutnost bolesti, slabosti i nemoći.”

Zdravstvene posljedice emisija u zrak iz termoelektrana

Glavne **zdravstvene posljedice** koje nastaju od **emisija u zrak** iz termoelektrana mogu se klasificirati po intenzitetu posljedica u četiri grupe:

- a) iritacije, smetnje i mučnine;
- b) smanjenja funkcionalnosti organa;
- c) kliničke bolesti;
- d) smrt.

Kako polutanti utječu na zdravlje

- Ljudi su **izloženi** polutantima iz okoliša kroz
 - zrak,
 - vodu,
 - piće,
 - hranu,
 - preko materijala koji su u kontaktu sa kožom.
- Izloženi su tamo gdje stanuju i gdje rade, dok putuju, dok se rekreiraju ili odmaraju i to kako izvana tako i unutar zgrada.

Kako polutanti utječu na zdravlje

- **Zdravstvene posljedice ovise o:**
 - intenzitetu izlaganja to jest o koncentraciji polutanata,
 - vremenu izloženosti.
- Kod razmatranja intenziteta izloženosti treba voditi računa da čovjek može biti, a često i je, **izložen istom polutantu iz više medija** (hrana, voda, zrak).
- **Povremena izloženost** polutantu uglavnom ima zanemarivu zdravstvenu posljedicu.
- **Dugotrajna izloženost** istim intenzitetom može imati vrlo značajne posljedice.

Kako polutanti utječu na zdravlje

- *Zdravstvene posljedice ovise i o:*
 - Osim o izloženosti, zdravstvene posljedice ovise i o **kapacitetu organizma da absorbira polutant**, o njegovoj sposobnosti da ga rasprši ili skoncentrira unutar tijela, o sposobnosti da ga metabolizira te izbací iz organizma.
 - Svi ovi faktori definiraju **primljenu dozu** polutanata, a ta doza **određuje vjerojatnost nastanka** zdravstvene posljedice kao i tip i intenzitet narušavanja zdravlja.

Utjecaj na okoliš proizvodnje električne energije

UTJECAJ NA OKOLIŠ RAZLIČITIH TEHNOLOGIJA ZA PROIZVODNJU ELEKTRIČNE ENERGIJE

- Neminovno uzrokuje emisije, odlaganje otpadnih produkta u zrak, vodu i tlo
- Povećava kratkotrajne ili dugotrajne utjecaje: ili odmah nakon ispuštanja zagadivača ili znatno kasnije nakon što je utjecaj napravljen
- Smanjenje i ograničenje emisija ili proizvodnje otpadnih tvari i njihovog utjecaja ograničeno je ekonomskim i tehničkim faktorima
- I uz sve mjere uvijek će postojati određeni rizik po okoliš kod proizvodnje električne energije
- Priroda i veličina rizika ovisi o prirodi i količini upotrjebljenog goriva, tehnologiji pretvorbe, nivou kontrolnih tehnologija za emisije i učinkovitosti pretvorbe

UTJECAJ NA OKOLIŠ RAZLIČITIH TEHNOLOGIJA ZA PROIZVODNJU ELEKTRIČNE ENERGIJE

Emisije:

- **vezane uz samo gorivo** (npr. kao CO₂ kod fosilnih goriva ili radioaktivnost kod nuklearnih procesa)
- **primarne emisije kao plinovi** (SO₂, NO_x itd.)
- **sekundarne emisije**: poslije reakcije u atmosferi mogu rezultirati u sekundarnim polutanim (kao npr. dušični aerosoli), teško ih je točno kvantificirati zbog kompleksnosti mehanizma nastajanja

Utjecaj na okoliš proizvodnje energije

Onečišćenje	Posljedica onečišćenja
ZRAK <ul style="list-style-type: none">• sumporni dioksid (SO_2)• dušikovi oksidi (NO_x)• krute čestice• teški metali• plinovi staklenika: CO_2, CH_4, CFC	kisele kiše kisele kiše, ozonske rupe, smog onečišćenje zraka, smog razne bolesti (dišnih putova) globalno zagrijavanje (efekt staklenika)
VODE I MORA <ul style="list-style-type: none">• otpadna toplina, kruti i tekući otpadi• hidrološke promjene vodotokova	degradacija vodenih staništa, cvjetanje voda poremećaj režima podzemnih voda, stradanje usjeva
TLO <ul style="list-style-type: none">• suho i mokro taloženje iz zraka• prodiranje štetnih tvari s deponija opasnog otpada u podzemne vode ili tlo	leteće čestice i kisele kiše, mogućnost prodiranja u prehrambene lance, opasnost po ljudsko zdravlje
OSTALI UTJECAJI <ul style="list-style-type: none">• buka i vibracije, neugodni mirisi,• zauzeće zemljišta infrastrukturom,• estetsko (ne)uklapanje u prirodni okoliš	moguća smetnja lokalnoj zajednici i razvoju turizma

Utjecaj na okoliš različitih tehnologija za proizvodnju električne energije

GLAVNI UTJECAJI NA OKOLIŠ OD TEHNOLOŠKIH LANACA FOSILNIH GORIVA

Vremenski utjecaj	Kratkotrajni	Srednjetrajni	Dugotrajni
<u>Samo lokalni utjecaj</u>	zagаđenje površinskih i podzemnih voda	poremećaji zemljišta i ekosustav	
	zagаđenje, zemljišta, luka i obala		
	zagаđenje zemljišta i podzemnih voda teškim metalima iz krutih otpada		
<u>Regionalni utjecaji</u>	Zagаđenje zraka krutim česticama, SO _x , NO _x , ugljikovodici, organske tvari		
		zagаđenja luka i oceana gubicima raznih vrsta	
	degradacija šuma, promjena plodnosti oranica, iz emisija SO _x , NO _x		
<u>Globalni utjecaj</u>		klimatske promjene od CO ₂ i drugih plinova staklenika (s time povezano i potencijalni rast razine mora)	

Izgaranje ugljene prašine u elektranama s parnom turbinom

	[MWe] l	SO ₂	NO _x	Čest.	CO	CH ₄	NMVOC	N ₂ O
<i>ugljen</i>	> 50	740	420	88	53	2	2	3
<i>lignite</i>	< 50	1,578	205	205	103	3	3	5
<i>lignite</i>	> 50	1,578	287	103	62	2	2	3

Sve emeisije u [kg/TJ] ulaznog goriva na bazi gornje ogrjevne moći

Relativne emisije po kWh (ugljen=1)

Tip elektrane	Učinkovitost %	SO ₂	NO _X	CO ₂
Ugljen	39	1	1	1
Mazut	40	1.2	0.75	0.85
Ugljen +FGD+LNB	38	0.1	0.6	1.05
Plin CCGT	50	zane m.	0.15	0.5
Ugljen PFBC	42	0.1	0.3	0.95
Ugljen IGCC	43	0.05	0.3	0.9

Predmet

“Energetika, okoliš i održivi razvoj“

EOOR

Prof.dr.sc. Željko Tomšić

Svjetska proizvodnja i potrošnja energenata

Energija igra vitalnu ulogu u funkcioniranju svjetskog gospodarstva

**Poboljšanje našeg razumijevanje odnosa
između energije i gospodarstva može
baciti svjetlo na mnoga važna područja
politike, uključujući i gospodarski
razvoj i očuvanje okoliša**

Tipovi energije

- **Primarna energija** odnosi se na sve tipove energije izlučene ili izravno dobivene iz prirodnih resursa.
- Primarna energija može se podijeliti na dvije grupe:
 - **Obnovljiva** (solarna energija, vjetar, geotermalna energija, energija plime i oseke, biomasa);
 - **Neobnovljiva (fossilna goriva)**: sirova nafta, ugljen, prirodni plin, loživo ulje, škriljac, itd.)
- Sadržaj primarne energije općenito se izražava u **toe** (tona ekvivalentne nafte), a nekad prije tce (tona ekvivalentnog ugljena).
- Sadržaj primarne energije svih goriva može se pretvoriti u **toe** temeljem faktora pretvorbe:

$$1 \text{ toe} = 11,630 \text{ kWh} = 41,870 \text{ MJ.}$$

Izvori energije u svijetu

- **NEOBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE**
 - ugljen
 - nafta
 - plin
 - nuklearno gorivo - energija fisije i fuzije
- **OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE**
 - hidroenergija
 - energija vjetra
 - solarna energija
 - geotermalna energija
 - energija biomase
 - energija plime i oseke
 - energija valova

Tipovi energije

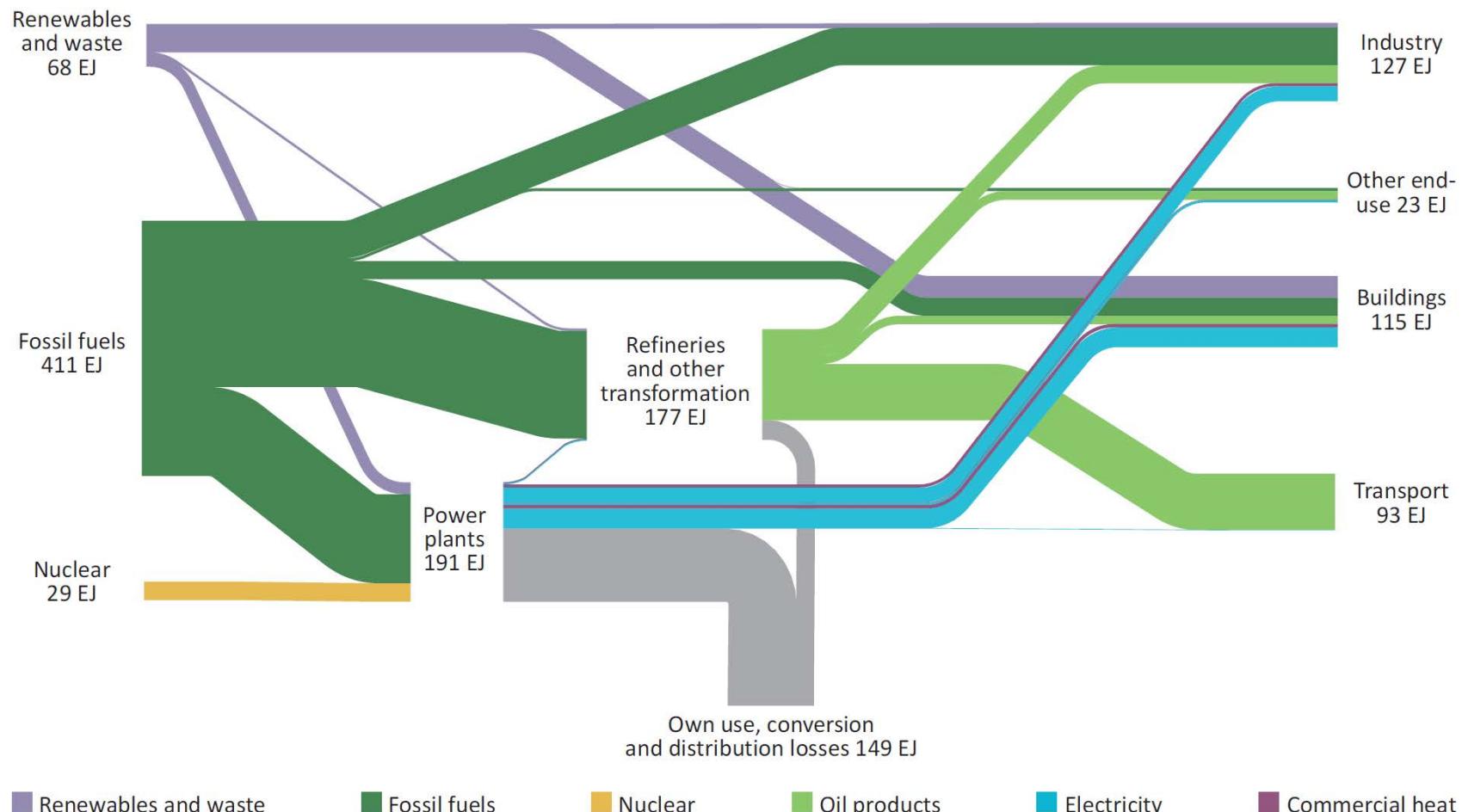
- **Prijelazna (transformirana) energija** odnosi se na oblike energije stvorene pretvorbom primarne energije u druge oblike.
- **Finalna energija** odnosi se na oblik energije koju potrošački kupuju ili primaju za korištenje u svojim aktivnostima.

Energetski sektor

- **Pridobivanje energenata** (nafta, plin, ugljen, geotermalna energija, biomasa itd.)
- **Transformacije** u druge oblike energije (kemijska u električnu, nuklearna u električnu, kemijska u toplinsku, potencijalna u električnu itd)
- **Transport/prijenos** energije (plinovodi, dalekovodi)
- **Krajnja potrošnja energije** (grijanje prostora, proizvodni proces, rasvjeta, kuhanje, gledanje TV itd.)

OPĆENITO ENERGETIKA

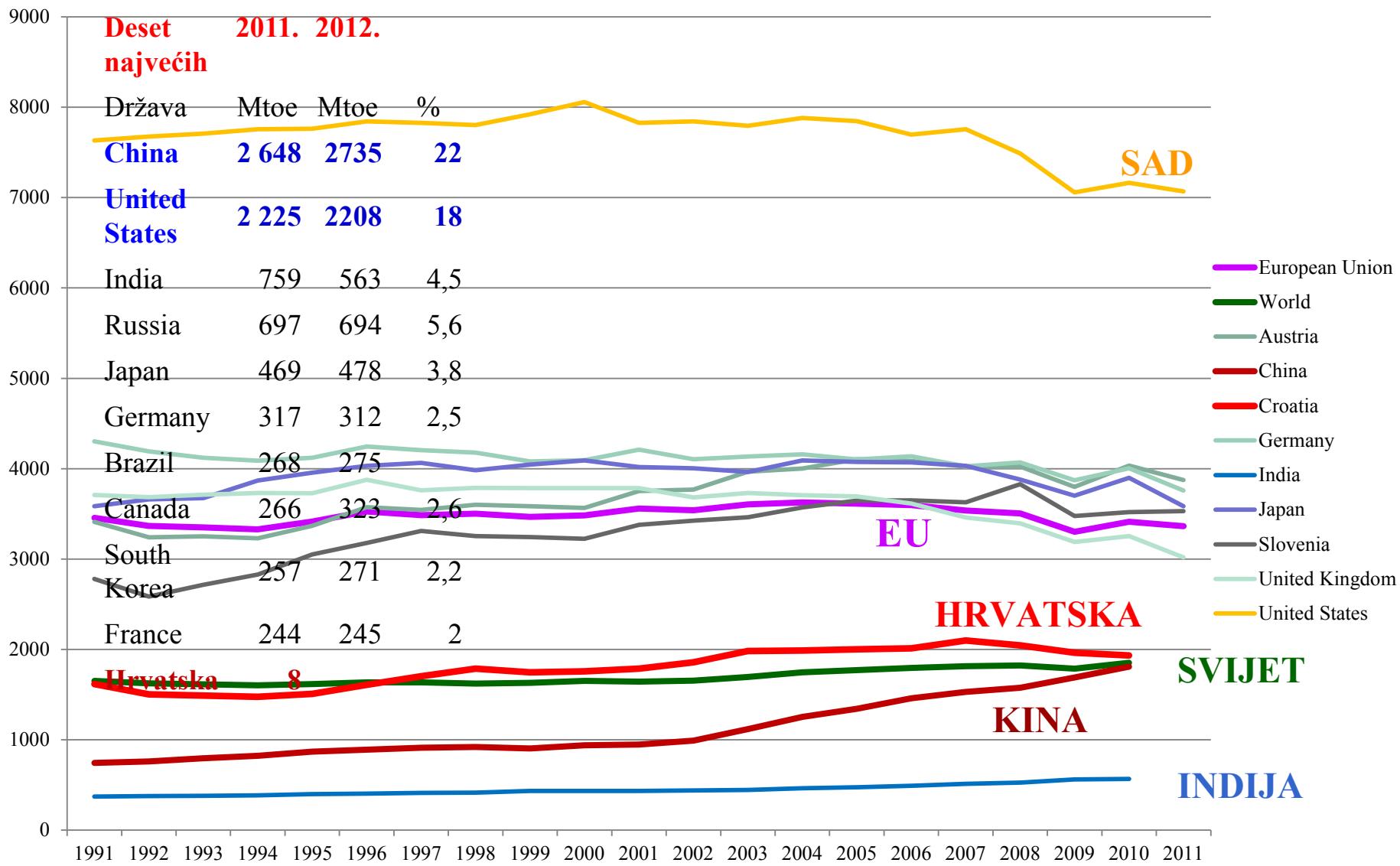
Svjetska globalna energetika danas



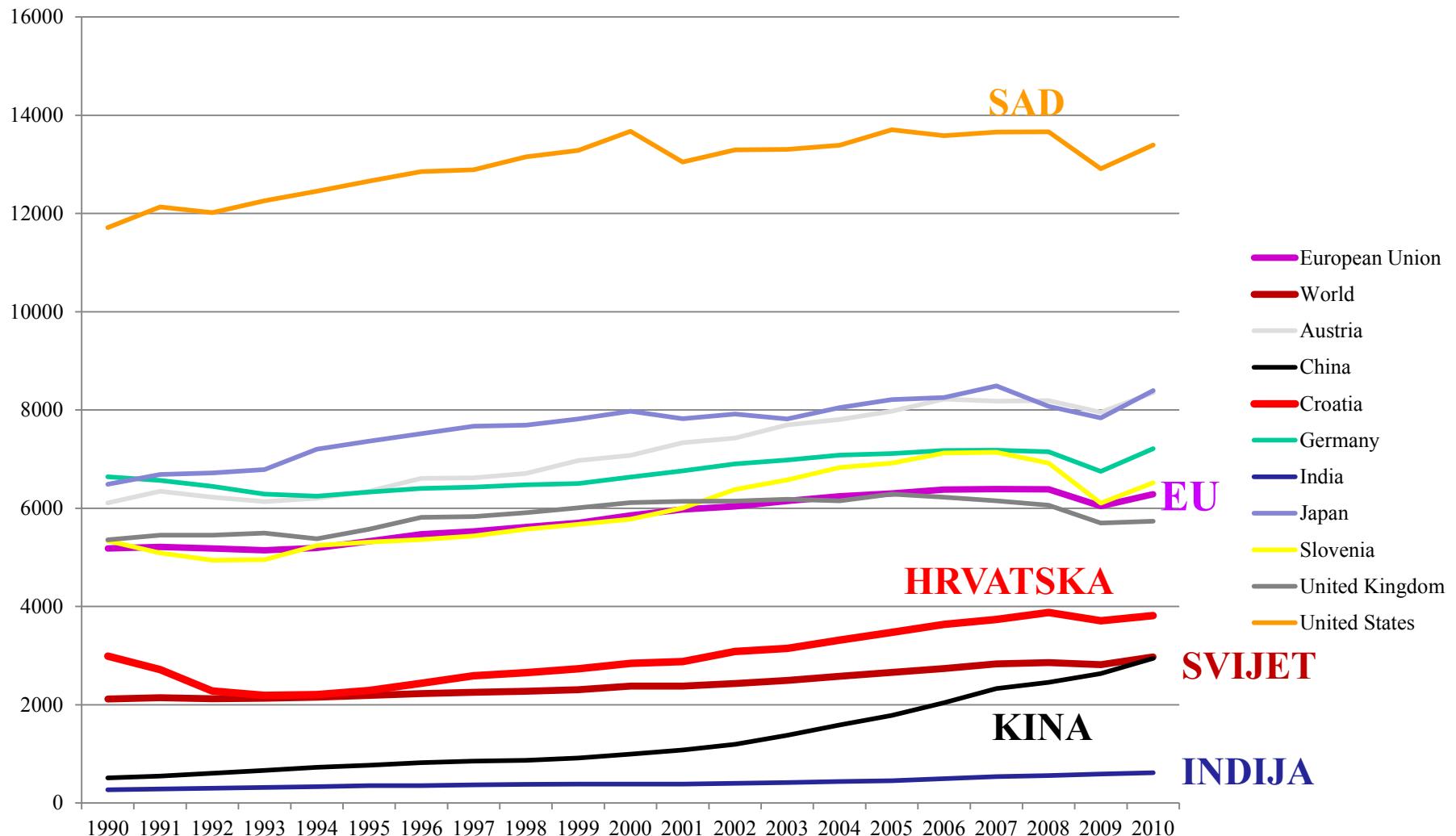
Dominiraju fosilna goriva u svim sektorima

**Energija igra vitalnu ulogu u
funkcioniranju svjetskog
gospodarstva i rastu
standarda**

Potrošnja energije po stanovniku koe /stanovniku



Potrošnja električne energije po stanovniku kWh /stanovniku



Source: World Bank

DANAŠNJA ENERGETIKA

- Neke karakteristike:
 - Globalna
 - Tržišna
 - Geostrateška važnost – energetska sigurnost (nejednaka rasprostranjenost)
 - Uska veza s ekologijom (pogotovo globalnom – klimatske promjene)
 - Međunarodni projekti
 - Energetsko siromaštvo/bogatstvo
 - Financijski intenzivna

Rizici odluke o gradnji elektrane

- **Odluka o gradnji** (ili **negradnji**) nove elektrane je vrlo složena i nosi sa sobom mnogo rizika:
 - Lokacija (javnost)
 - **ENERGENT (dugoročna dostupnost i cijena, utjecaj na cijenu proizvodnje električne energije)**
 - Tehnologija
 - **Energetsko tržište (cijena električne energije, unutarnje EU tržište)**
 - Regulacija energetskih djelatnosti
 - **Regulativa zaštite okoliša**
 - **Subvencije (OIE „feed in“)**
 - **Financiranje (kamatne stope, model)**
 - **Potražnja za električnom energijom** (energetska učinkovitost, tehnološki napredak, promjena navika)

GLOBALNI ENERGETSKI TRENDLOVI

**Svjetska proizvodnja i
potrošnja energije**

Europe

European members of the OECD plus Albania, Bosnia-Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Macedonia, Gibraltar, Malta, Romania, Slovenia, Yugoslavia.

Former Soviet Union

Armenia, Azerbaijan, Belarus, Estonia, Georgia, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Latvia, Lithuania, Moldova, Russian Federation, Tajikistan, Turkmenistan, Ukraine, Uzbekistan.

Europe & Eurasia

This includes all countries listed above under the headings *Europe* and the *Former Soviet Union*.

Middle East

Arabian Peninsula, Iran, Iraq, Israel, Jordan, Lebanon, Syria.

OECD members

Europe: Austria, Belgium, Czech Republic, Denmark, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Republic of Ireland, Italy, Luxembourg, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Slovakia, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey, United Kingdom. **Other member countries:** Australia, Canada, Japan, Mexico, New Zealand, South Korea, USA.

OPEC members

Middle East: Iran, Iraq, Kuwait, Qatar, Saudi Arabia, United Arab Emirates (Abu Dhabi, Dubai, Ras-al-Khaimah and Sharjah). **North Africa:** Algeria, Libya.

West Africa: Nigeria. **Asia Pacific:** Indonesia. **South America:** Venezuela. (Since Ecuador and Gabon have withdrawn from OPEC, they are excluded from all OPEC totals.)

Calorific equivalents

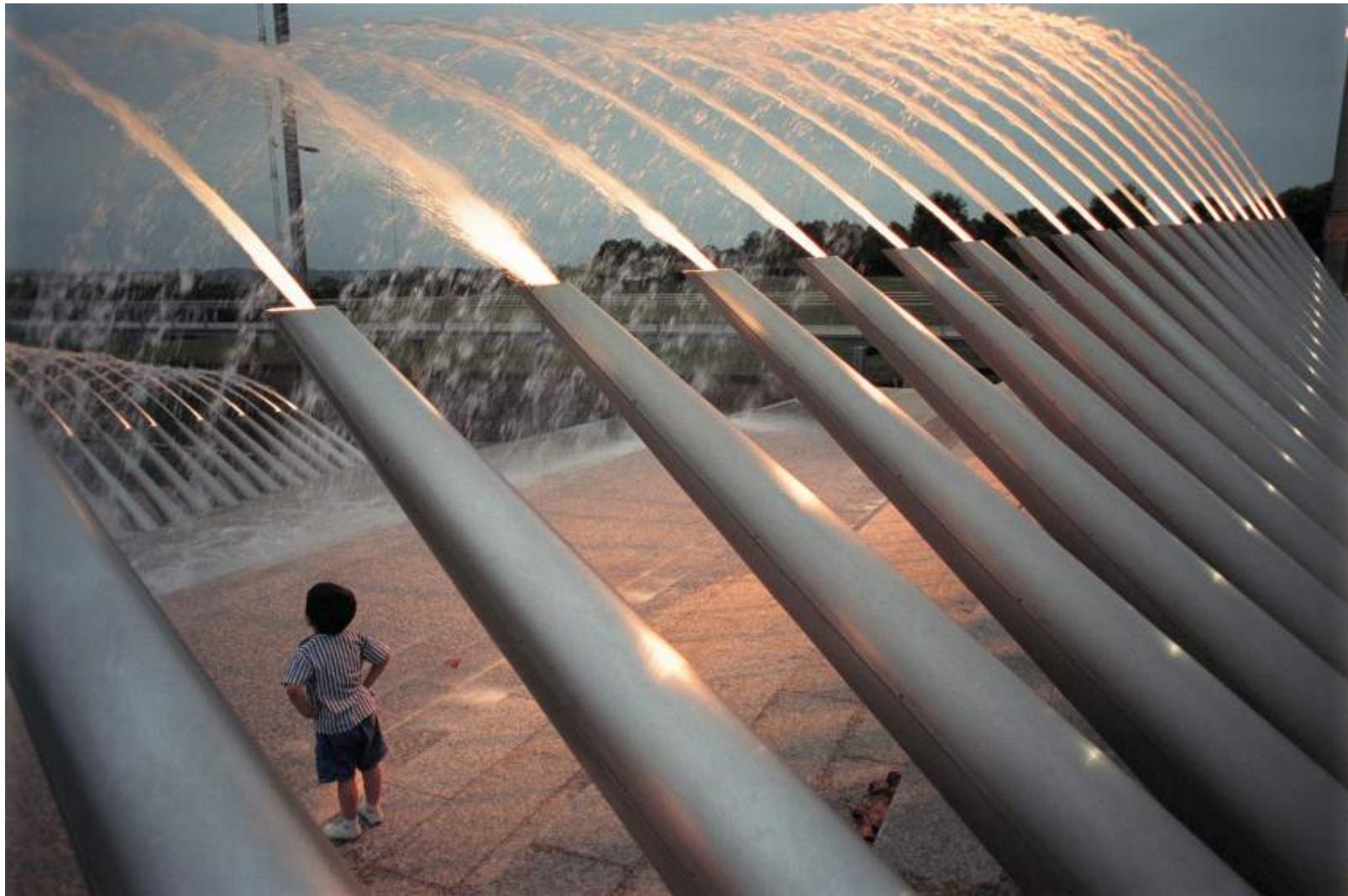
One tonne of oil equivalent (**toe**) equals approximately:

Heat units	10 million kilocalories 42 gigajoules 40 million Btu
Solid fuels	1.5 tonnes of hard coal 3 tonnes of lignite
Electricity	12 megawatt-hours

One million tonnes of oil produces about 4500 gigawatt-hours (=4.5 terawatt hours) of electricity in a modern power station.

Natural Gas & LNG	billion cubic metres NG	million tonnes oil equivalent	million tonnes LNG
1 billion cubic metres NG	1	0.90	0.73

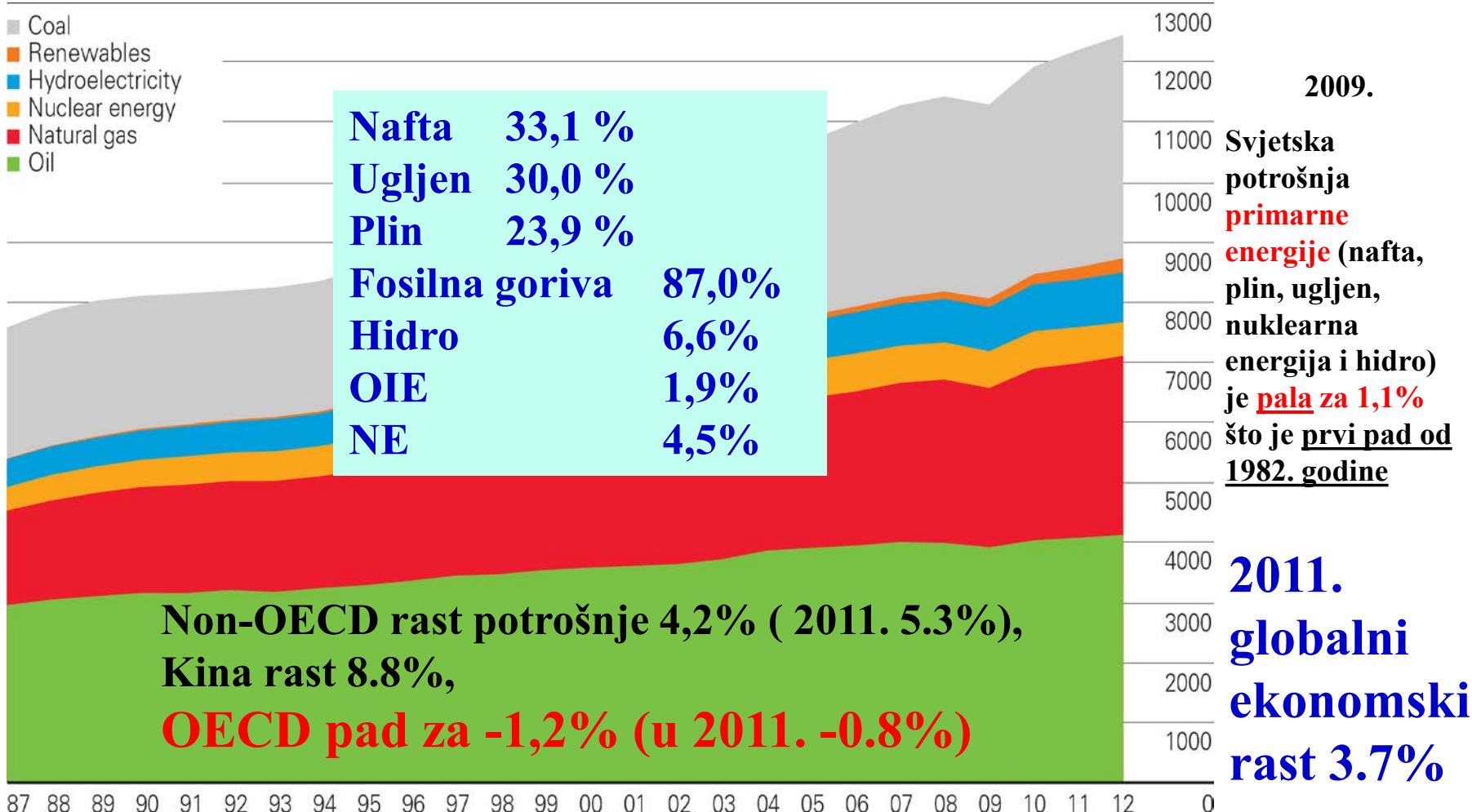
Primarna energija



Primarna energija: Svjetska potrošnja u 2012. godini

- Coal
- Renewables
- Hydroelectricity
- Nuclear energy
- Natural gas
- Oil

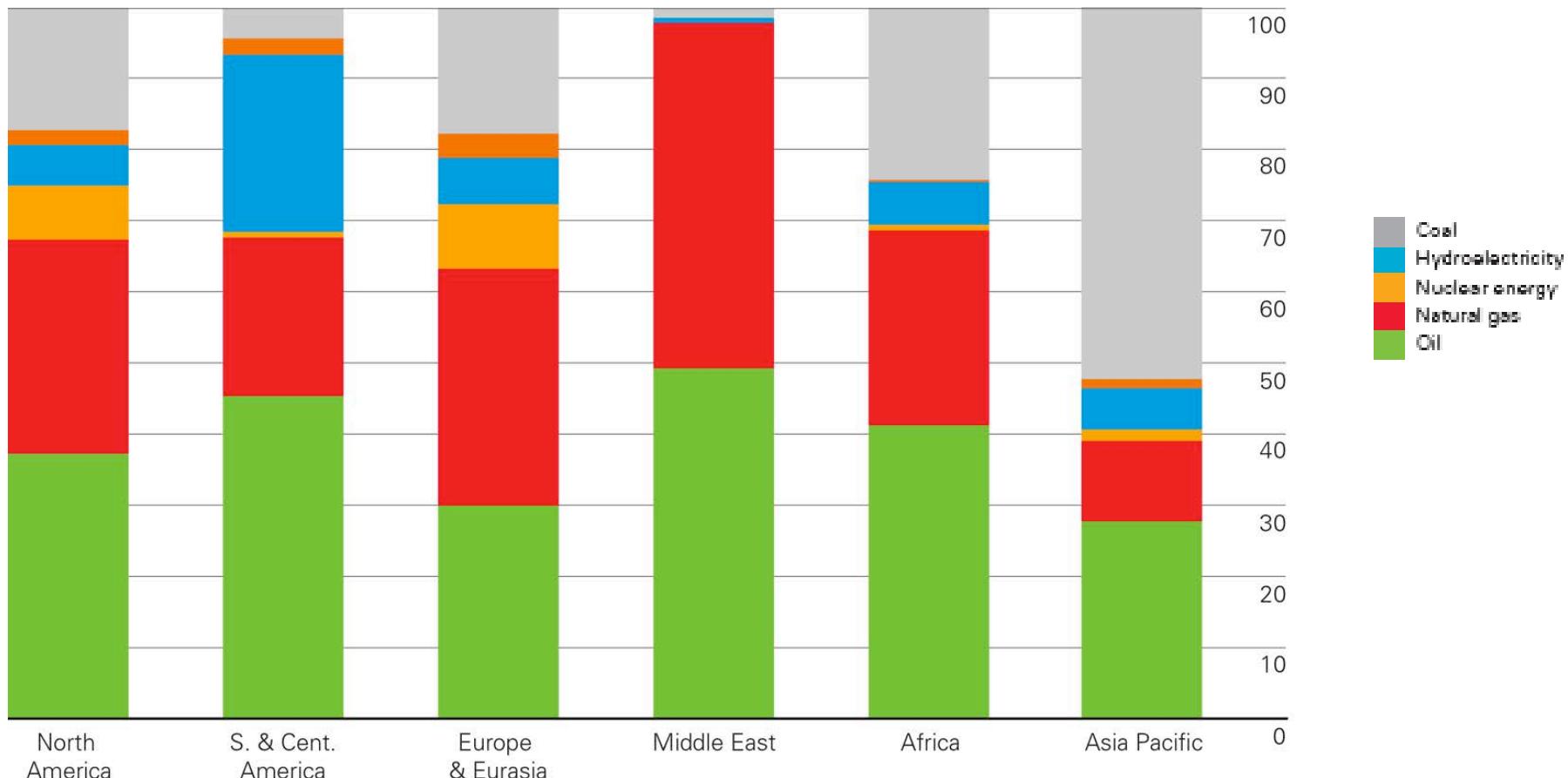
Nafta	33,1 %
Ugljen	30,0 %
Plin	23,9 %
Fosilna goriva	87,0%
Hidro	6,6%
OIE	1,9%
NE	4,5%



Svjetska potrošnja primarne energije u 2012. rasla 1,8 %, 2011. rasla 2,5 %, (2010. 5,6%), desetgodišnji prosjek 2,6%

Source: BP Statistical Review of World Energy, June 2013

Regionalna potrošnja primarne energije u 2012. u %



- **Nafta i dalje dominantno gorivo iako se smanjio tržišni udio i globalno i u svakoj regiji.**
- Plin ima vodeći tržišni udio u Evropi i Euroaziji, a ugljen dominantan u Pacifičkoj Aziji

Odnos zaliha i potrošnje fosilnih goriva na kraju 2012. (R/P) u godinama

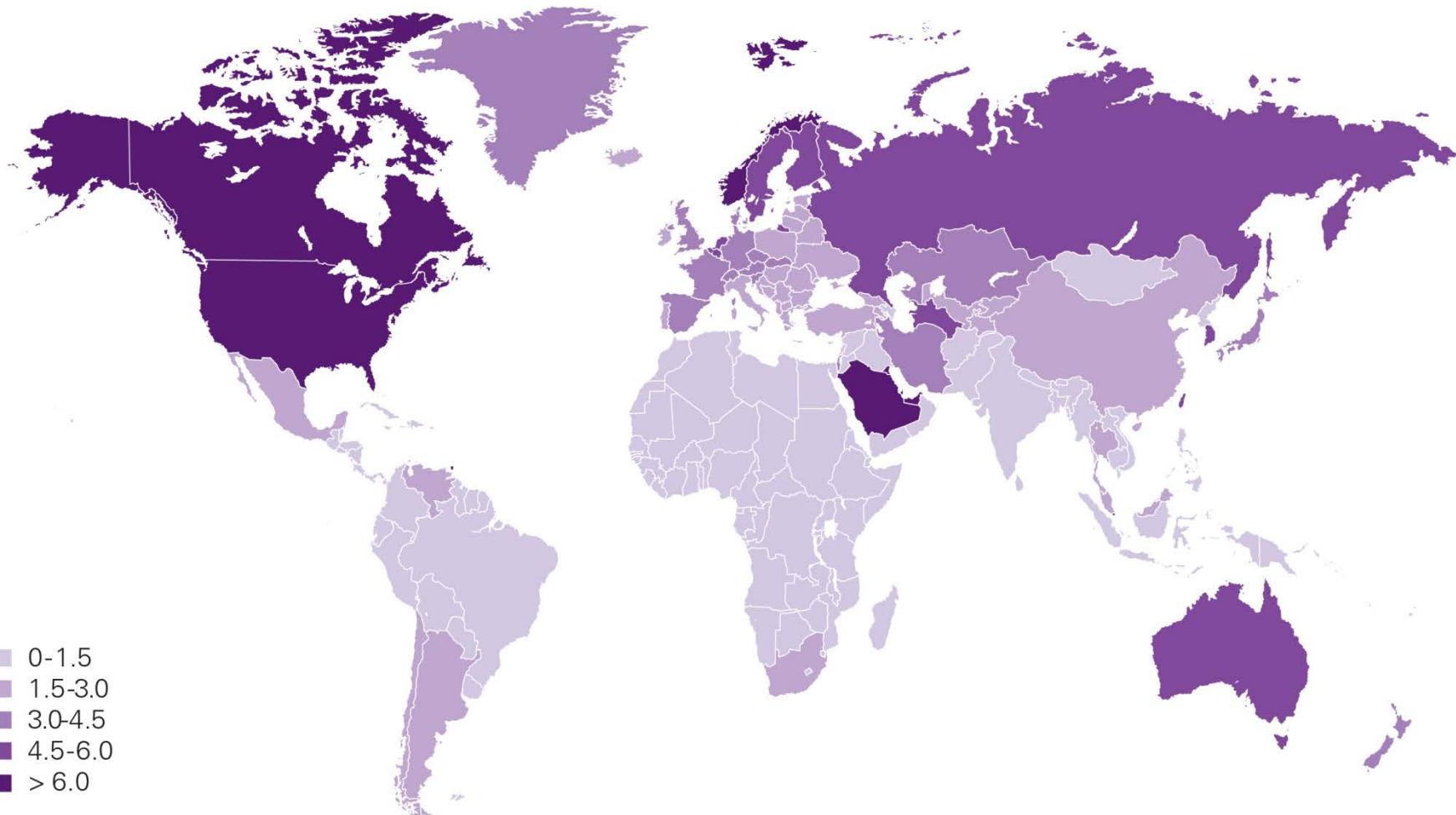
■ Oil
■ Natural gas
■ Coal



- **Ugljen i dalje svjetski najraširenije fosilno gorivo – R/P 109 god.**
- **Dokazane rezerve nafte i plina u 2012. godini porasle s dalnjom tendencijom rasta**
- **OECD zemlje 10% globalnih rezervi plina i nafte, ali 43% ugljena**

Source: BP Statistical Review of World Energy, June 2013

Potrošnja primarne energije po stanovniku (toe) 2012.



NAFTA



Svjetska proizvodnja nafte 2012.

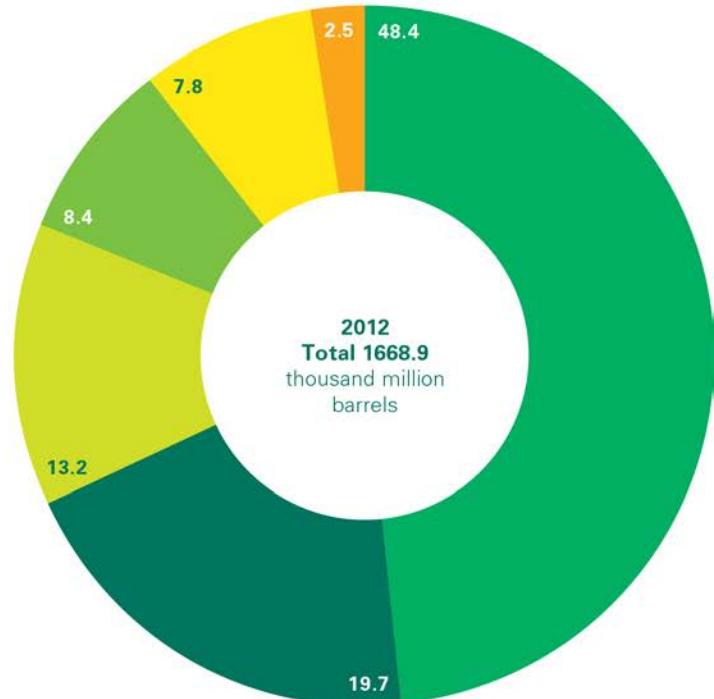
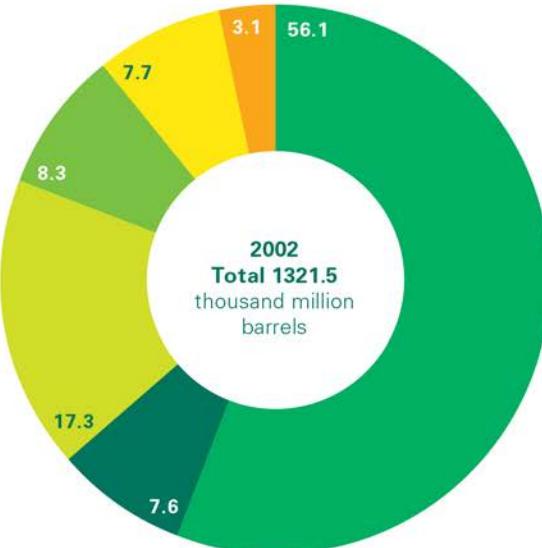
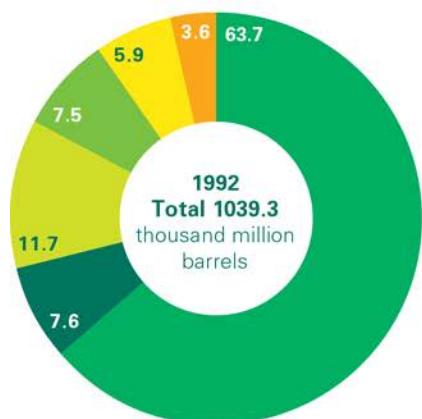
- **Nafta** je i dalje svjetski najvažniji izvor energije,
- Cijena nafte!!!!????



Distribucija dokazanih rezervi nafte u 1992., 2002. and 2012.

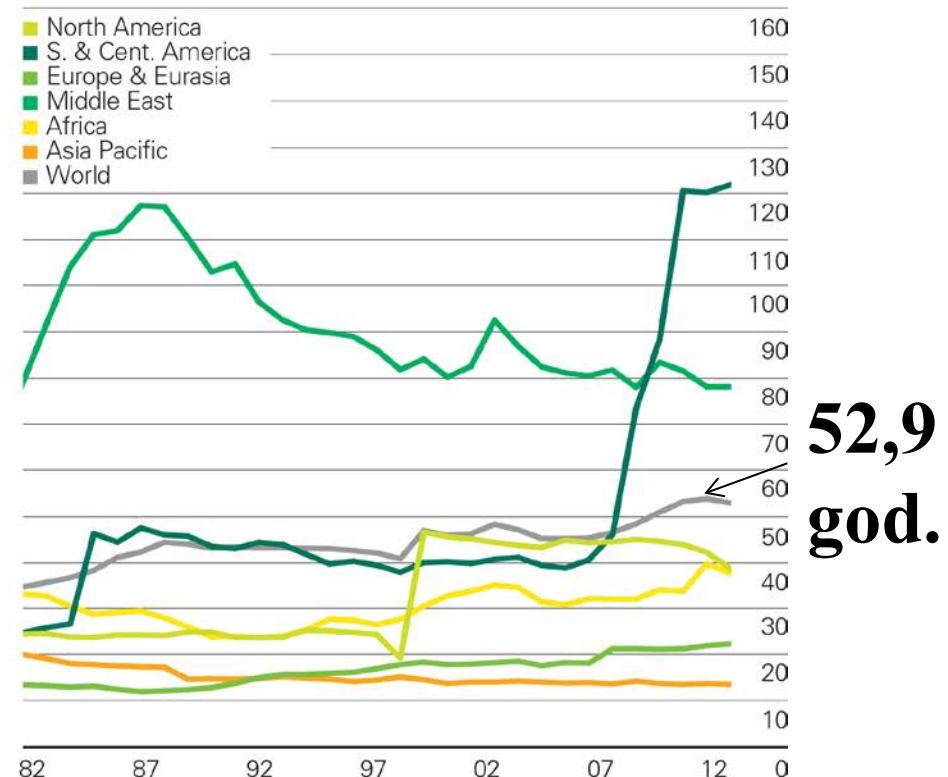
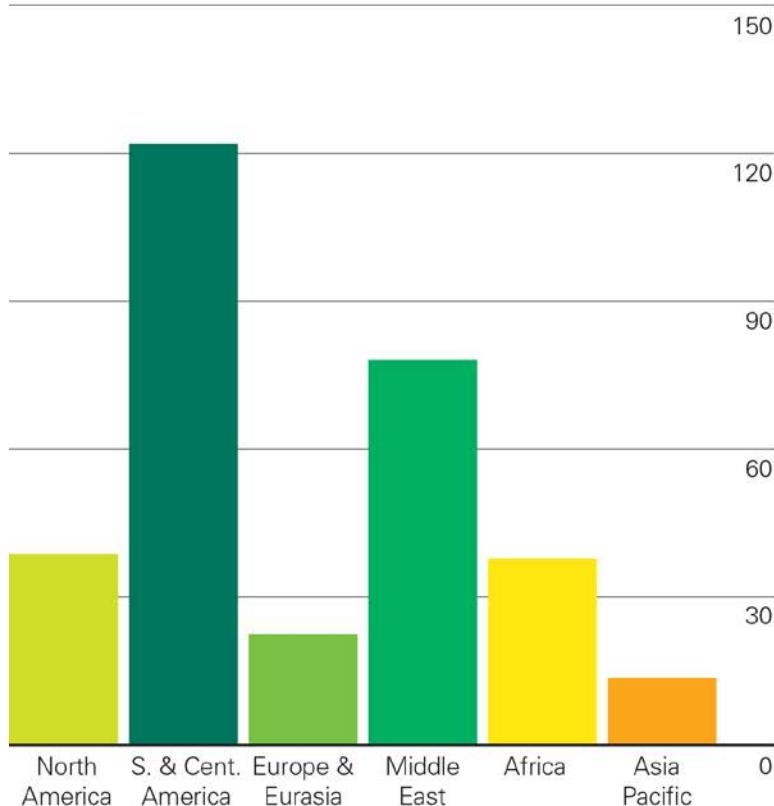
u %

- Middle East
- S. & Cent. America
- North America
- Europe & Eurasia
- Africa
- Asia Pacific



Source: BP Statistical Review of World Energy, June 2013

Odnos između zaliha i potrošnje nafte (R/P) – 2012.



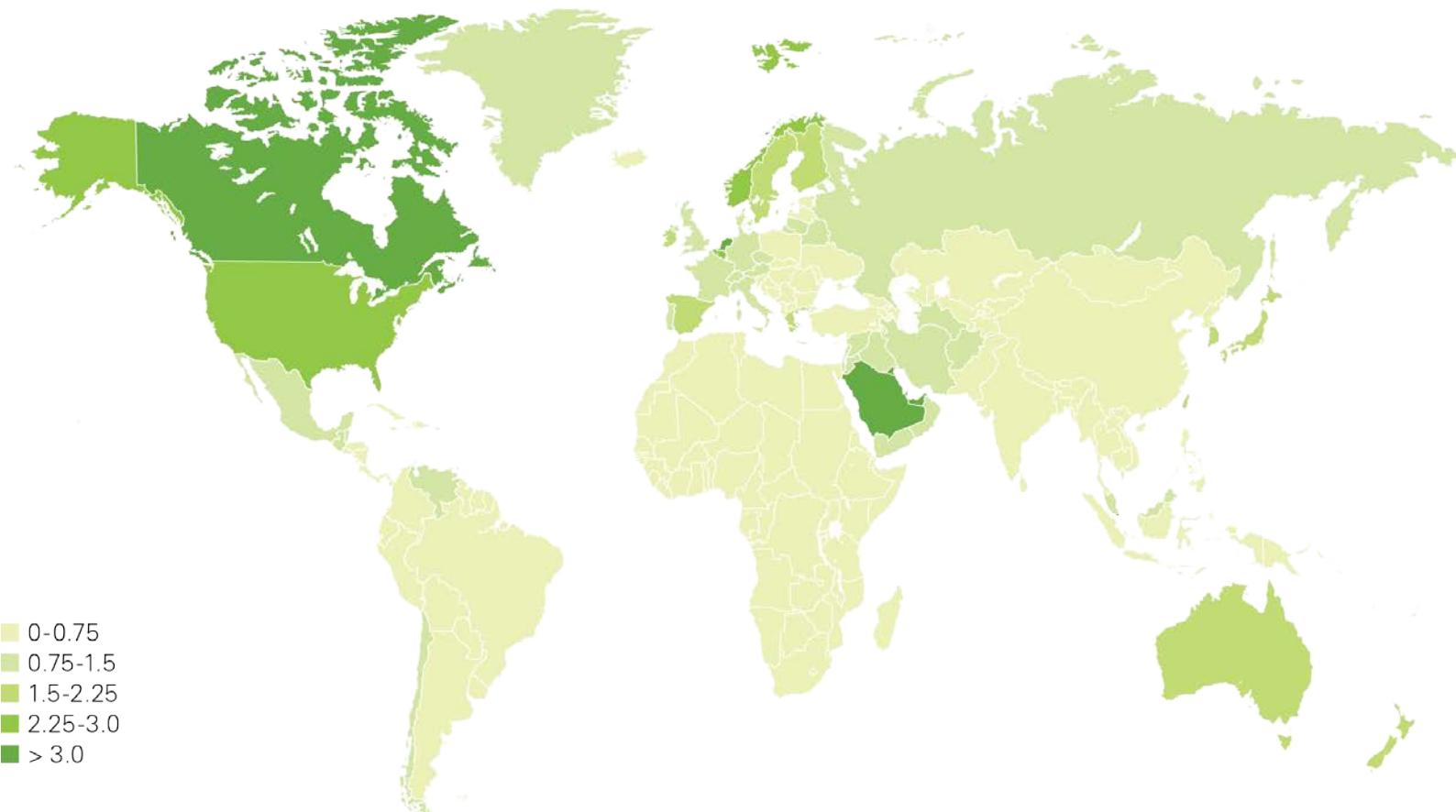
Source: BP Statistical Review of World Energy, June 2013

- Svjetska proizvodnja porasla za 1,9 miliona b/d + 1,3%
- Svjetska potrošnja porasla za 0,9 miliona b/d na 89 miliona b/d, EU (-9,9) i SAD pad (najmanja potrošnja od 1995.), izvan OECD rast 1,5%

Potrošnja nafte po stanovniku 2011. u tonama

Consumption per capita 2011

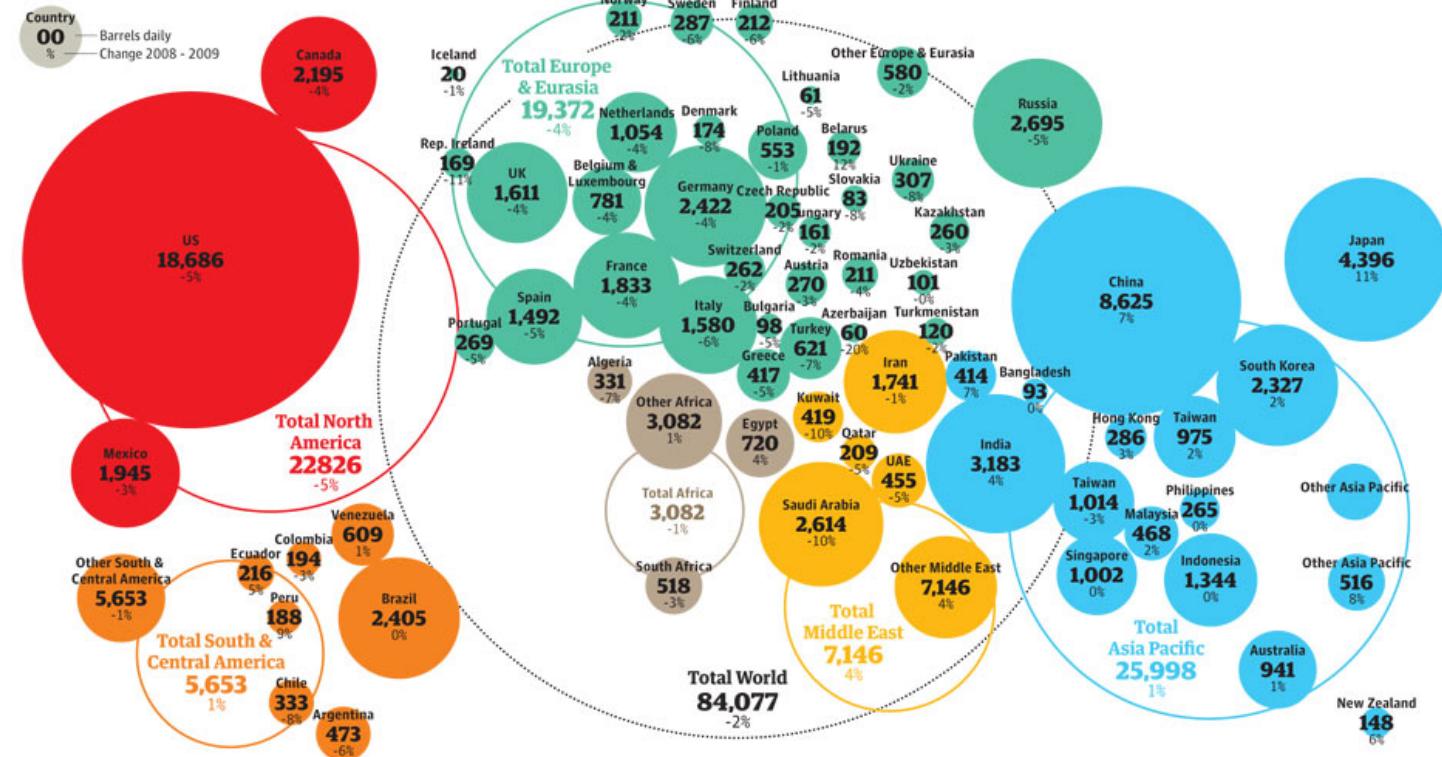
Tonnes



Potrošnja nafte po danu

Oil consumption around the world

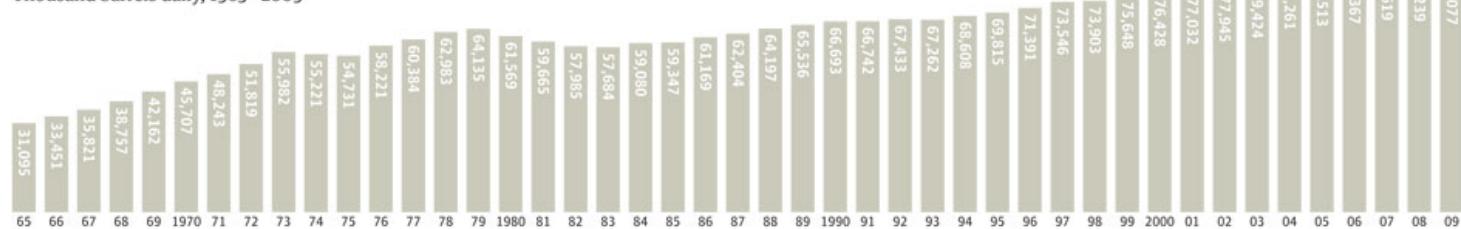
Thousand barrels daily 2009



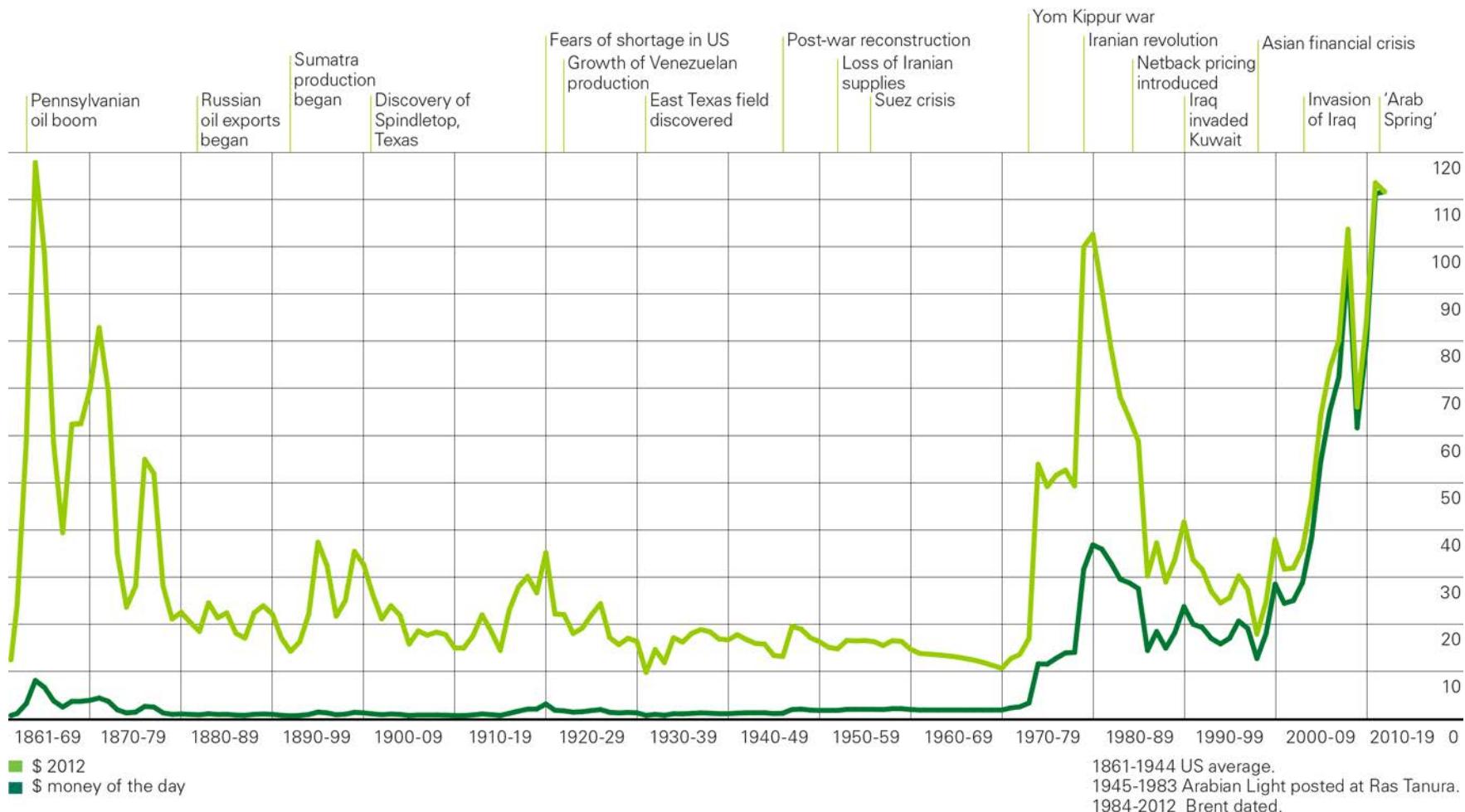
SOURCE: BP STATISTICAL REVIEW OF WORLD ENERGY

World oil consumption

Thousand barrels daily, 1965 - 2009



Kretanje cijene sirove nafte od 1861. – 2012. u USD/barrel



U 2010. prosječna cijena 79,5 USD/barrel (god. porast 29%)

U 2011. prosječna cijena 111,26 USD/barrel (god. porast 40%)

U 2012. prosječna cijena 111,67 USD/barrel

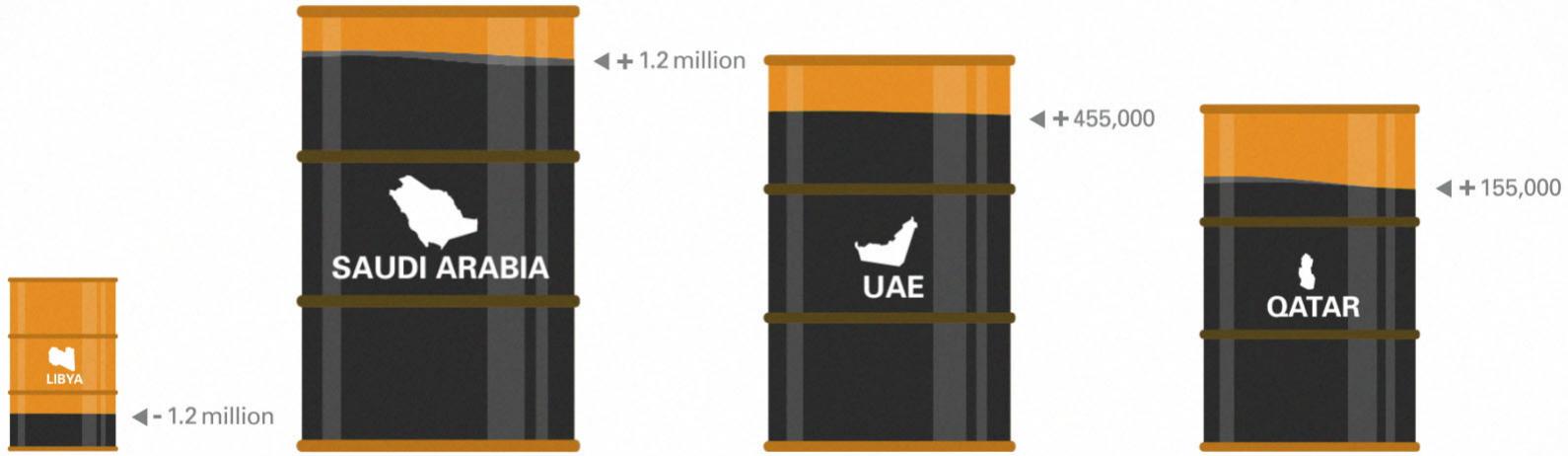
Source: BP Statistical Review of World Energy, June 2013

\$ 111.26 / barrel



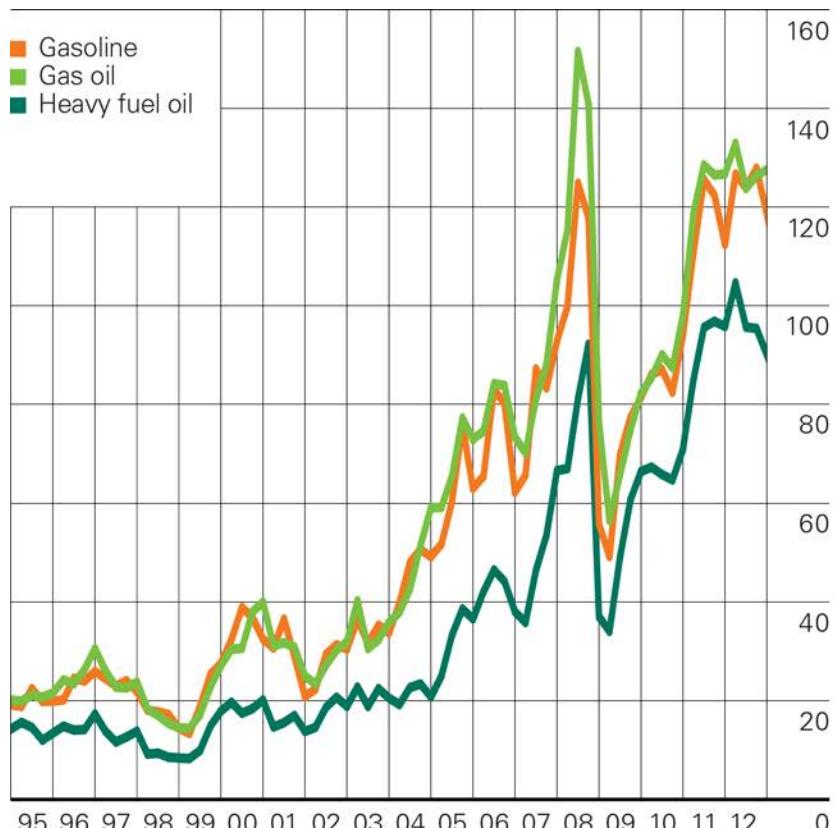
◀ - 1.2 million

Oil supplies **declined** in Libya

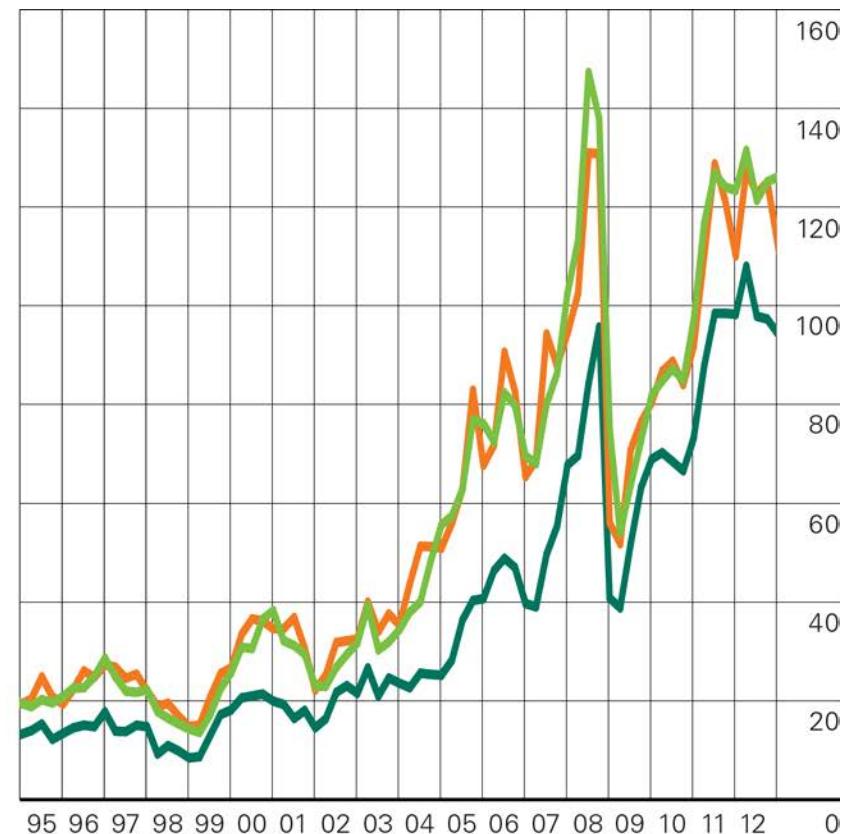


Losses were offset by **record oil production** in Saudi Arabia, the UAE, and Qatar

Rotterdam & US Gulf Coast product prices US\$/barel



Rotterdam



US Gulf Coast

29. 10. 2007.

U ponedjeljak 29. 10. 2007. je srušen jedan od najstarijih svjetskih rekorda iz siječnja 1981. godine tj. cijena barela sirove nafte (light, sweet) za isporuku u prosincu bila je **93,53 USD** čime je srušen prijašnji rekord od **93,09 USD** dostignut u siječnju 1981. godine (jasno uzimajući u obzir inflaciju tj. tadašnju vrijednost novca) jer tada nominalna vrijednost barela je bila **38,85 USD**.

Izvor Energy information administration Ministarstva energetike USA

29. 10. 2007. je cijena benzina supera u USA bila **2,872 USD** za gallon (65 centi više nego prije godinu dana).

1 US gallon = 3.78542 liters. **Pa je u USA 1 litra benzina 3,94 kn.**

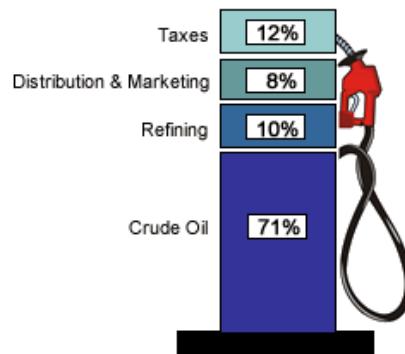
20.09.2010. je cijena benzina supera u USA bila **2,723 USD** za gallon
Pa je u USA 1 litra benzina bila 3,9999 kn.

14.10.2013. je cijena benzina supera u USA bila **3,354 USD** za gallon
Pa je u USA 1 litra benzina 4,96 kn.

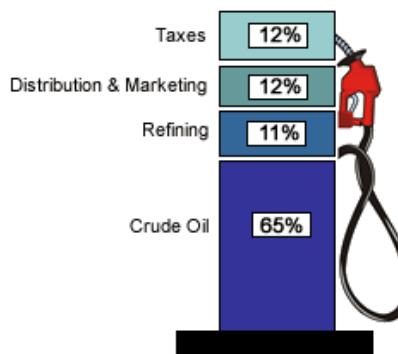
Struktura cijene goriva u SAD i Hrvatskoj

What we pay for in a gallon of:

Regular Gasoline (August 2013)
Retail Price: \$3.57/gallon

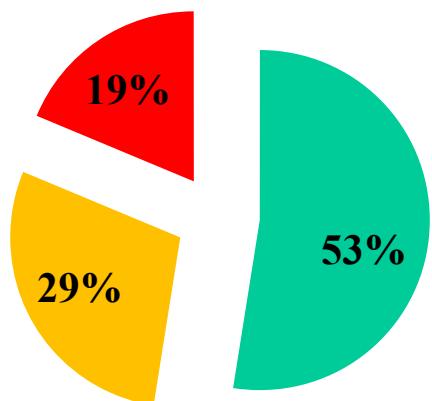


Diesel (August 2013)
Retail Price: \$3.91/gallon

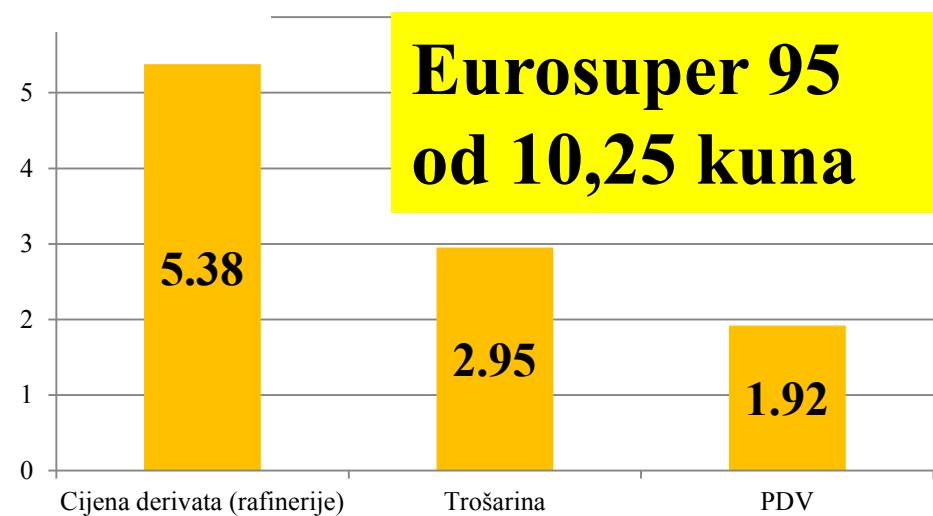


Benzin:

- Cijena derivata 71%
- Porezi 12%



- Cijena derivata (rafinerije)
- Trošarina
- PDV

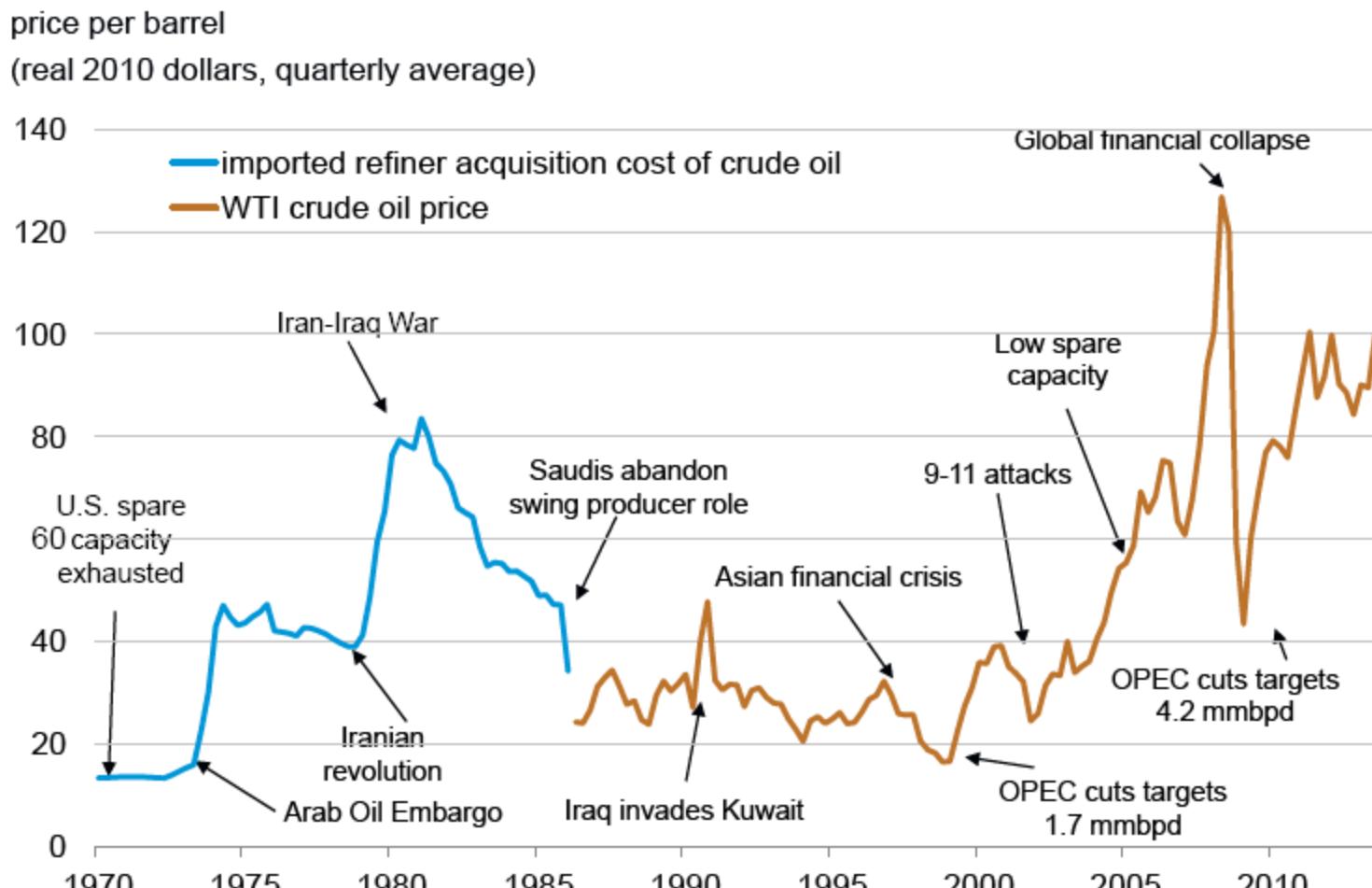


2. siječanj 2008



On October 19th, 2007, oil prices topped the \$90-per-barrel mark

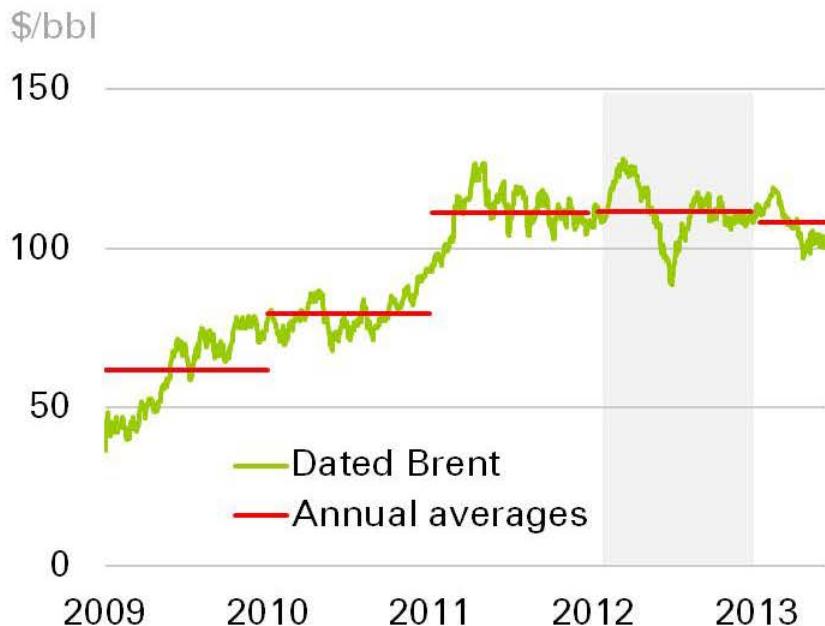
Kronologija korigirane svjetske cijene nafte: 1970-2010.



Sources: U.S. Energy Information Administration, Thomson Reuters

Tržište nafte u 2012.

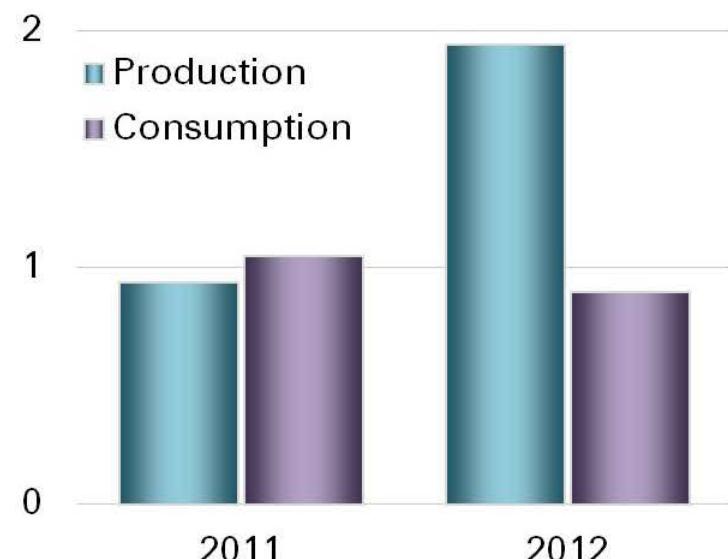
The price of oil



Source: includes data from Platts

Production and consumption growth

Annual change, Mb/d



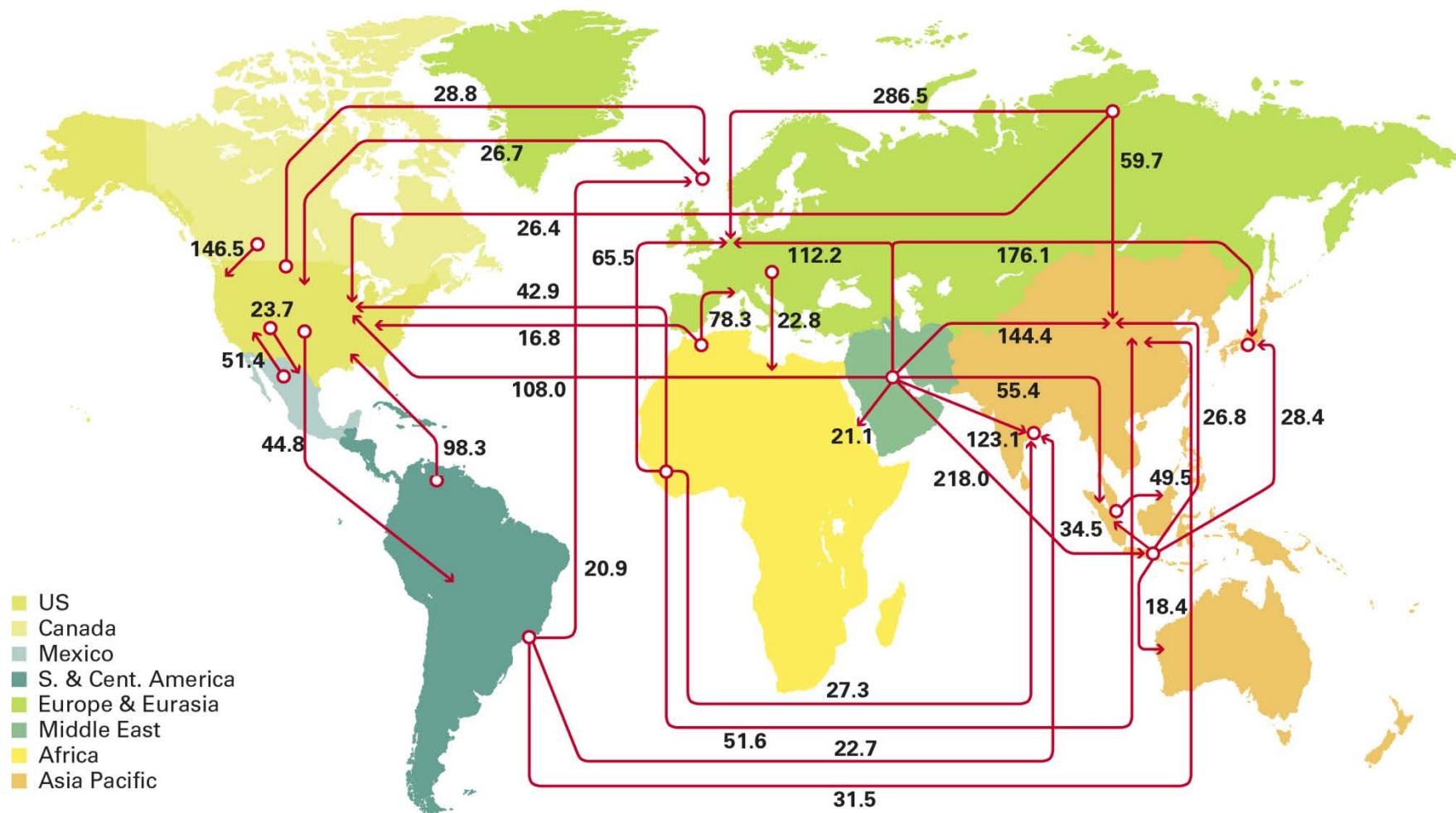
BP Statistical Review of World Energy

© BP 2013

IEA očekuje pad cijena nafte u idućih pet godina

- Cijene nafte mogle bi **postupno oslabiti u narednih pet godina** zbog **slabašnog gospodarskog rasta** i poboljšane energetske učinkovitosti, i to u kontekstu naglog povećanja proizvodnje u Iraku i Sjevernoj Americi, priopćila Međunarodna agencija za energiju (IEA).
- IEA je snizila prognozu rasta svjetske potražnje za naftom u razdoblju od 2011. do 2016. za 500.000 barela dnevno u odnosu na prethodno izvješće iz prosinca 2011.
- "**Očekivanja gospodarskog rasta u promatranom razdoblju prigušena su** zbog tvrdokornih zabrinutosti u vezi s **dugom** članica OECD, posebno **eurozonen**.
- Čak i **Kina**, glavni motor rasta potražnje u proteklom desetljeću, pokazuje znakove usporavanja", tumači IEA u srednjoročnim prognozama.
- U prethodnom srednjoročnom izvješću iz prosinca 2011. godine IEA je **očekivala rast potražnje za naftom** u svijetu za oko 8 posto u razdoblju od 2010. do 2016. godine.,
- Listopad 2012.: IEA **prognoza rast potražnje za manje od 7 posto** u razdoblju od 2012. do 2017., kada bi trebala iznositi 95,7 milijuna barela dnevno.

Glavni trgovinski naftni smjerovi 2012.

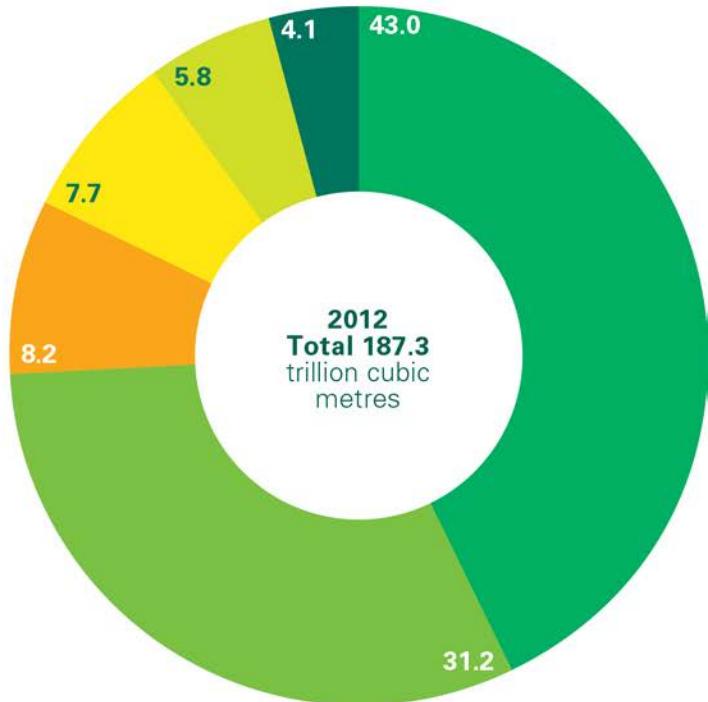
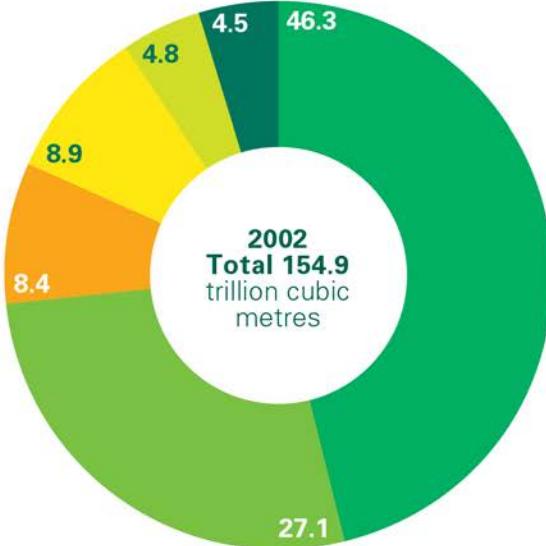
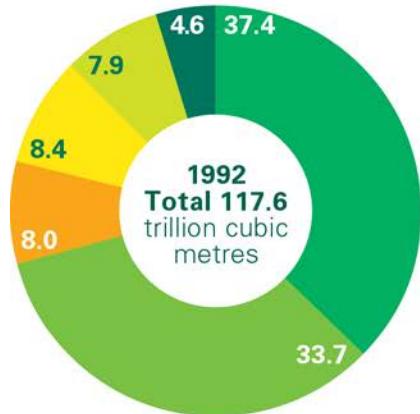


PRIRODNI PLIN



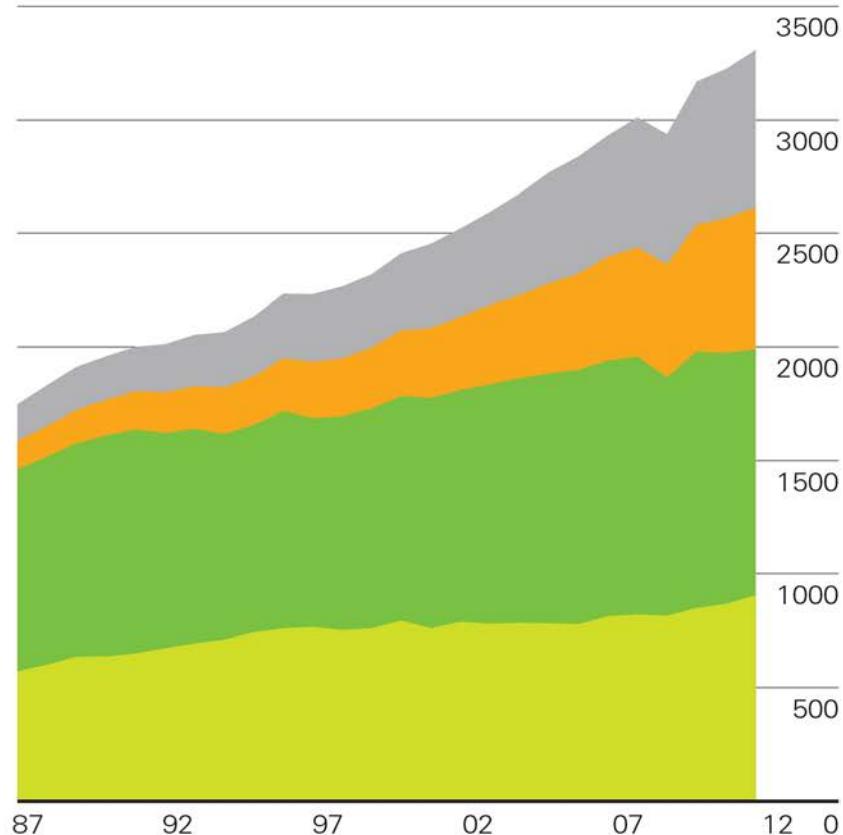
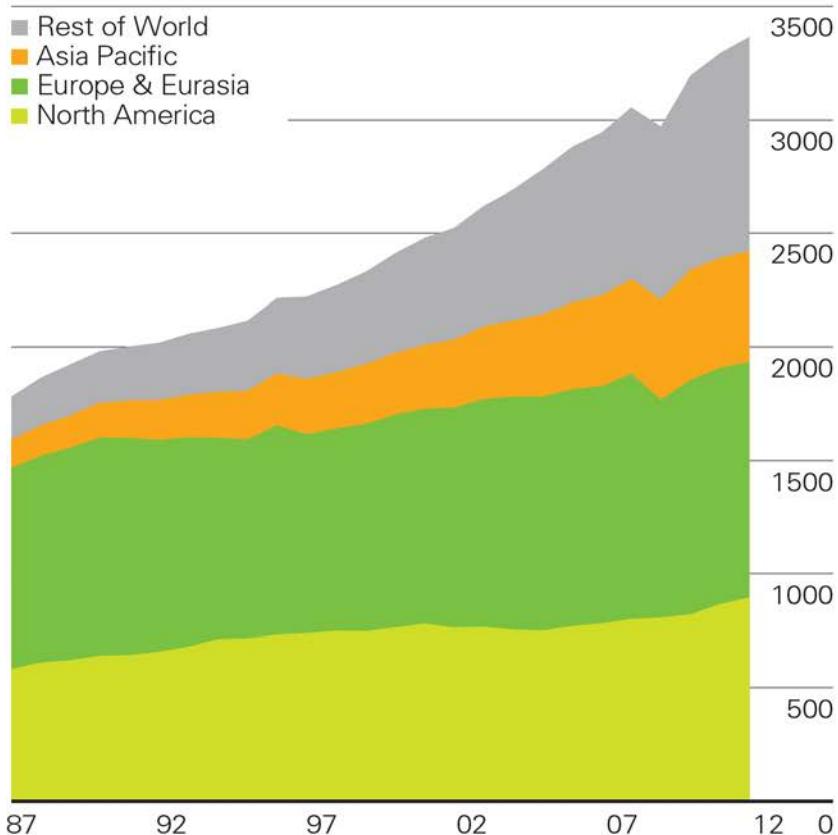
Distribucija dokazanih rezervi plina u 1992., 2002. and 2012. u %

- Middle East
- Europe & Eurasia
- Asia Pacific
- Africa
- North America
- S. & Cent. America



Source: BP Statistical Review of World Energy, June 2013

Proizvodnja i potrošnja plina po regijama

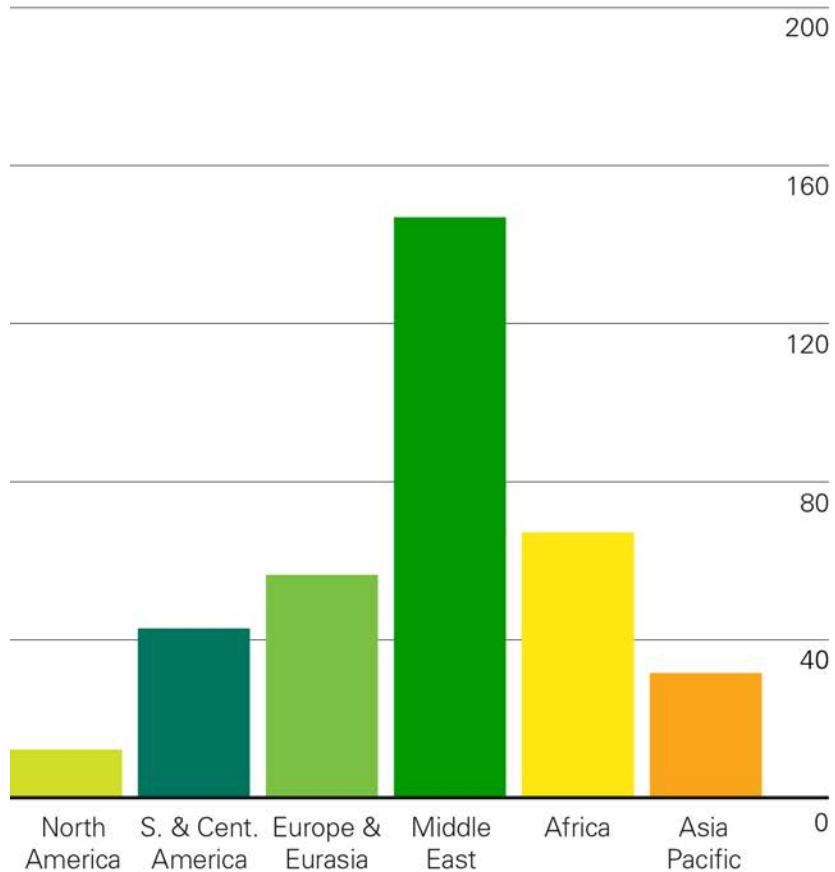


- U svijetu porast proizvodnje za 1,9%, a potrošnje 2,2%
- 2011. SAD zabilježile najveći rast proizvodnje u svijetu +8%, EU -11,4%

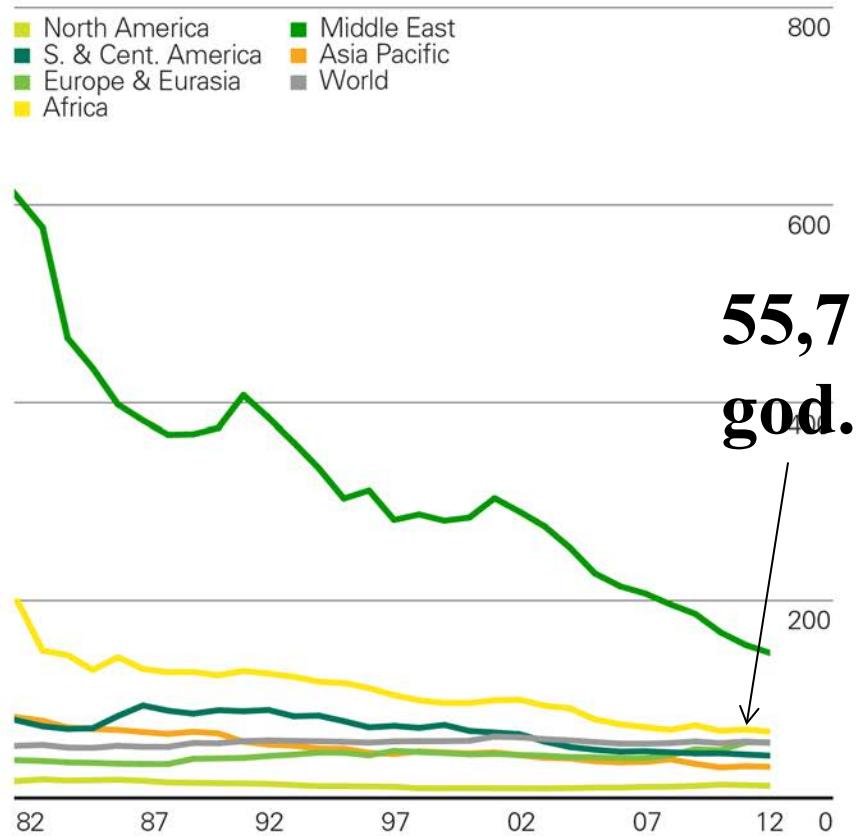
Source: BP Statistical Review of World Energy, June 2013

Odnos između zaliha i potrošnje plina (R/P) - godine

2012 by region

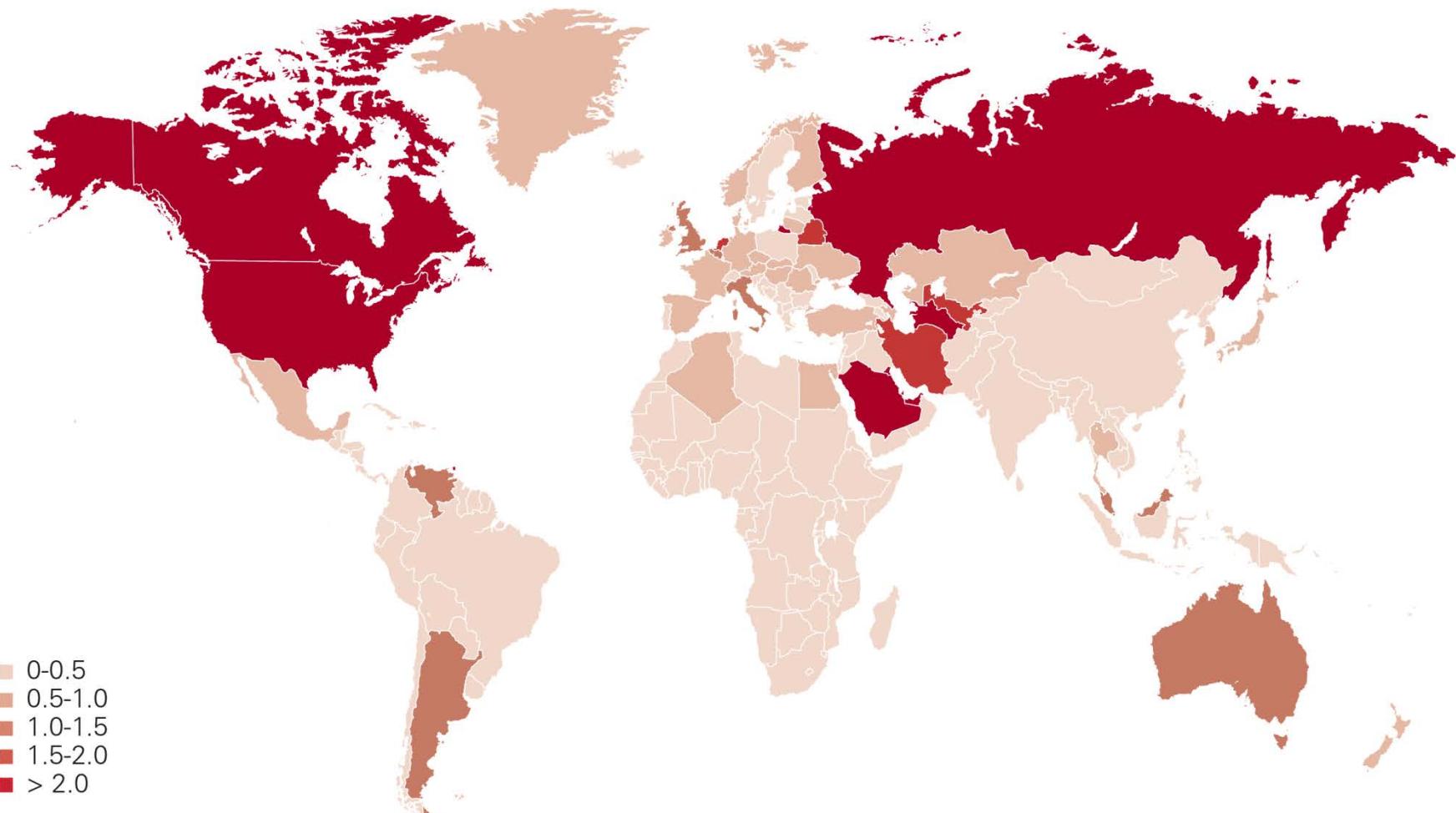


History

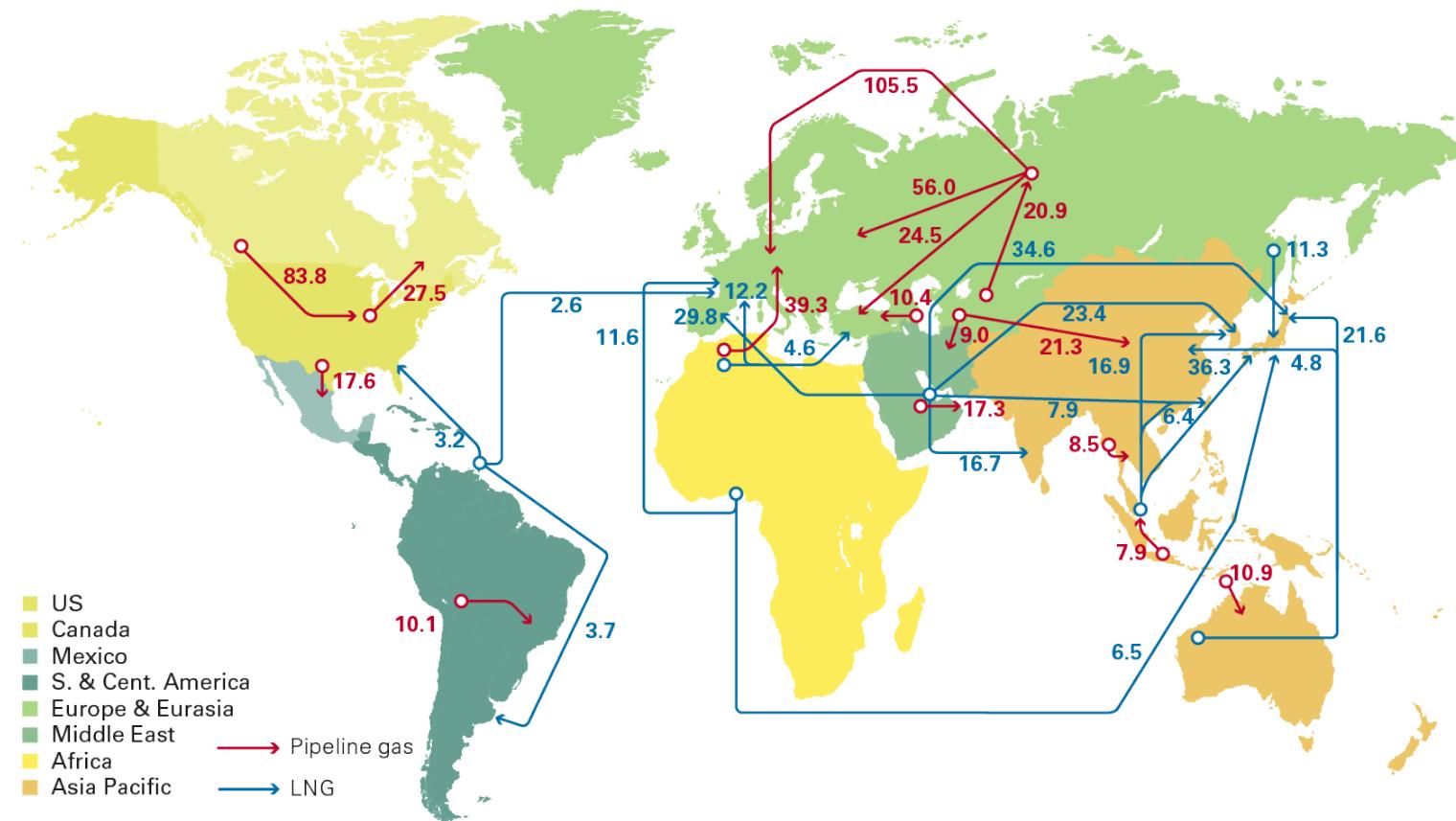


Source: BP Statistical Review of World Energy, June 2013

Potrošnja prirodnog plina po stanovniku (toe po stanovniku) – 2012.



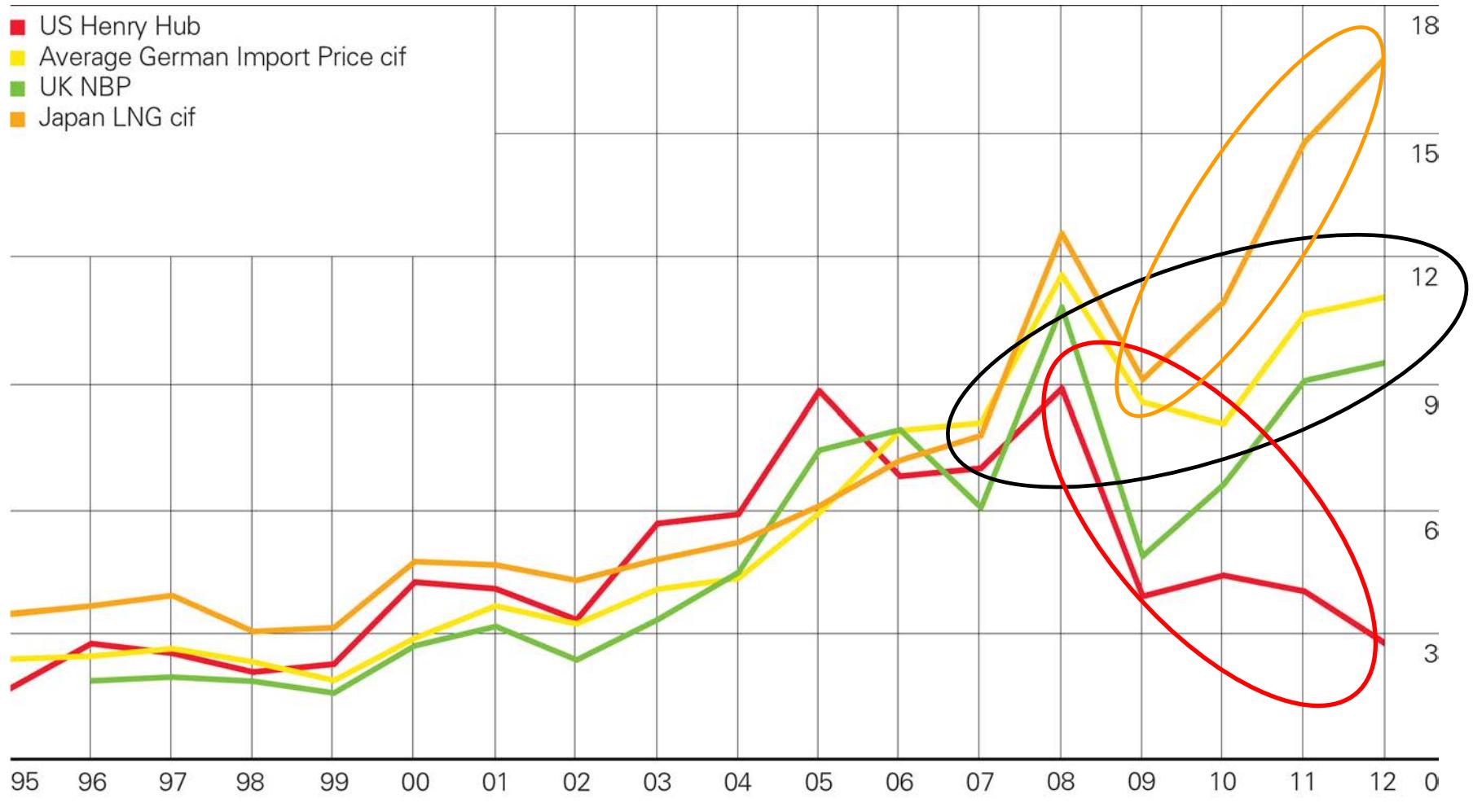
Glavni trgovački smjerovi prirodnog plina u bcm 2012.



**Globalna
trgovina
porasla za
4% u 2011
LNG +10%**

Podaci ilustriraju protok plinovoda prirodnog plina i ukapljenog prirodnog plina između izvora proizvodnje i potrošnje. Trgovina prirodnim plinom je prikazan u milijardama kubičnih metara (bcm).

Svjetske cijene plina



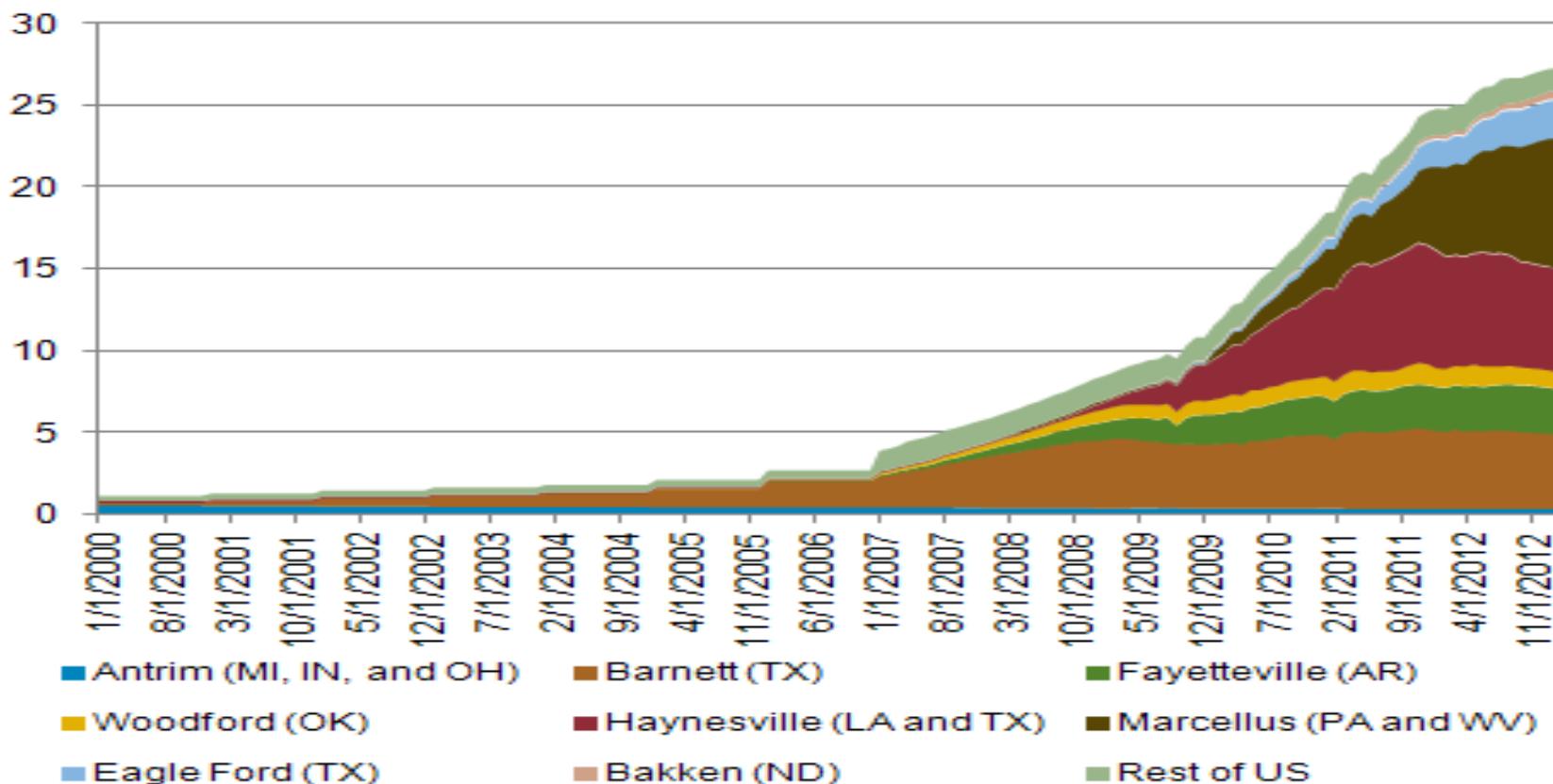
Source: BP Statistical Review of World Energy, June 2013

PRIRODNI PLIN IZ ŠKRILJEVAČKIH STIJENA

Proizvodnja plina iz škriljevaca u SAD

Monthly dry shale gas production

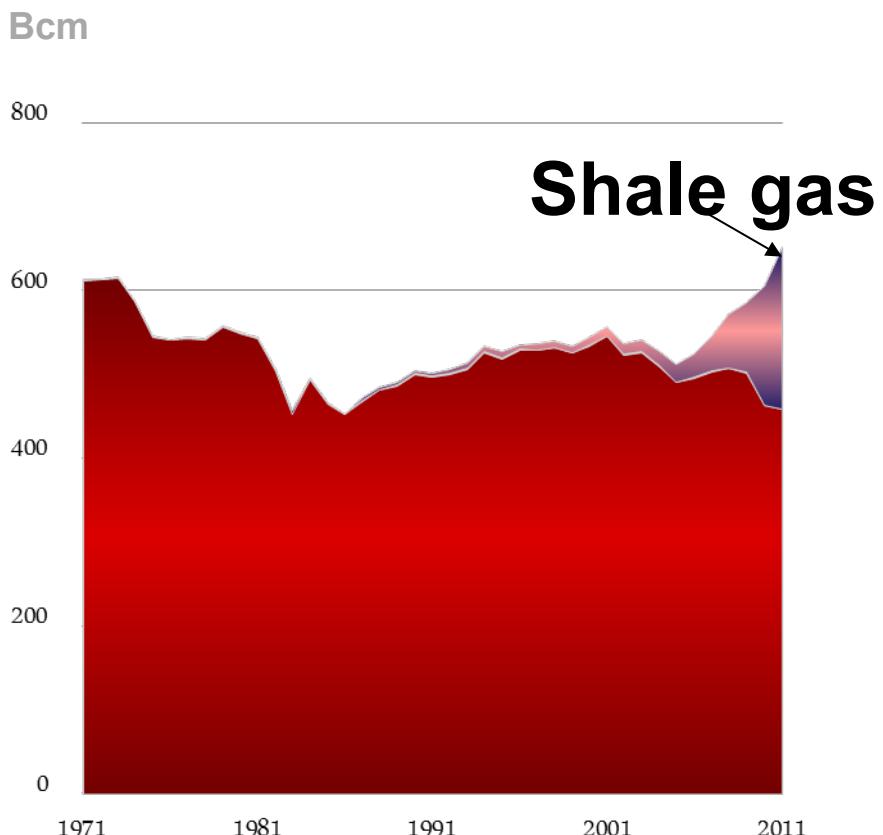
billion cubic feet per day



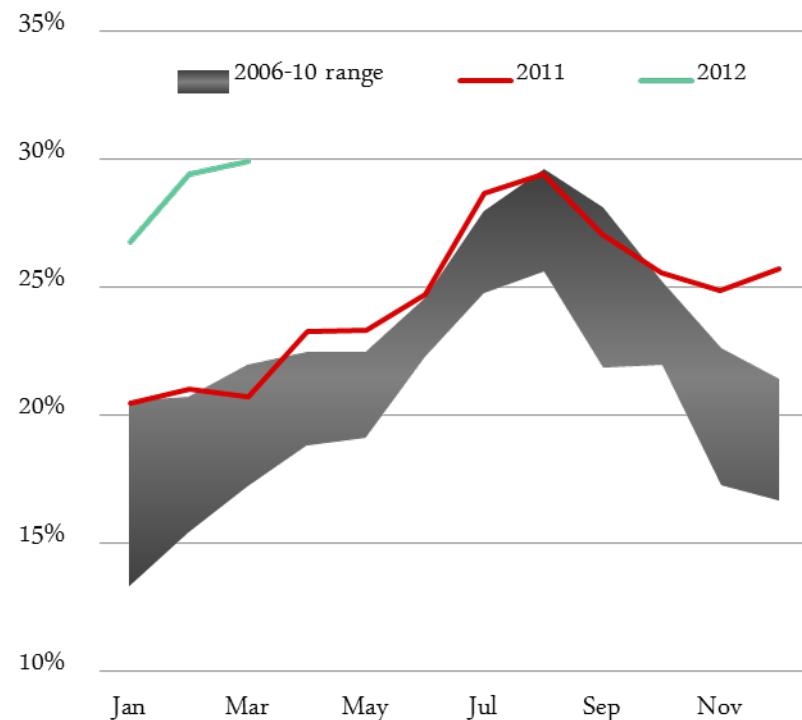
Source: Lippman Consulting, Inc. Gross withdrawal estimates are as of February 2013 and converted to dry production estimates with EIA-calculated average.
Note: The 'Rest of US' data series has been revised up due to the Wolfcamp play being classified as a shale play.

Tržište prirodnim plinom u SAD

Proizvodnja



Udio plina u proizvodnji električne energije



Source: includes data from Energy Information Administration

Natural Gas Prices - (Dollars per Thousand Cubic Feet) – US 2002-2013.

Natural Gas Prices



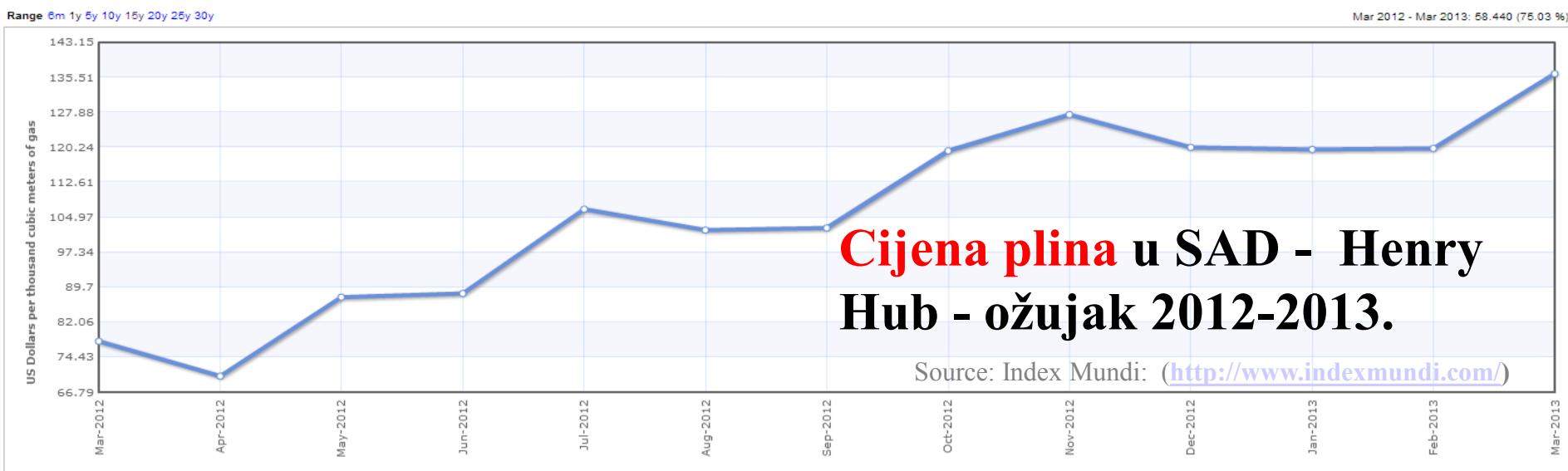
Source: U.S. Energy Information Administration

147.58

US Dollars per thousand cubic meters
 Price in U.S. dollars and cents per mmBtu: 4.085
 Contract Month: MAY 13
 As of: Wednesday, April 10, 2013
 Source: NYMEX - CME Group

Open: 145.66 Change: 2.46
 High: 150.32 Estimated Volume: 265542
 Low: 145.41 Prior Day Open Interest: 229470
 Last: - Contract Specifications

Natural Gas Monthly Price - US Dollars per thousand cubic meters of gas



Coal, Australian thermal coal Monthly Price - US Dollars per Metric Ton



Description: Coal, Australian thermal coal, 12000- btu/pound, less than 1% sulfur, 14% ash, FOB Newcastle/Port Kembla, US Dollars per Metric Ton

147.58

US Dollars per thousand cubic meters

Price in U.S. dollars and cents per mmBtu: 4.085

Contract Month: MAY 13

As of: Wednesday, April 10, 2013

Source: NYMEX - CME Group

Open: 145.66

High: 150.32

Low: 145.41

Last: -

Change: 2.46

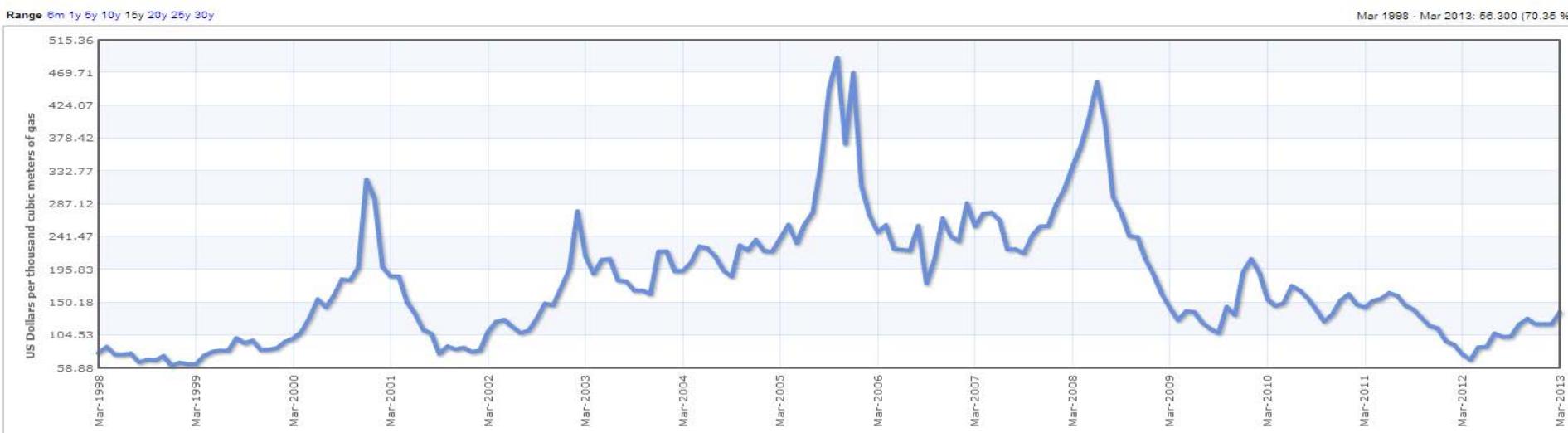
Estimated Volume: 265542

Prior Day Open Interest: 229470

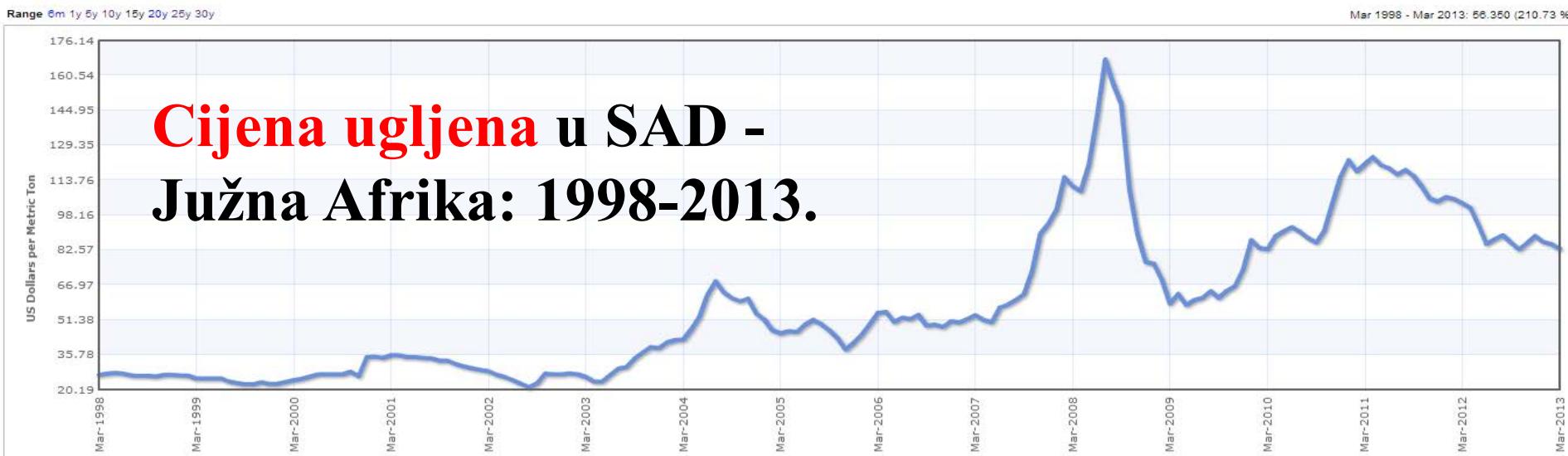
Contract Specifications

Cijena plina u SAD - Henry Hub 1998-2013.

Natural Gas Monthly Price - US Dollars per thousand cubic meters of gas



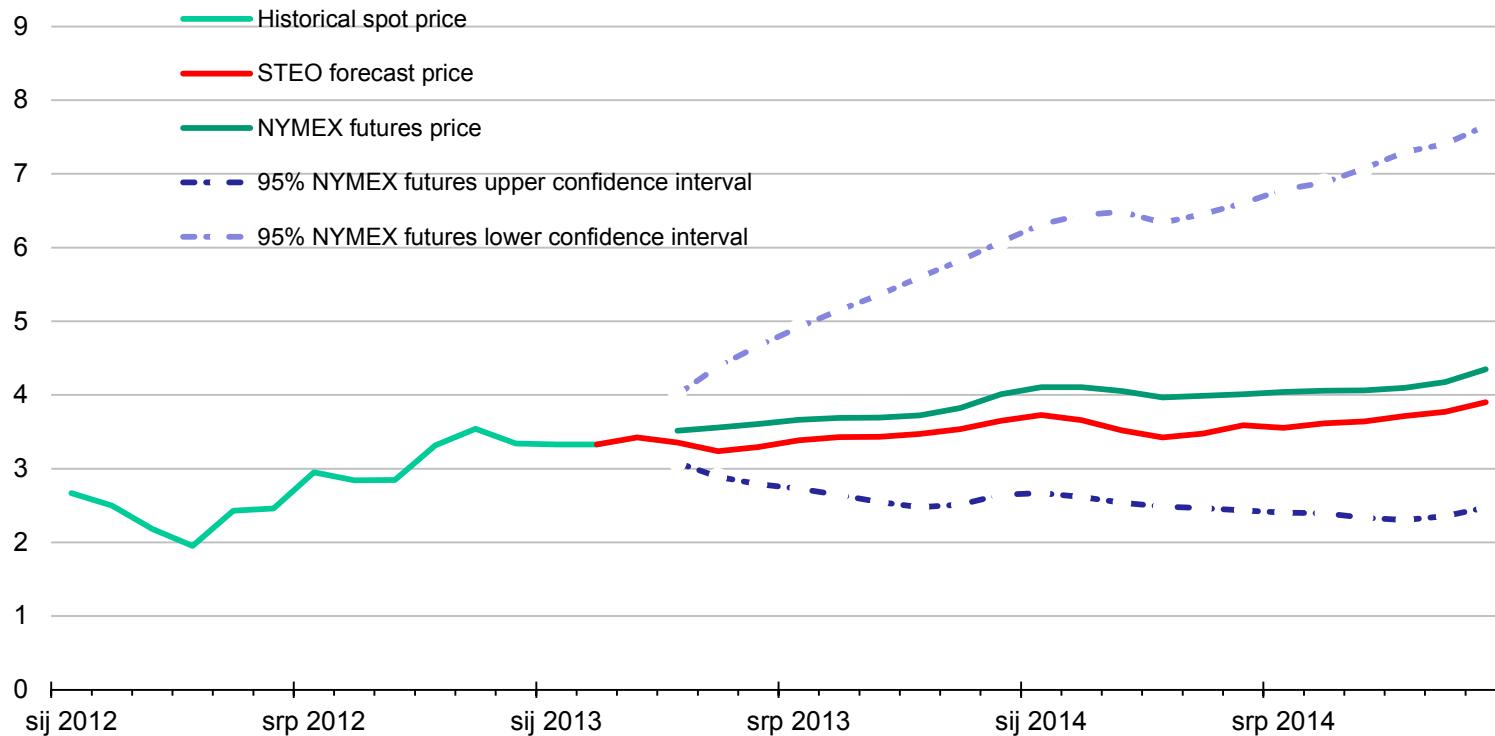
Coal, South African export price Monthly Price - US Dollars per Metric Ton



Cijena ugljena u SAD - Južna Afrika: 1998-2013.

EIA (SAD): Short-Term Energy Outlook, March 2013

Henry Hub Natural Gas Price
dollars per million btu

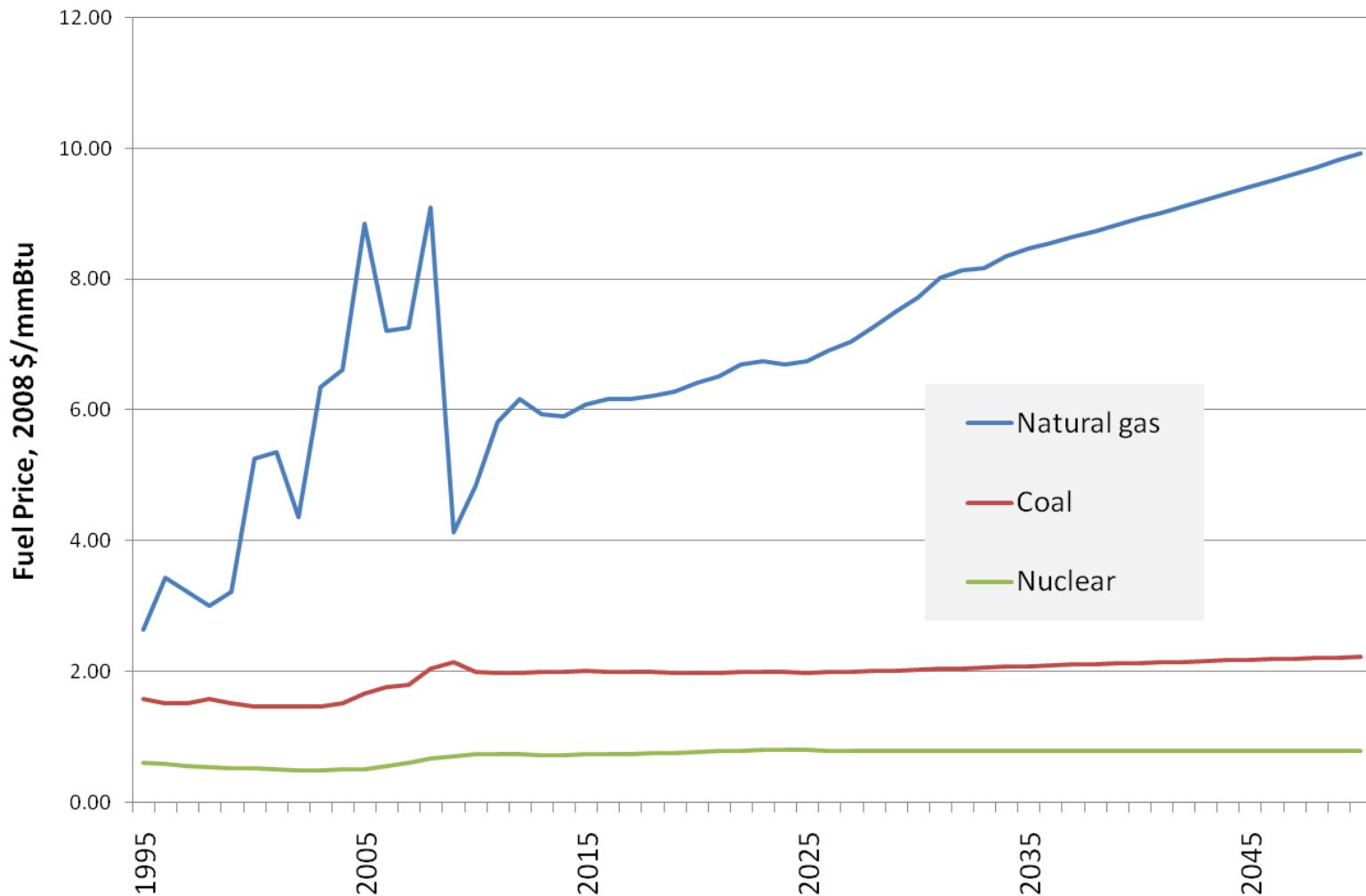


Note: Confidence interval derived from options market information for the 5 trading days ending March 7, 2013. Intervals not calculated for months with sparse trading in near-the-money options contracts.

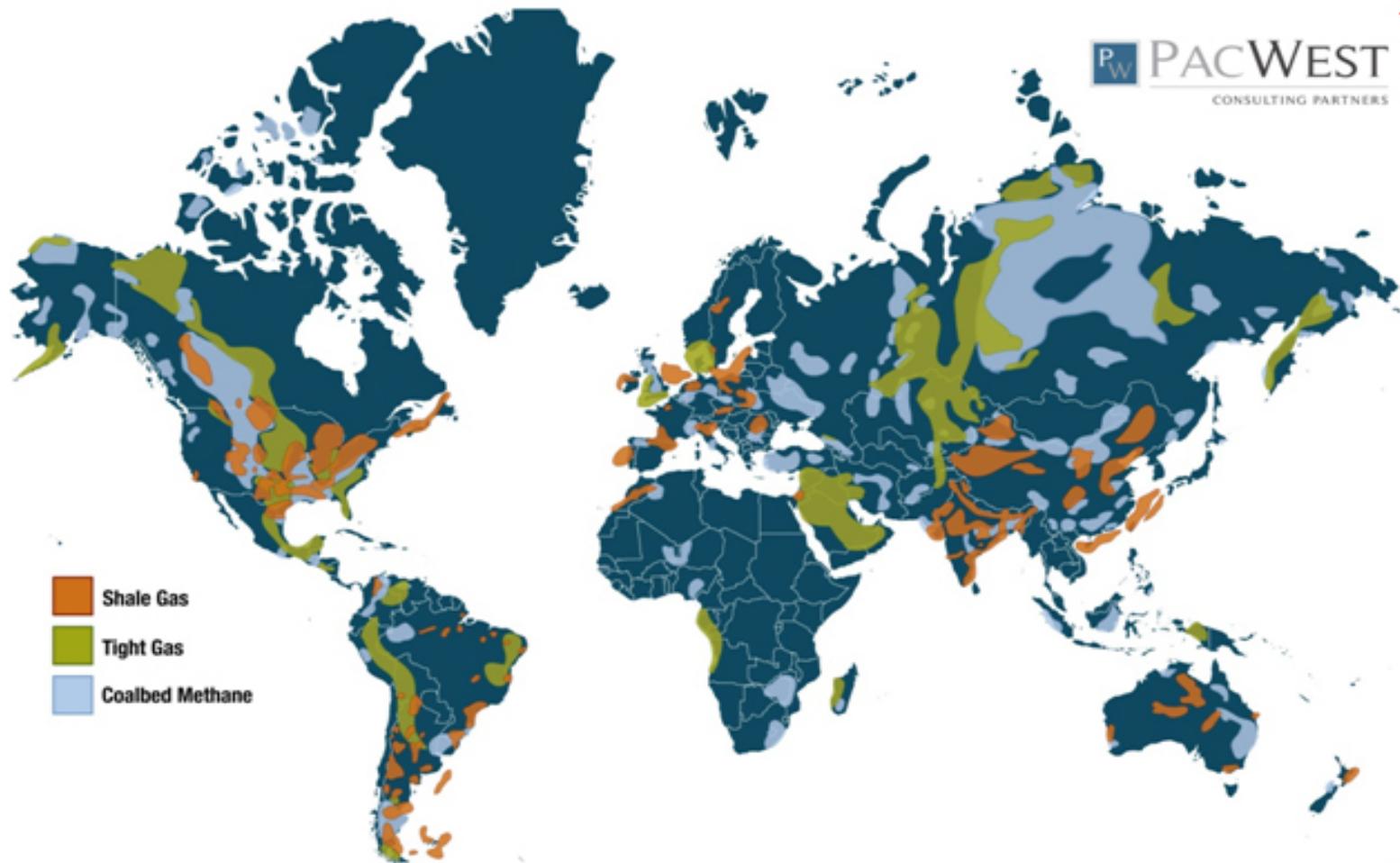
Source: Short-Term Energy Outlook, March 2013

Cijene goriva za elektrane u budućnosti u SAD

Fuel prices to electric power plants



Nekonvencionalni prirodni plin u Svijetu



Pw **PACWEST**
CONSULTING PARTNERS

World tight gas, shale gas, and coalbed methane production by region

International Energy Outlook 2011, Report #: DOE/EIA-0484 (2011)

Region/country	History		Projections					
			2008	2009	2015	2020	2025	2030
OECD								
OECD Americas	12.9	13.7	17.5	19.0	21.1	22.9	24.9	
United States /a	10.9	11.7	14.8	15.6	17.1	18.4	19.8	
Canada	2.1	2.0	2.7	3.4	3.9	4.3	4.6	
Mexico	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.4	
Chile	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	
OECD Europe	0.0	0.0	0.1	0.3	0.9	1.7	2.3	
North Europe	0.0	0.0	0.1	0.3	0.9	1.6	2.1	
South Europe	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	
Southwest Europe	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Turkey	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
OECD Asia	0.1	0.1	0.5	1.0	1.6	2.5	3.3	
Japan	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
South Korea	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Australia/New Zealand	0.1	0.1	0.5	1.0	1.6	2.5	3.3	
Total OECD	13.1	13.8	18.1	20.3	23.7	27.1	30.5	
Non-OECD								
Non-OECD Europe and Eurasia	0.0	0.0	0.2	0.7	1.3	2.1	3.0	
Russia	0.0	0.0	0.2	0.7	1.1	1.5	2.0	
Central Asia	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.4	0.7	
Non-OECD Europe	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.4	
Non-OECD Asia	0.0	0.0	0.6	1.5	2.8	4.3	5.8	
Middle East	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.7	
Africa	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.7	1.0	
Central and South America	0.0	0.0	0.2	0.4	0.9	1.5	2.0	
Total Non-OECD	0.0	0.0	1.0	2.8	5.3	8.7	12.5	
Total World	13.1	13.8	19.0	23.1	28.9	35.8	43.0	

UGLJEN



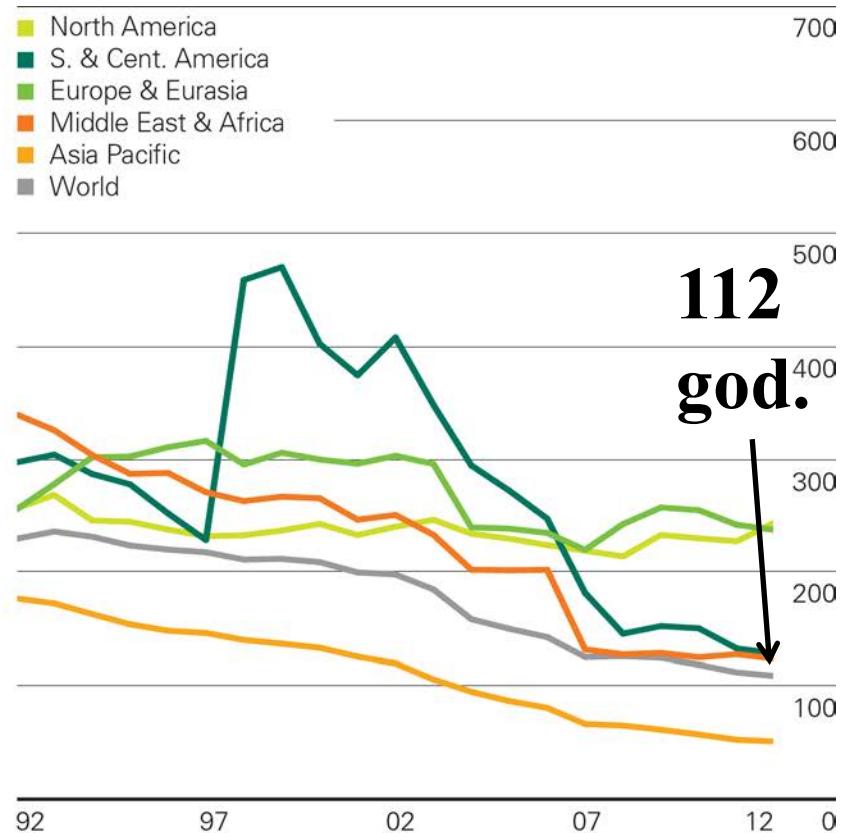
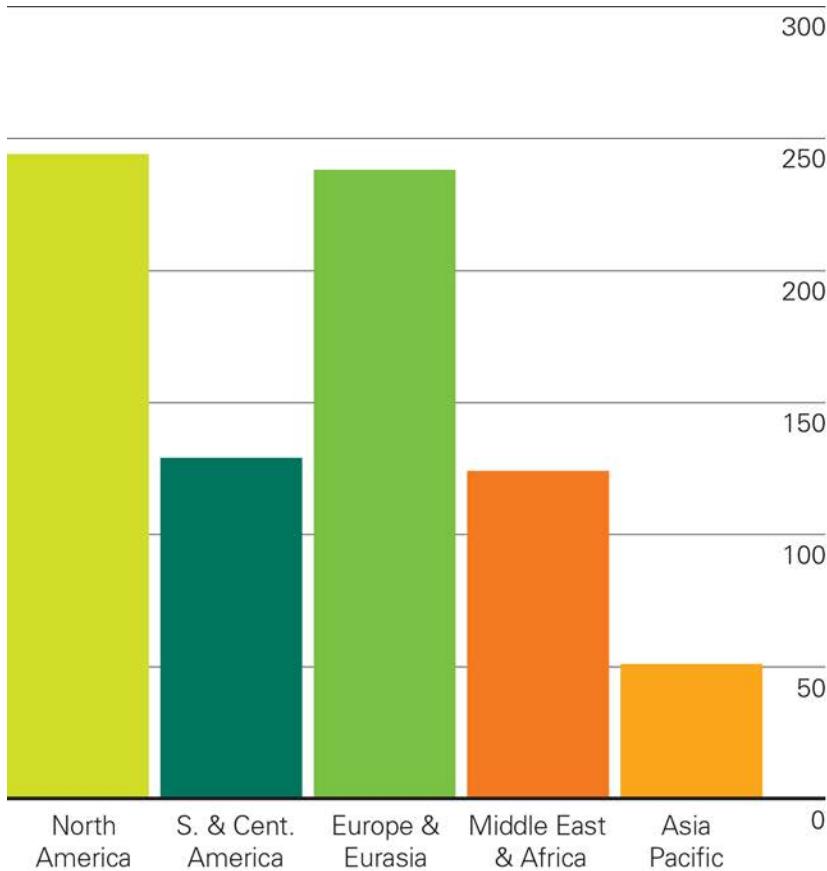
Svjetska potrošnja ugljena 2012.

- Ugljen je rangiran **drugi** u potrošnji primarne energije **30,0%**.
- Ekologija – emisije!
- Javnost

Zalihe ugljena

- Za razliku od zaliha tekućih goriva, a posebno zaliha prirodnog plina **nalazišta ugljena su ravnomjernije raspoređena u Svijetu.**
- **Najveće zalihe** ugljena se nalaze u Rusiji, SAD, Kini, Australiji, Južnoj Africi, a u Europi u Njemačkoj, Poljskoj, Češkoj i Vel.Britaniji
- S druge strane zastupljenost ugljena u podmirenju današnjih potreba za energijom je manja od zastupljenosti tekućih goriva i plinovitih goriva uzetih zajedno

Odnos između zaliha i proizvodnje ugljena (R/P) u 2012.



Proizvodnja ugljena globalno porasla za 6,1% (85% porasta u Aziji)

Ugljen povećao potrošnju u svijetu za 5,4% (u 2010. 7,6%)

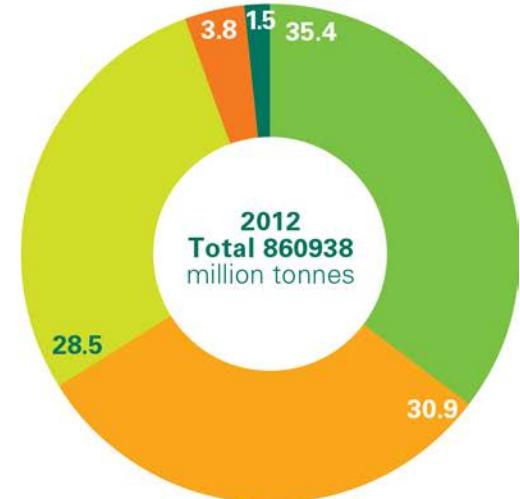
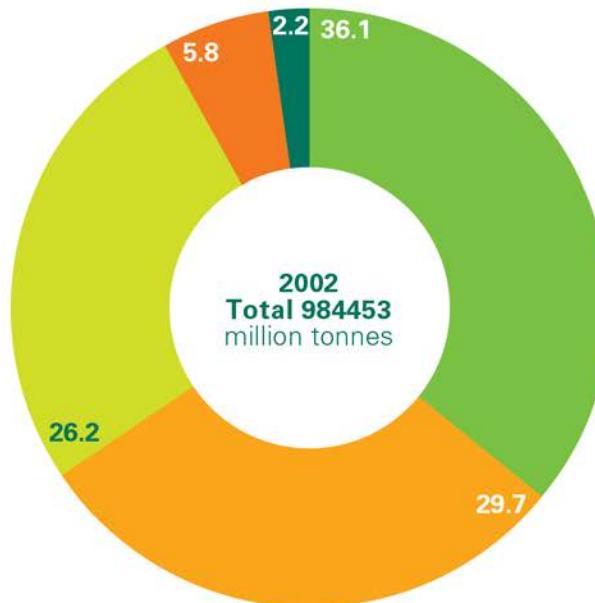
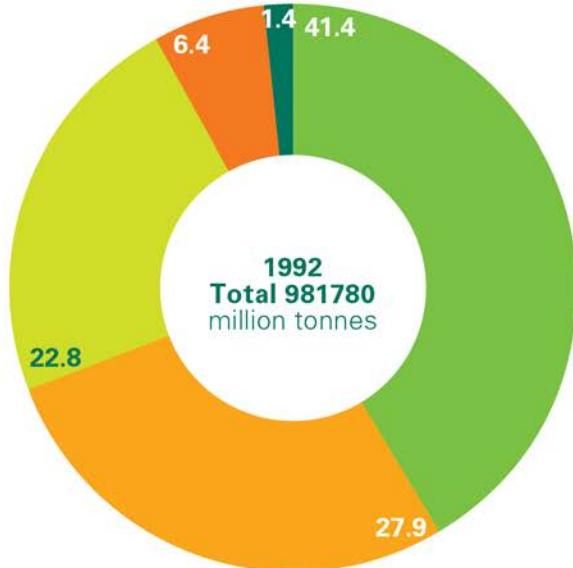
Potrošnja u Kini čini 48,2% svjetskog udjela, porasla je za 9,7%, OECD -1,1%.

Source: BP Statistical Review of World Energy, June 2013

Distribucija dokazanih rezervi ugljena u 1992, 2002 and 2012.

U %

- Europe & Eurasia
- Asia Pacific
- North America
- Middle East & Africa
- S. & Cent. America



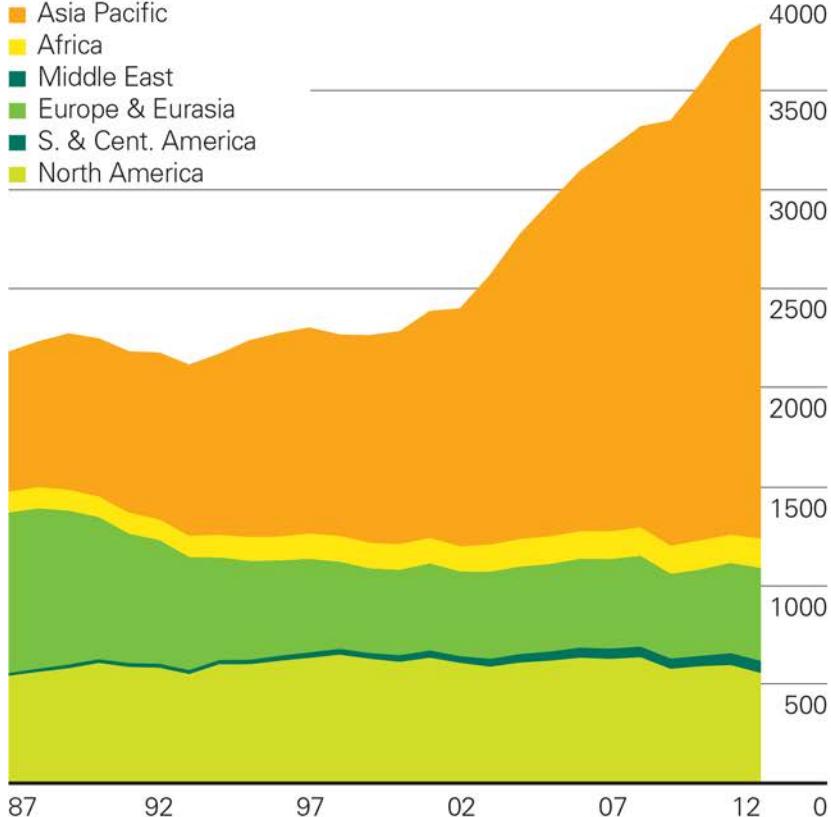
Source: BP Statistical Review of World Energy, June 2013

Proizvodnja i potrošnja ugljena po regijama

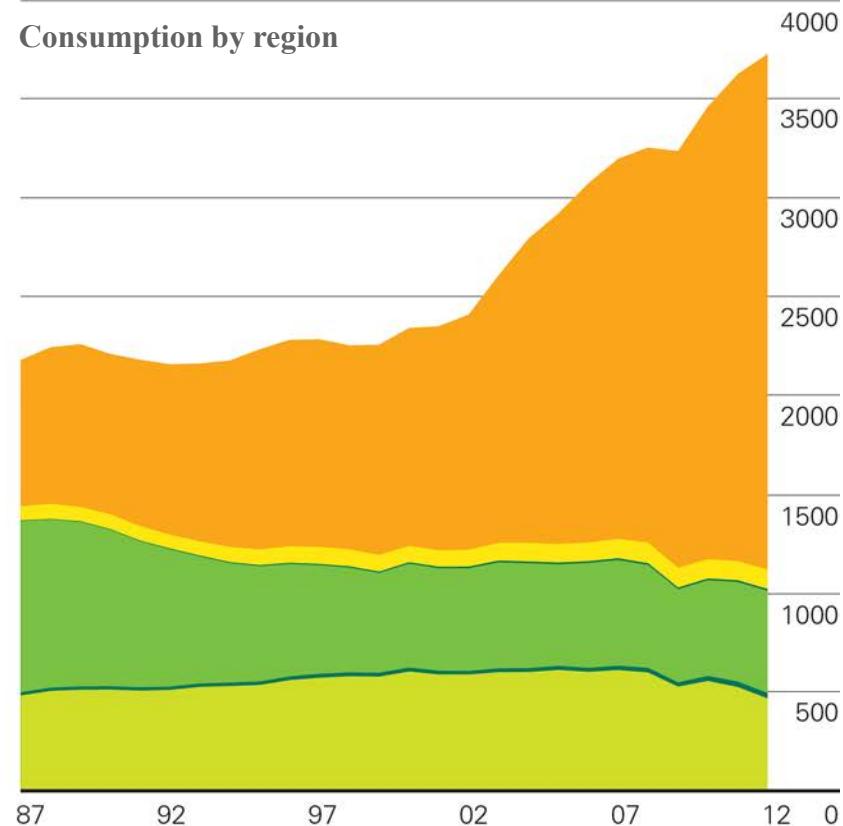
Production by region

- Asia Pacific
- Africa
- Middle East
- Europe & Eurasia
- S. & Cent. America
- North America

Mtoe



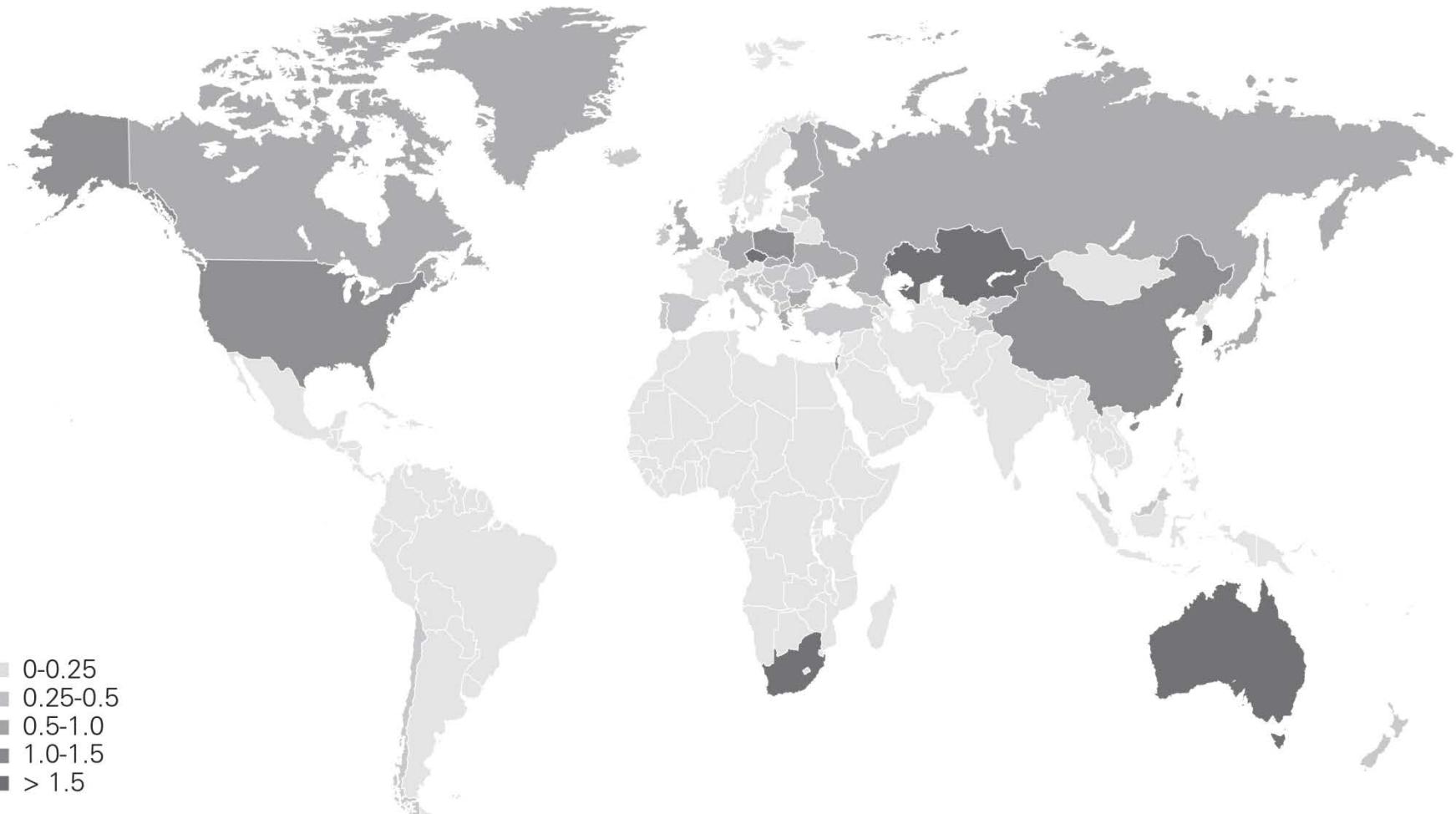
Consumption by region



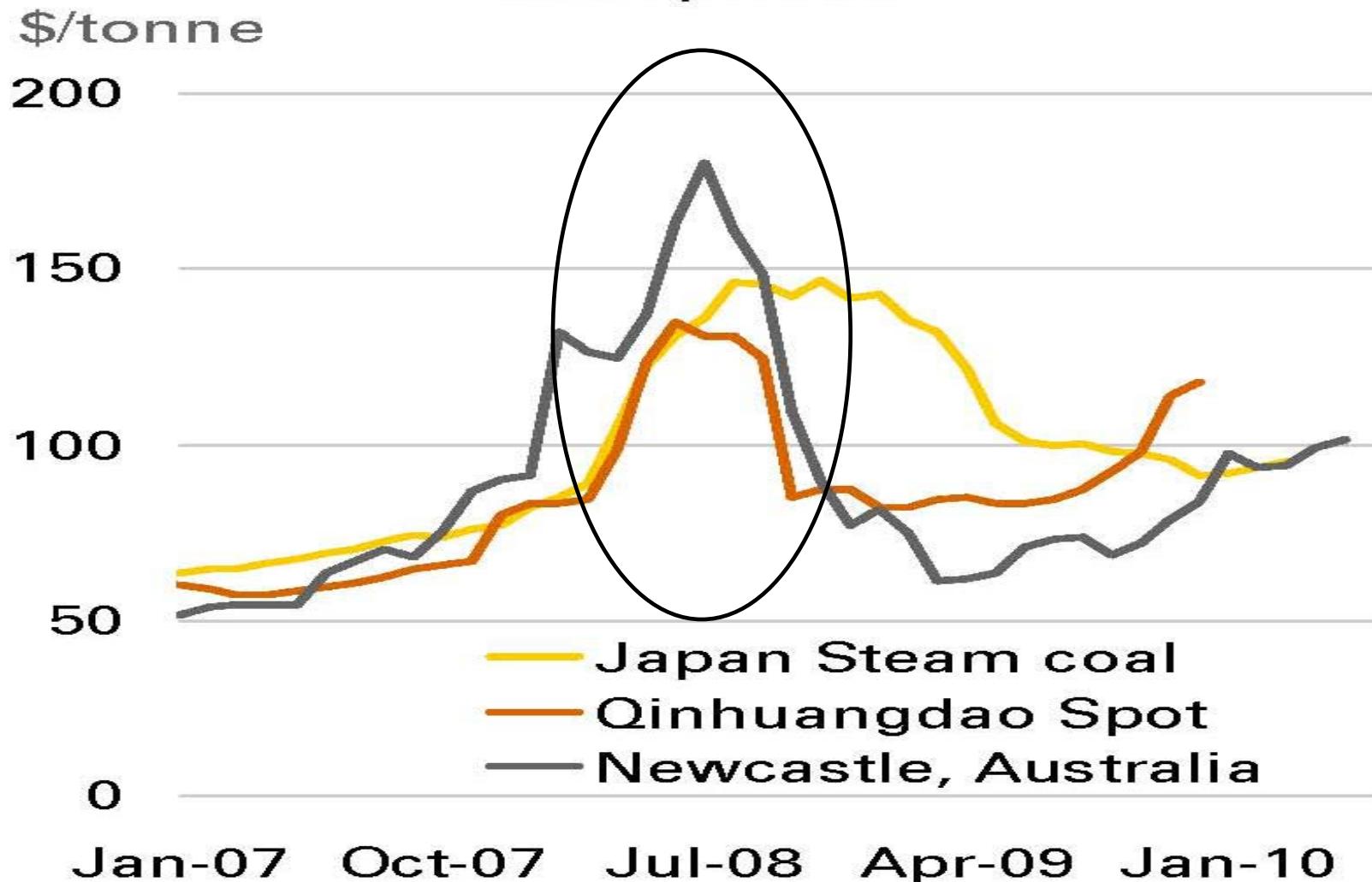
- U svijetu porast proizvodnje za 2%, a potrošnje 2,5%
- Sjevernoj Americi najveći pad potrošnje -11,3%, porast u EU

Source: BP Statistical Review of World Energy, June 2013

Potrošnja ugljena po stanovniku 2012.



Cijene ugljena

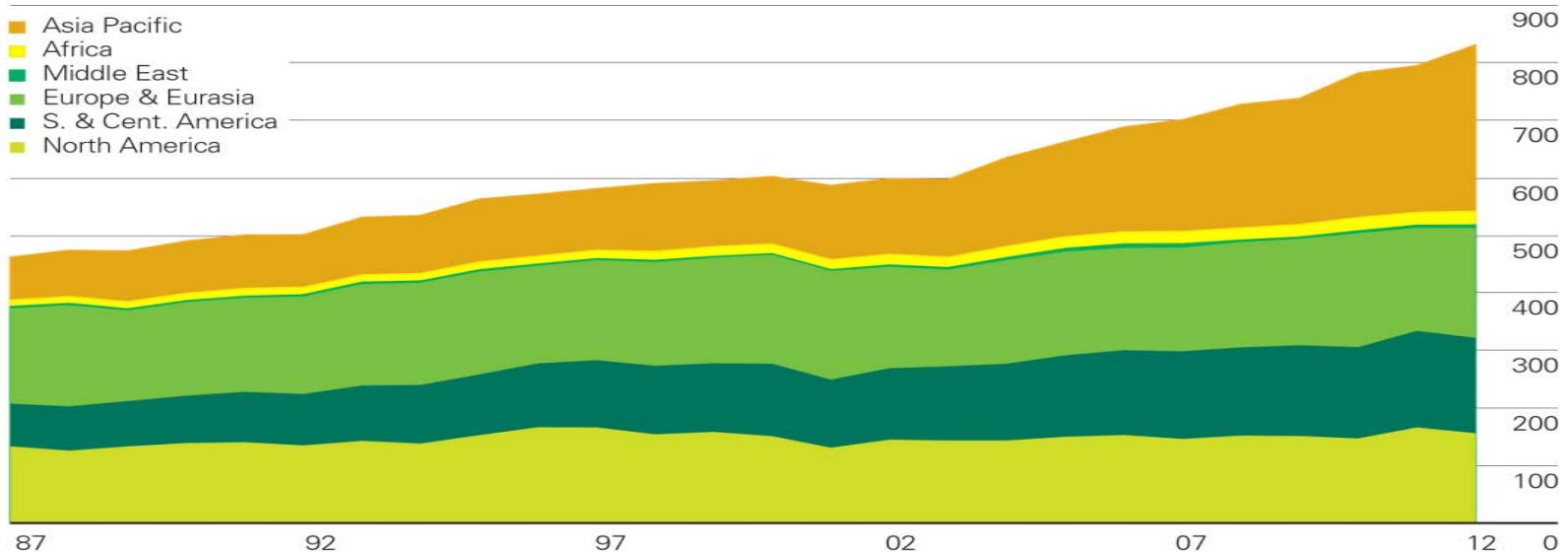


Source: Includes data from McCloskey, Platts and FACTS.

HIDROENERGIJA



Potrošnja hidroenergije po regijama (million toe)

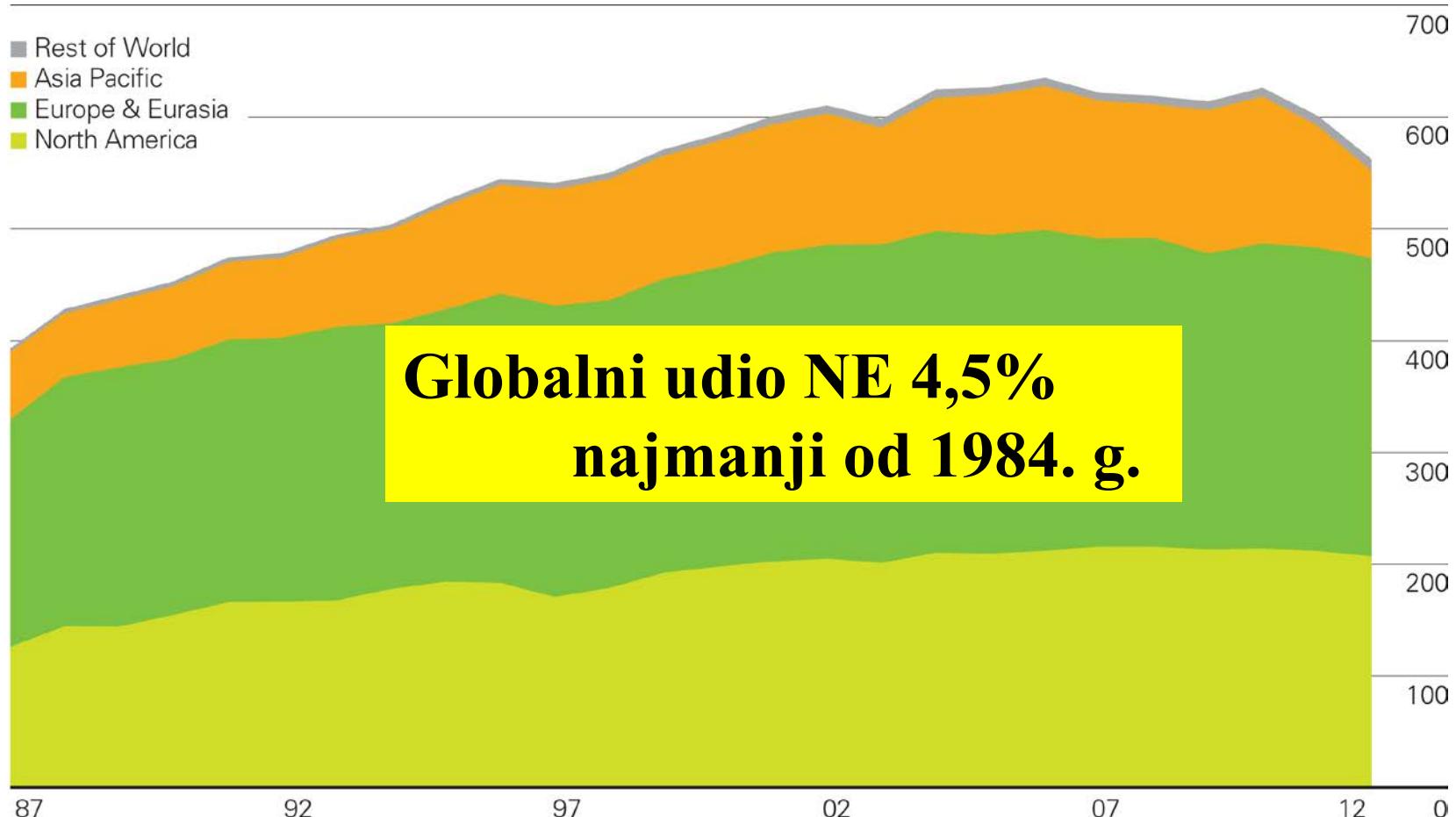


- Globalno proizvodnja u 2012. porasla za 4,3%
- Globalno proizvodnja u 2011. porasla za 1,6% (2010. za 5,3% - 60% čini Kina).
- Kina skoro sav porast u 2012. godini
- HE udio u globalnoj energiji 6,7%

NUKLEARNA ENERGIJA



Potrošnja nuklearne energije po regijama u 2012. u milion toe

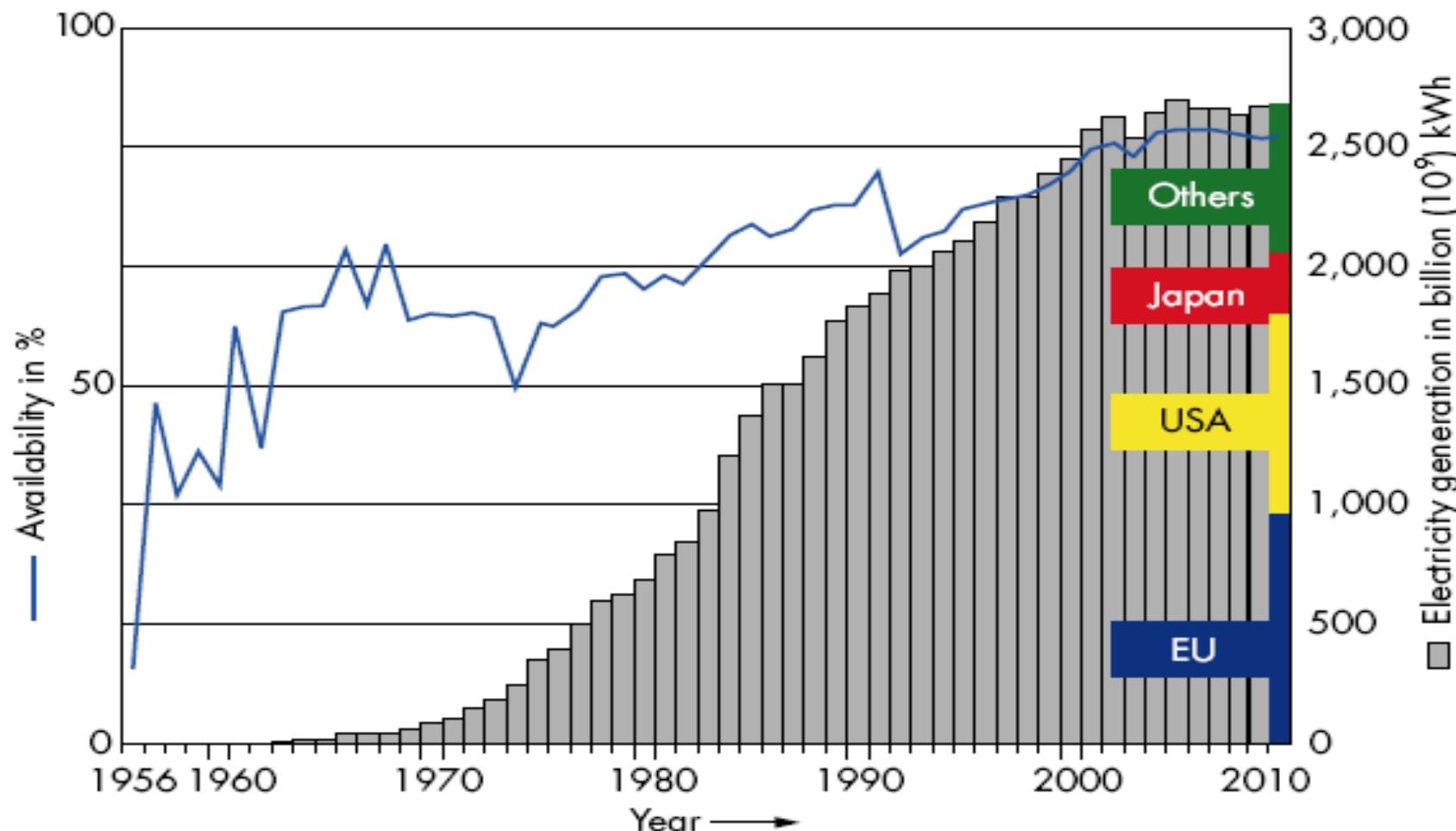


Globalni udio NE 4,5%
najmanji od 1984. g.

- U 2012. proizvodnja u NE pala za 6,9%
- U 2011. proizvodnja u NE pala za 4,3% (u 2010. porasla za 2,0%)
- Japan -89,3%, Njemačka -23,2%

SVIJET proizvodnja u NE - TWh

Electricity generation from nuclear power worldwide



ELEKTRIČNA ENERGIJA

ELEKTRIČNA ENERGIJA

- **Ukupna proizvodnja električne energije porasla za 3,1% u 2011. (više od primarne)**
 - Ukupna proizvodnja električne energije porasla za 5,9% u 2010. (najveći rast od 1990.)
 - Ukupna proizvodnja električne energije je pala u 2009. godini za 0,9% (243 TWh) – prvi puta pad od 1990.
- **Ukupno instalirana snaga u svijetu: 4 012 GW**
- **Ukupna proizvodnja električne energije u 2011. bila 22018 TWh (2010. - 21 325 TWh)**
- **Hrvatska 2011.:**
 - Instalirani kapaciteti: **4268 MW + NEK 348 MW**
 - **Potrošnja: 17 703 GWh**

Obnovljivi izvori

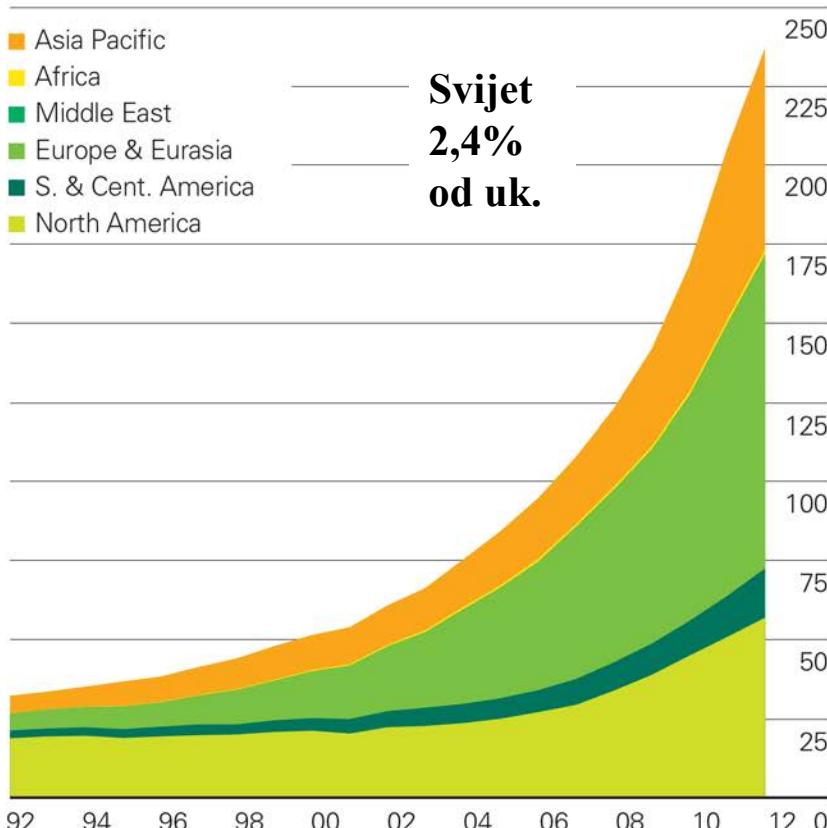
Obnovljivi izvori

- Obnovljivi izvori energije, međutim, počinju igrati značajnu ulogu u rastu električne energije,
 - pridonose 20% rasta u globalnoj proizvodnji električne energije u 2011.
- Rast proizvodnje električne energije 17,7% u 2011.
- Rast proizvodnje električne energije 15,2% u 2012.
- Čine 4,7% svjetske proizvodnje električne energije u 2012. (3.9% mu 2011.)
- Čine 2,4% svjetske proizvodnje energije

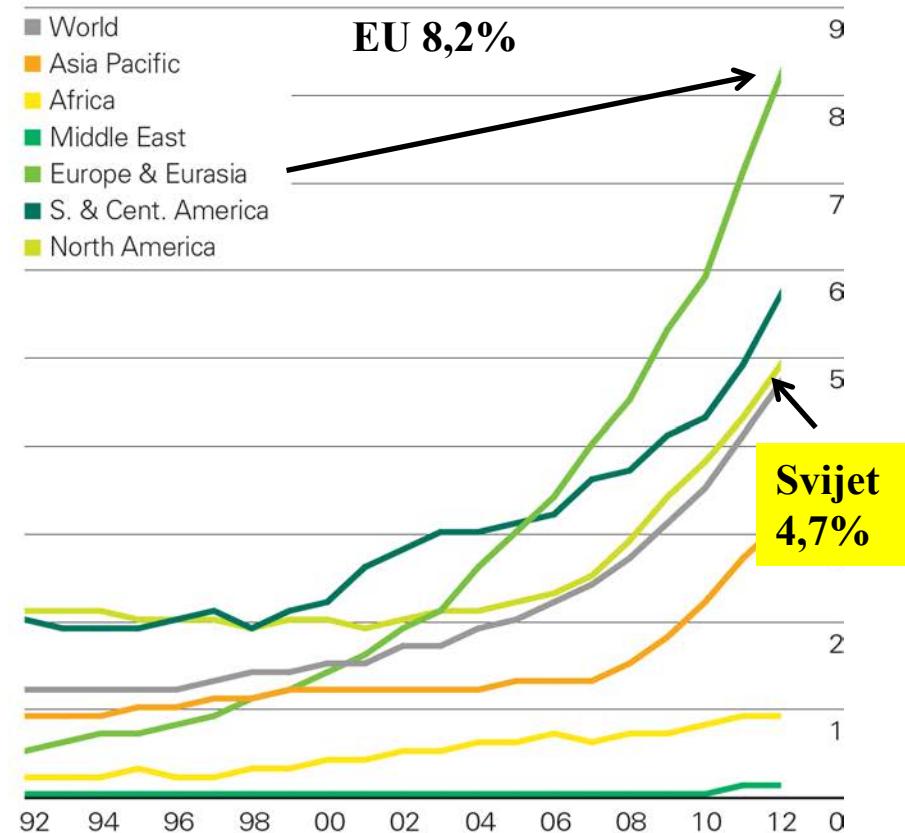
Obnovljivi izvori u 2011.

- Unatoč visokom rastu obnovljivih izvora još uvijek **predstavljaju relativno mali dio ukupne svjetske energetske slike**
- OECD 76% globalne proizvodnje OIE i čine 6% proizvodnje el. Energije (1,8% u non-OECD)
- Na nivou nekih država obnovljivi izvori čini važan udio proizvodnje el. energije: 14 zemalja sa udjelom većim od 10%
 - U **Danskoj vjetar** čini preko 28% proizvodnje
 - Portugal **vjetar** čini 17%
 - Irska **vjetar** čini 16%
 - U **Španjolskoj vjetar** čini 15% proizvodnje
 - U **Njemačkoj vjetar** čini 8% proizvodnje
 - U **Islandu geotermalna** čini oko 25% proizvodnje
 - U **Keniji i El Salvadoru geotermalna** čini oko 20% proizvodnje.

Udio OIE u potrošnji po regijama (bez velikih HE) toe



Udio OIE u proizvodnji električne energije

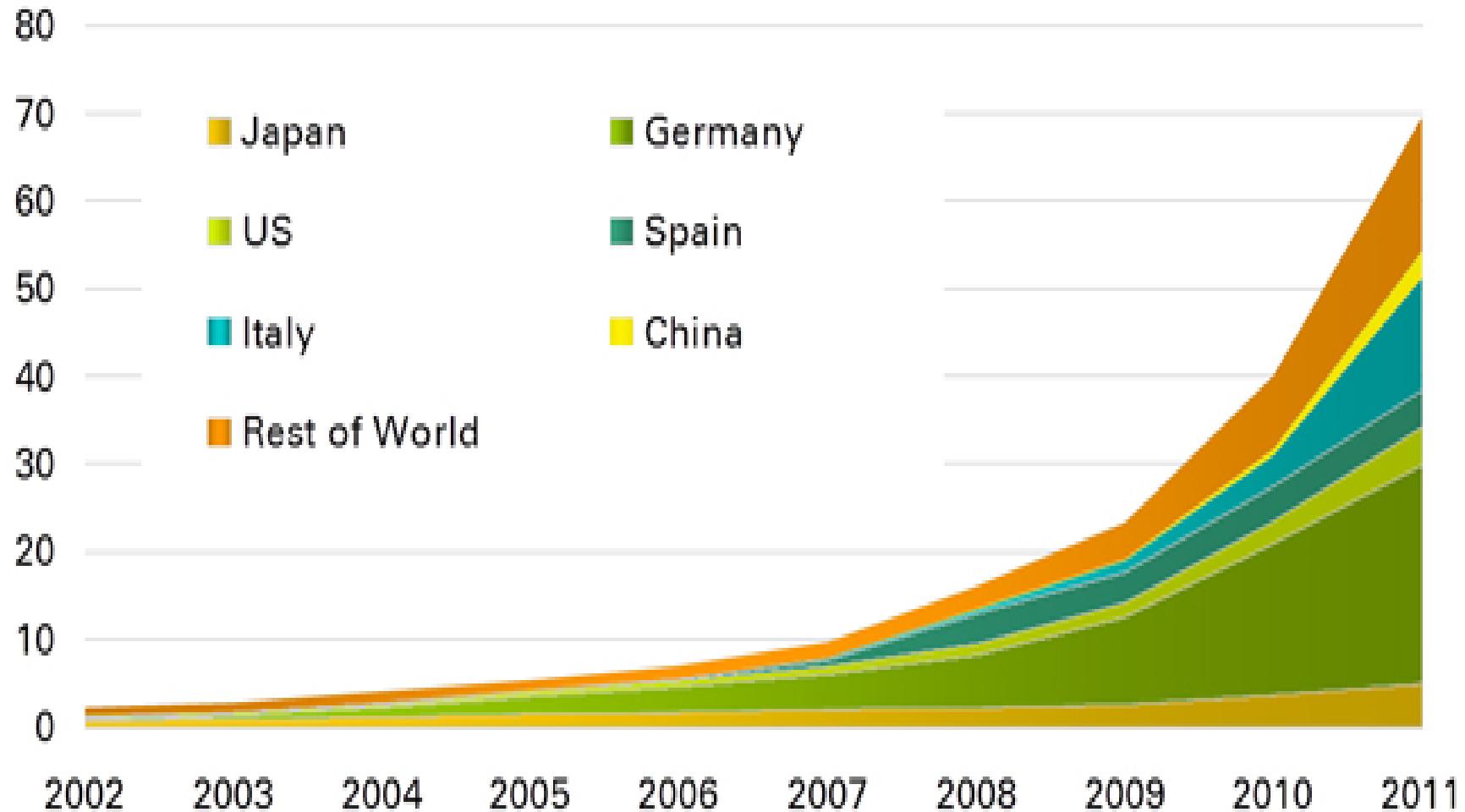


Obnovljivi izvori – udio u proizvodnji električne energije po regijama

Obnovljivi izvori 2011. – sunce PV

- **Kapaciteti sunčeve energije** za proizvodnju električne energije se u prosjeku **udvostruče svake dvije godine** od 1998.
- Kapaciteti sunčeve energije za proizvodnju električne su se **povećali** 47% u 2009. (69% u 2008.), 73% u 2010. ; **73,3% u 2011 i 58% u 2012.**
- **Ukupni kapaciteti su narašli 29,3 GW i dostigli 63,4 GW (39% prosječni rast kroz zadnjih 10 godina)**
- **Čini 6,5% ukupnog udjela OIE**

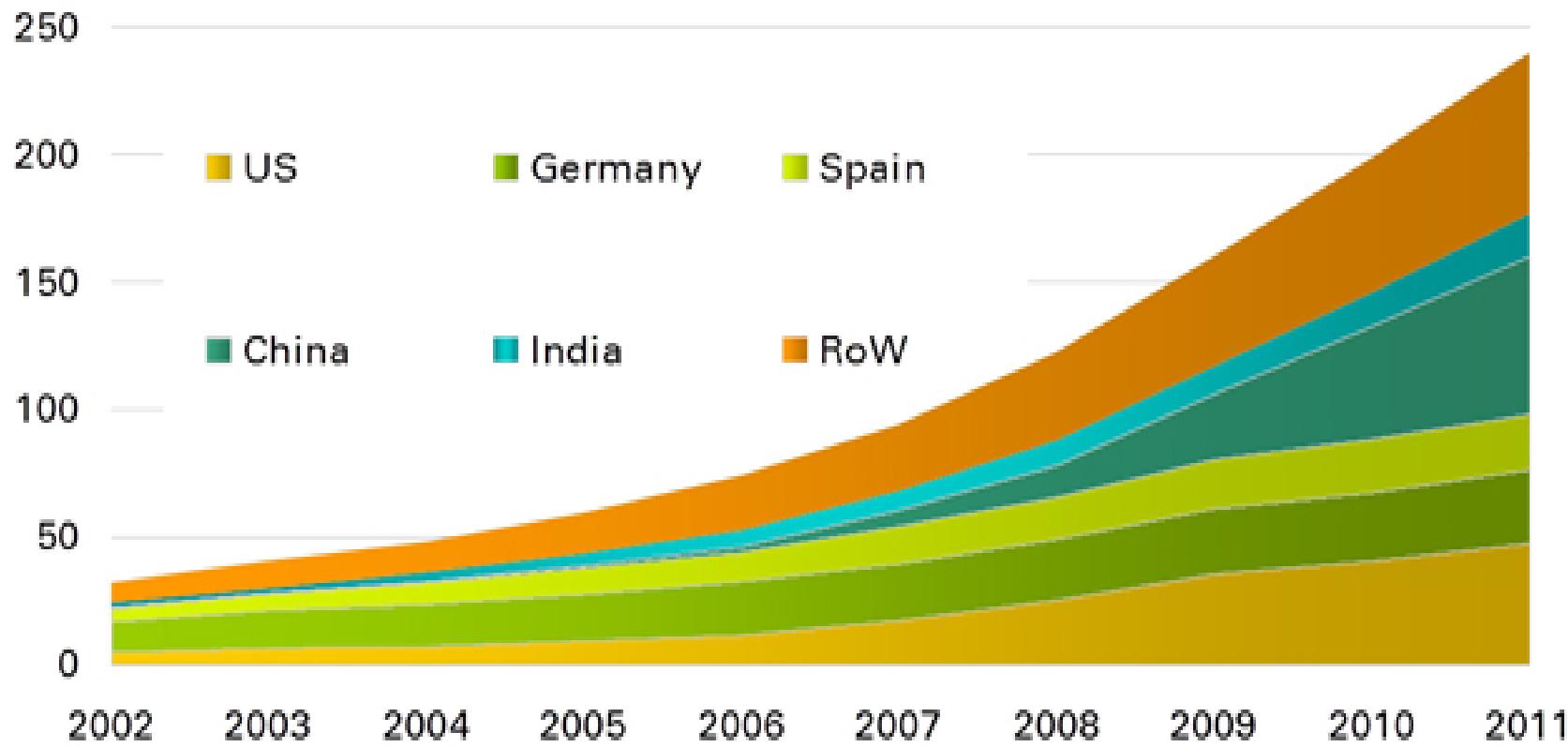
Kapaciteti PV u svijetu



Obnovljivi izvori – vjetar 2011.

- USA i Kina lideri u povećanju kapaciteta
- Proizvodni kapaciteti **vjetra rasli za 18,1% u 2012. (20,5% u 2011.; 24,6 % u 2010.; 31% u 2009. (30% u 2008.) i rekordni porast za 40,8 GW i ukupno 239 GW u 2011. (200 GW u 2010.; 160,1 GW u 2009.; 122 GW do kraja 2008.)**
- **Prosječni rast u 10 godina oko 25%**
- U 2011. proizvedeno oko **437 TWh**
 - U 2010. proizvedeno oko **340 TWh (1,6% ukupne proizvodnje električne energije)**
 - U 2009. proizvedeno oko **260 TWh (1,3% ukupne proizvodnje električne energije)**
- **U 2012. Kina rast 34,6% - najveći porast**

Ukupni instalirani kapaciteti u svijetu 2011.



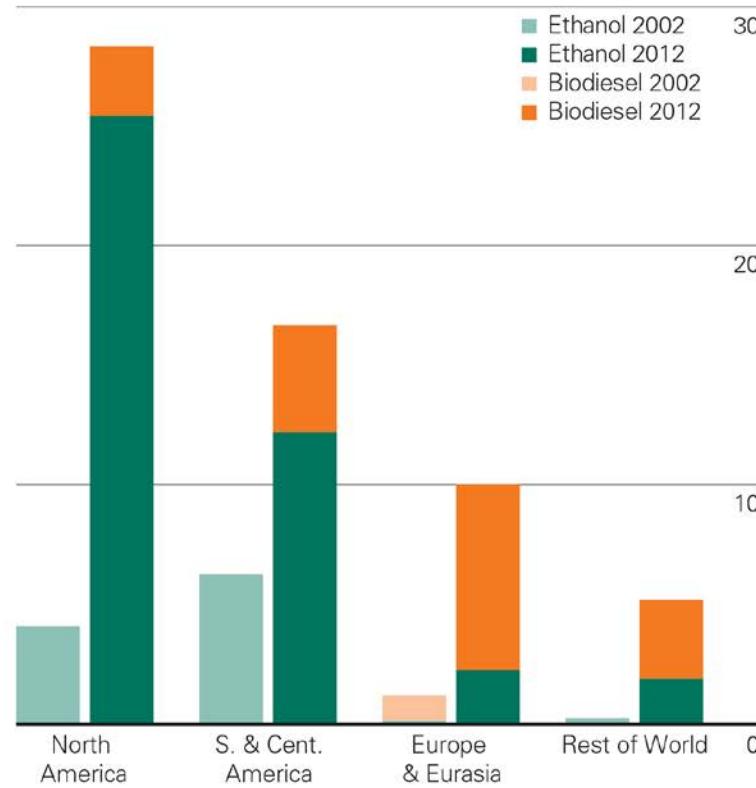
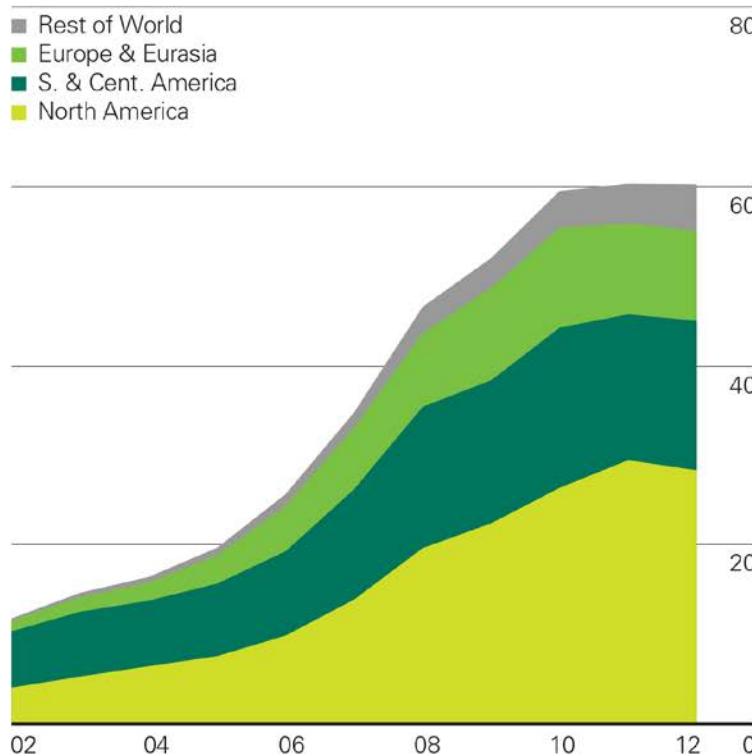
Obnovljivi izvori – vjetar

- Najvažniji faktor brzog rasta jesu **vladine potpore**.
- Daljnji rast ovisi o napretku tehnologije u **off shore** tipovima,
- Veliki porast vjetroelektrana predstavlja i **veliki izazov za operatere prijenosnog sustava** zbog nepredvidivosti (faktor iskorištenja 25%) što traži elektrane koje su back-up i **velike zahtjeve na pomoćne usluge sustava**

Obnovljivi izvori – geotermalna energija u 2011.

- Geotermalna energija u proizvodnji električne energije je dobro poznata i dugo komercijalo etabrirana i relativno razvijena tehnologija
- Jedna od važnih karakteristika je veliki faktor opterećenja od oko 90%, nasuprot 20% kod sunca i 25% kod vjetra.
- Geotermalna energija je rasla u 2011. za 0,8% - 88 MW (u 2010. rast 1,8% -190 MW, u 2009. rasla to 3,8% -397 MW)
- U 2011. ukupno 11 GW
- Najveći kapacitet u USA od 3,1 GW (28,3% ukupnog u svijetu),
- Filipini - 2 GW, Meksiko 0,9 GW i Indonezija 1,2 GW.

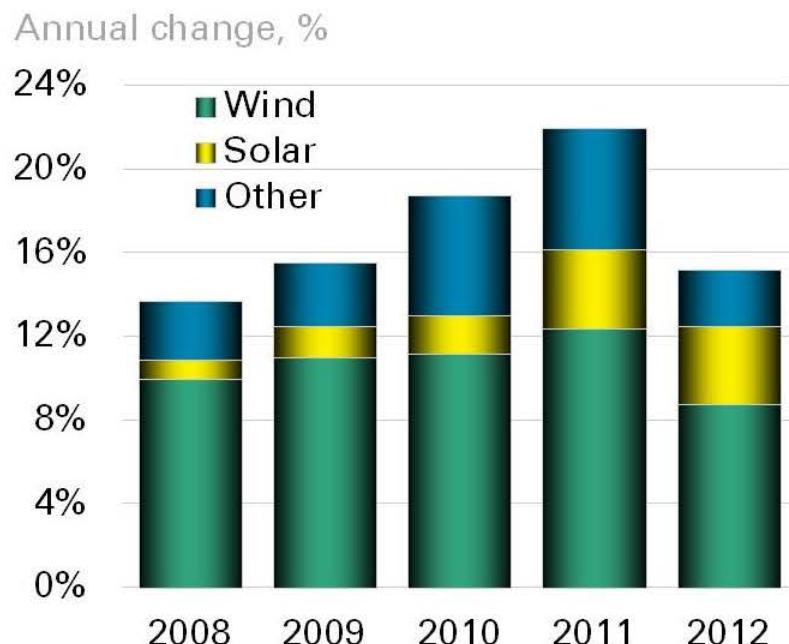
Obnovljivi izvori – biogoriva i toe



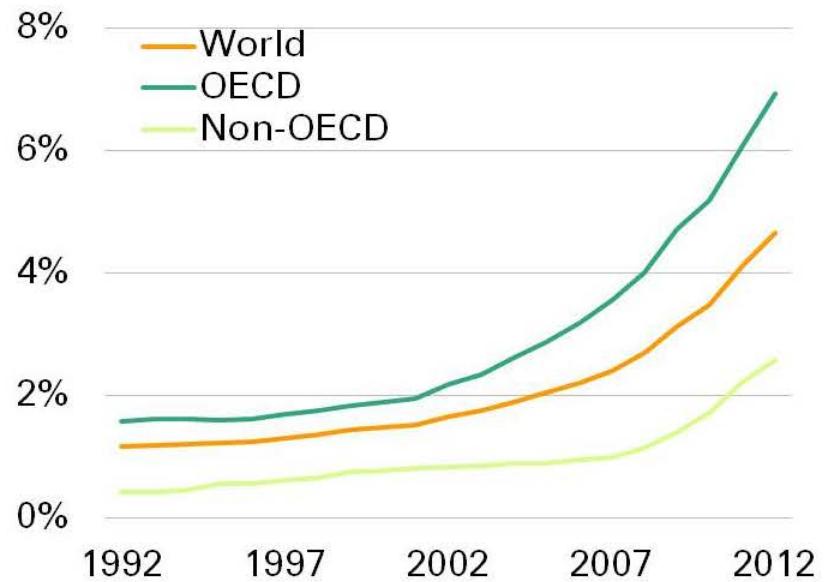
- Svjetska proizvodnja biogoriva u 2012. pala za 0,4% (rasla 0,7% u 2011)
- Najveći pad u SAD 4,3%

Obnovljivi izvori – udio u proizvodnji električne energije

Contributions to growth



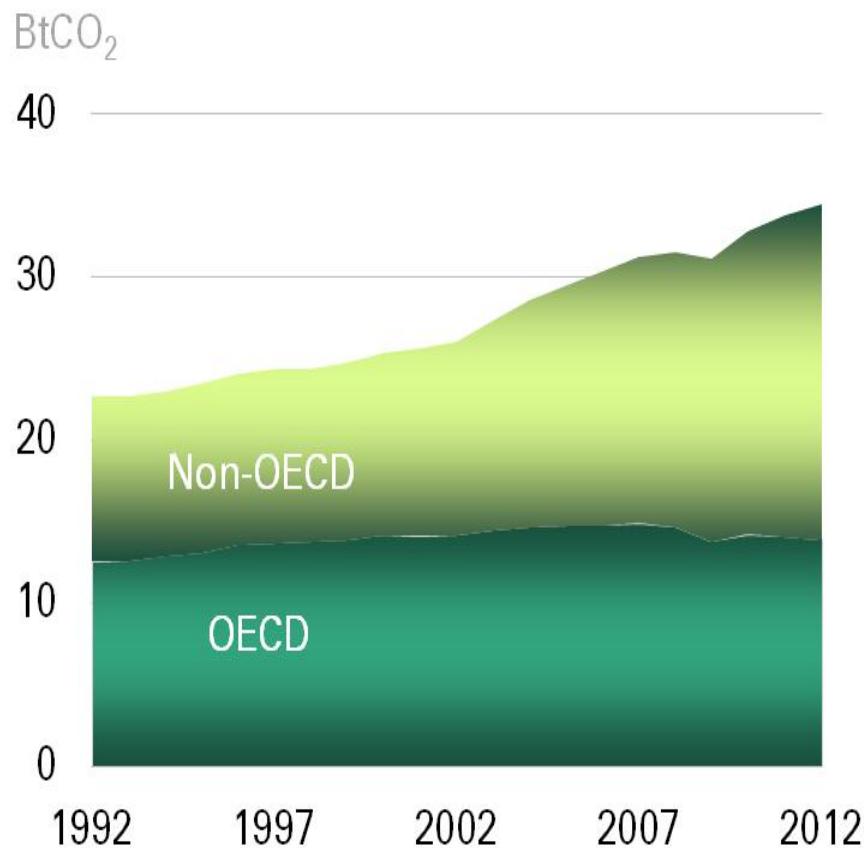
Renewables share of power



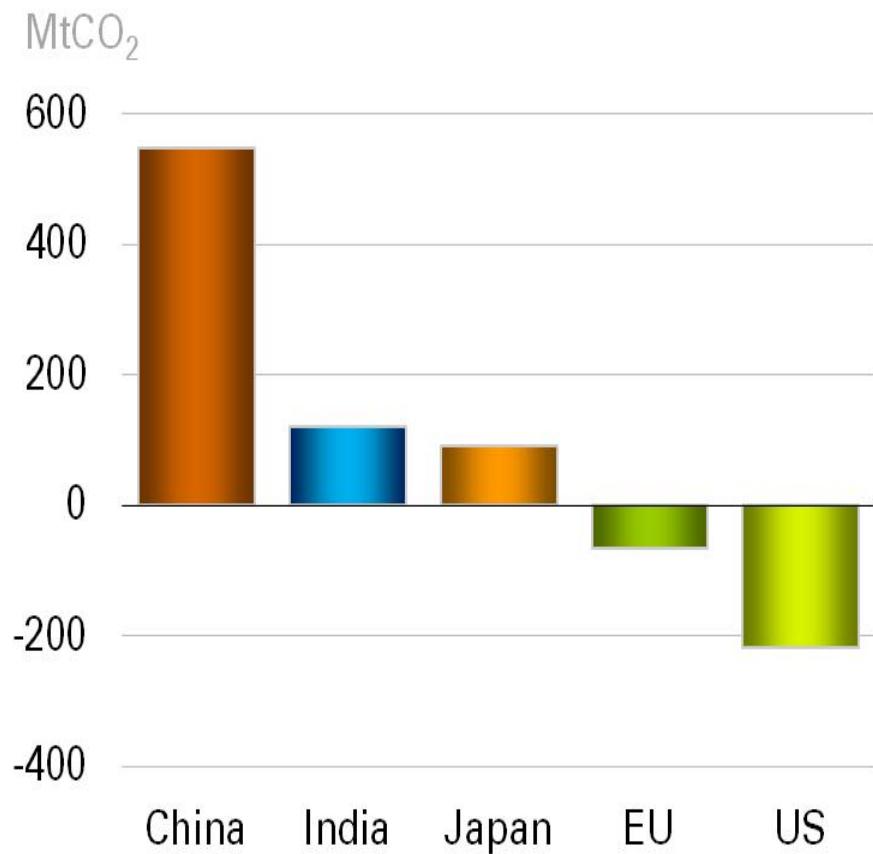
BP Statistical Review of World Energy

Carbon emissions

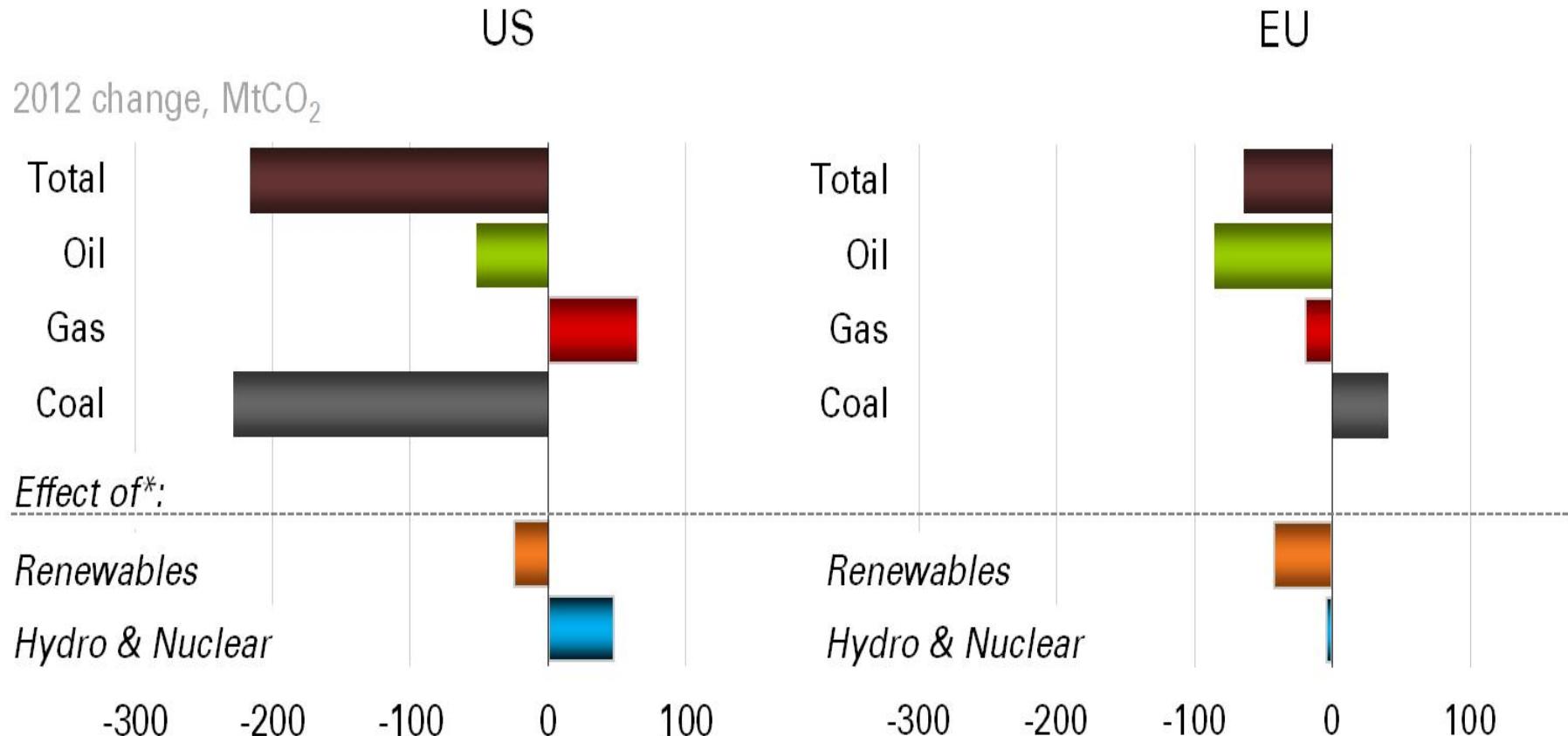
Global emissions from energy use



Largest emission changes in 2012



Carbon emissions by fuel: US and EU



* The net effect of changes in non-fossil fuels in power on emissions, based on 2011 shares of fossil fuels in power generation

Zaključak za 2010. i 2011.

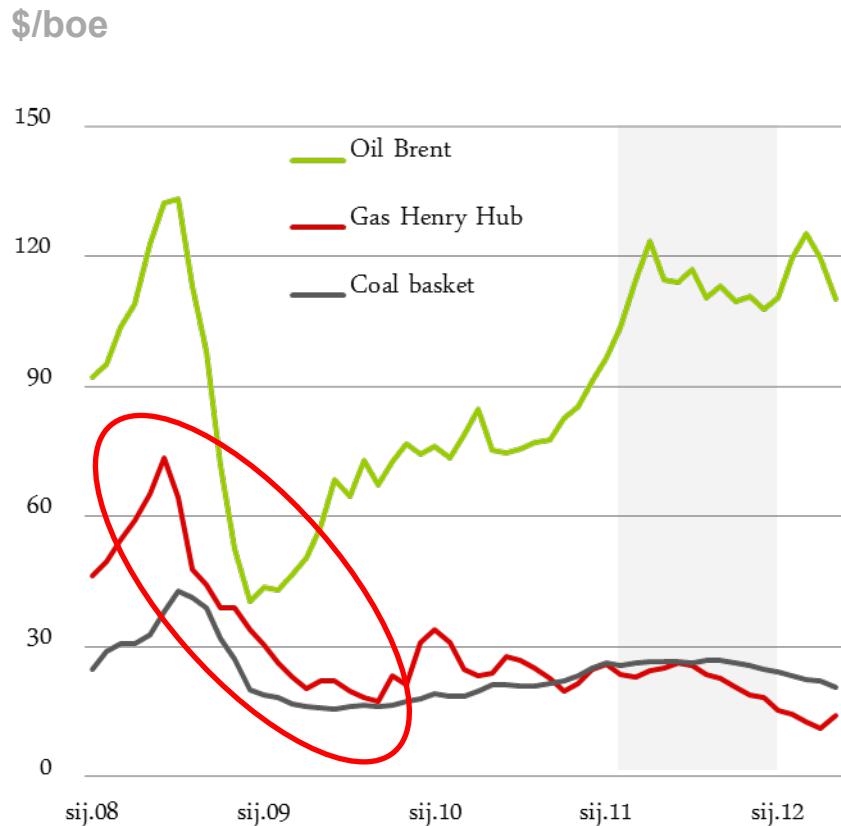
- Kina pretekla SAD kao najveći potrošač energije
- Potražnja za svim oblicima energije snažno porasla u 2010. i manji rast u 2011. (pad u OECD) i što sugerira globalni porast emisija CO₂

Dolazi li zlatno doba za plin?

- Plin postaje ključni u dostizanju potreba za energijom u svijetu
- **Nekonvencionalni plin čini oko 35% povećanja u globalnom snabdijevanju do 2035. s novom ne-SAD proizvodnjom**
- **Niža cijena može voditi većoj potražnji za plinom smanjujući proizvodnju električne energije iz OIE i ugljena**

Cijene energetika

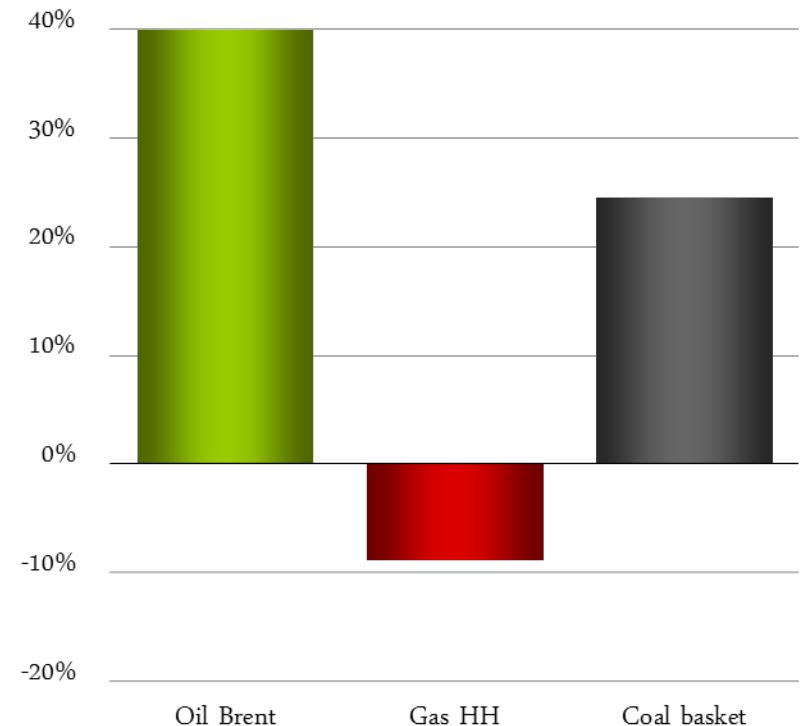
Cijene energetika



Source: includes data from Platts, BAFA and McCloskey

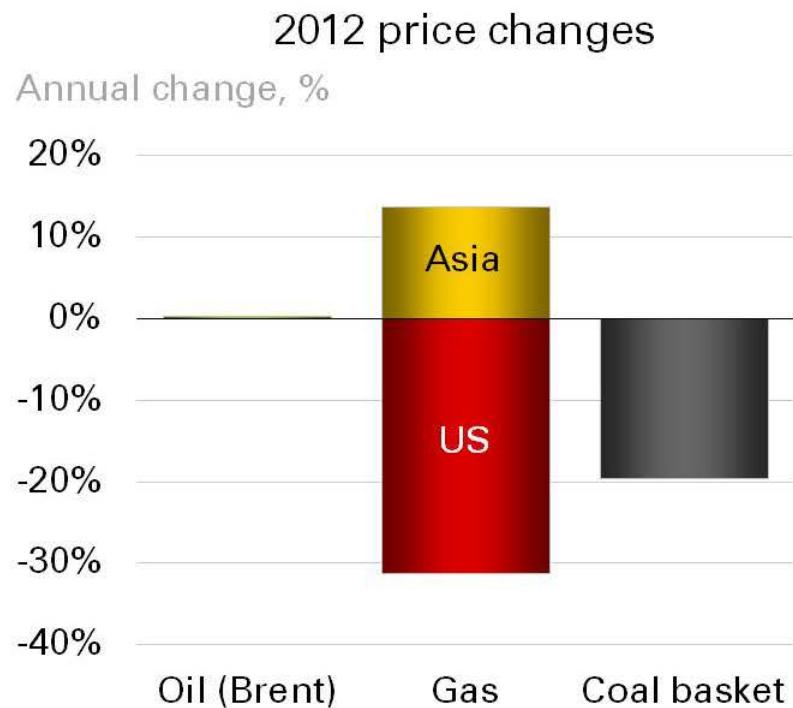
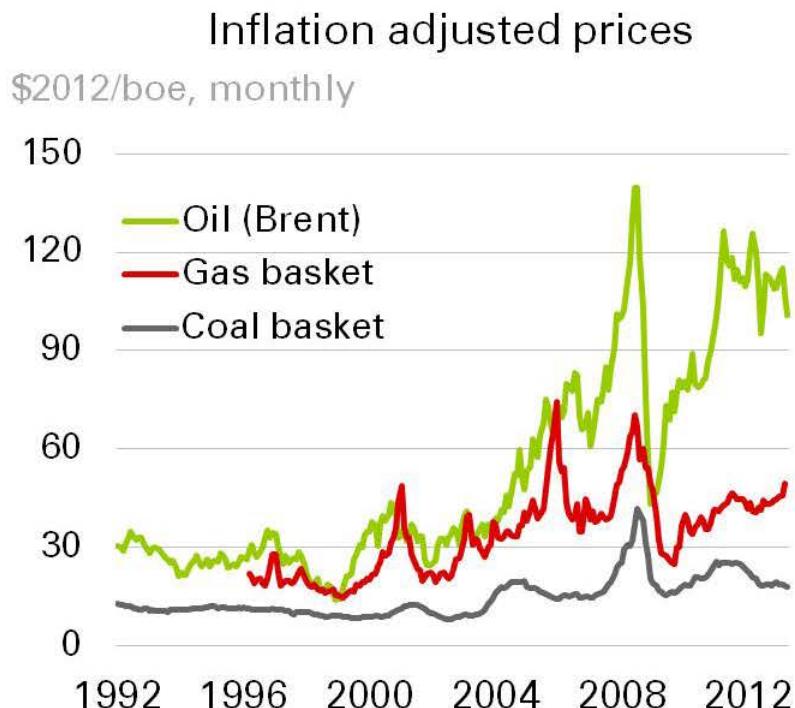
Promjene cijena u 2011.

Annual change, %



Source: BP Statistical Review of World Energy, June 2012

Cijene energetika



Source: includes data from ICIS Heren Energy and Energy Intelligence Group, McCloskey and Platts

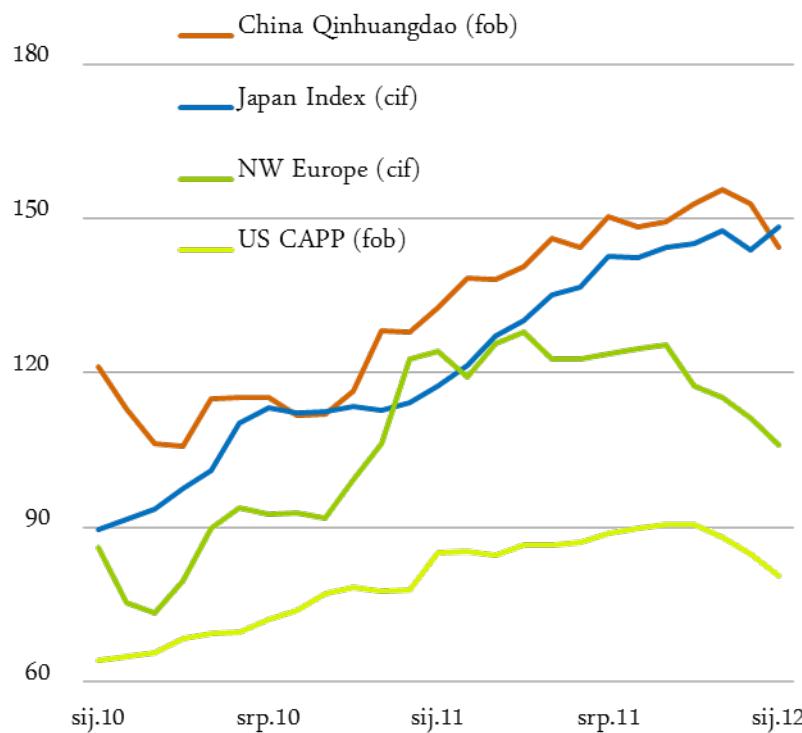
BP Statistical Review of World Energy

© BP 2013

Cijene ugljena i plina

Cijene ugljena za proizvodnju el. energije

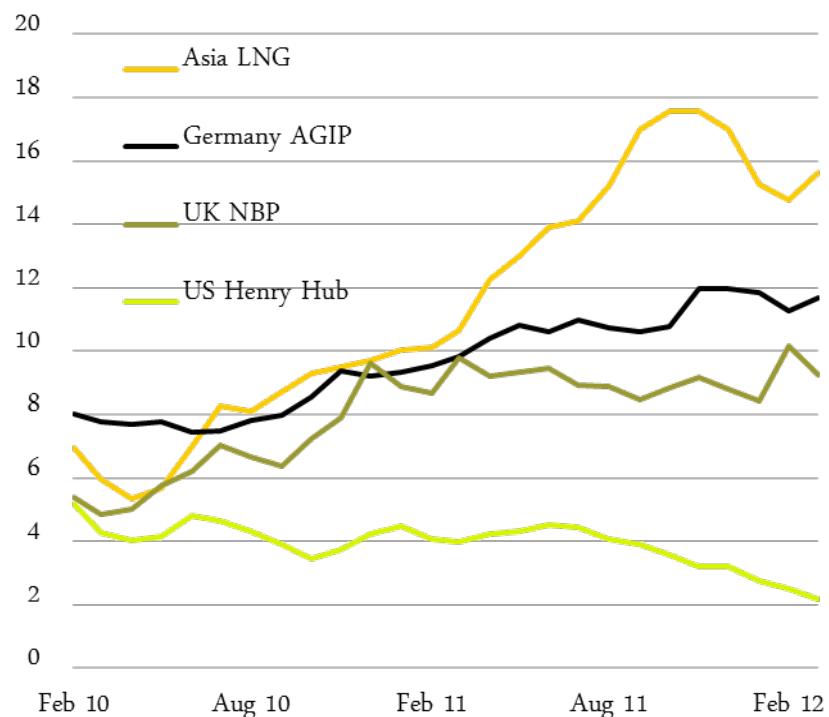
\$/tonne



Source: includes data from McCloskey, Eurostat, IHS CERA

Regionalne cijene plina

\$/Mmbtu



Source: BP Statistical Review of World Energy, June 2012

IEA: „Dolazi li zlatno doba za plin?”

- Plin postaje ključni u dostizanju potreba za energijom u svijetu
- **Nekonvencionalni plin će činiti oko 35% povećanja u globalnom snabdijevanju do 2035.** s novom ne-SAD proizvodnjom
- **Niža cijena može voditi većoj potražnji za plinom smanjujući proizvodnju električne energije iz OIE i ugljena**
- **IEA: „The Age of Gas is coming, but will not solve all our energy problems”**

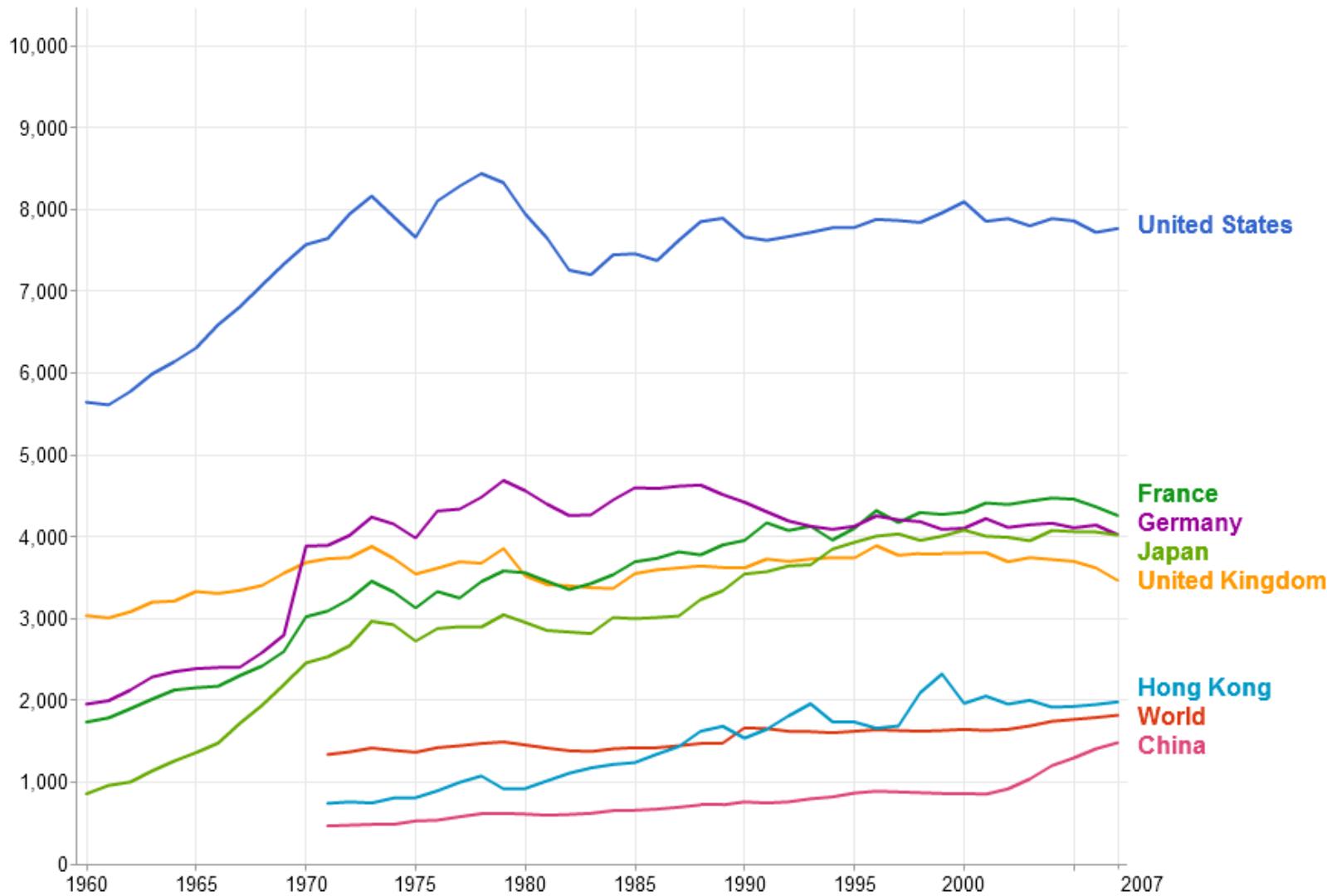
Europe's gas future – IEA report

- If the world is entering a Golden Age of Gas, the question is, can the same be said for Europe?
- Not quite. In fact, in the IEA's Golden Age of Gas Scenario, Europe ("OECD Europe") is the only region in the world that will see a production decline in the period to 2035.
- As demand in Europe is expected to grow steadily, it follows that Europe's gas import dependency will continue to grow.
- Europe's import was 50% of consumption in 2010, and this is expected to rise to 70% in 2035.
- This is not a new insight, but it is clear that the Golden Age of Gas will not change the European gas

Potrošnja energije po stanovniku

Energy use per capita

Primary energy use (before transformation to other end-use fuels) in kilograms of oil equivalent, per capita. [More info »](#)



Data source: [World Bank, World Development Indicators](#) - Last updated May 7, 2010

Predmet

“Energetika, okoliš i održivi razvoj“

EOOR

Prof.dr.sc. Željko Tomšić

Svjetska proizvodnja i potrošnja energenata

Energija igra vitalnu ulogu u funkcioniranju svjetskog gospodarstva

**Poboljšanje našeg razumijevanje odnosa
između energije i gospodarstva može
baciti svjetlo na mnoga važna područja
politike, uključujući i gospodarski
razvoj i očuvanje okoliša**

ELEKTRIČNA ENERGIJA

ELEKTRIČNA ENERGIJA

- **Ukupna proizvodnja električne energije porasla za 1,8 % u 2012. (3,1% u 2011.)**
 - Ukupna proizvodnja električne energije porasla za 5,9% u 2010. (najveći rast od 1990.)
 - Ukupna proizvodnja električne energije je pala u 2009. godini za 0,9% (243 TWh) – prvi puta pad od 1990.
- **Ukupno instalirana snaga u svijetu: 4 012 GW**
- **Ukupna proizvodnja električne energije u 2012. bila 22504 TWh (2011. bila 22018 TWh; 2010. - 21 325 TWh)**
- **Hrvatska 2012.:**
 - Instalirani kapaciteti: **4268 MW + NEK 348 MW**
 - **Potrošnja: 17518 (2012.); 17 703 (2011.) GWh**

Obnovljivi izvori

Obnovljivi izvori

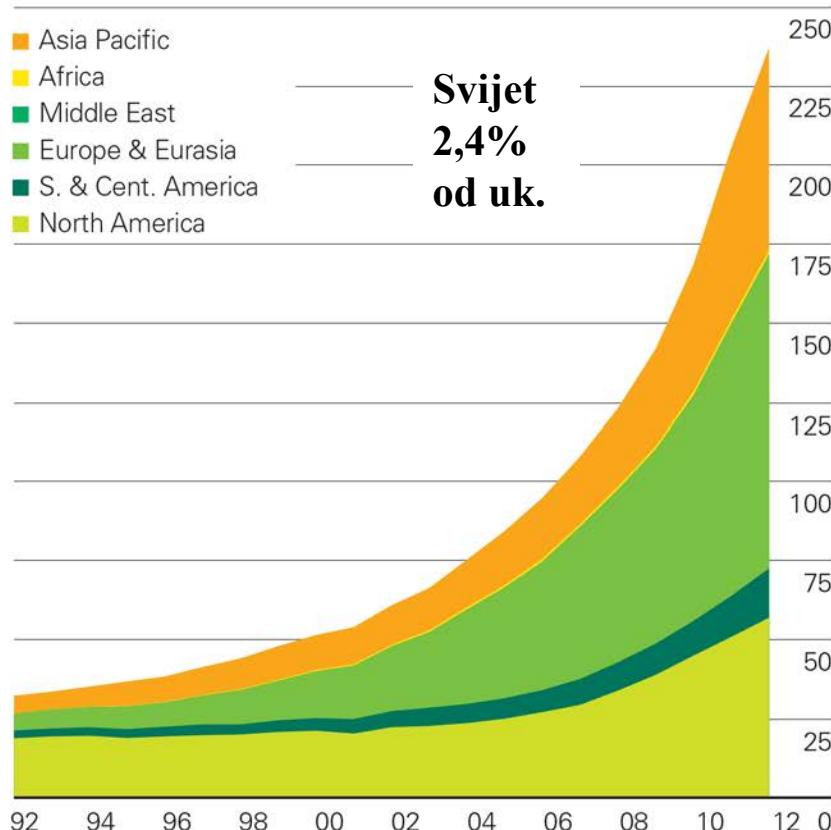
- Obnovljivi izvori energije počinju igrati značajnu ulogu u rastu električne energije,
 - pridonose 20% rasta u globalnoj proizvodnji električne energije u 2011.
- Rast proizvodnje električne energije 17,7% u 2011.
- Rast proizvodnje električne energije 15,2% u 2012.
- Čine 4,7% svjetske proizvodnje električne energije u 2012. (3.9% u 2011.)
- Čine 2,4% svjetske proizvodnje energije
- U 2012. proizvodnja 237,4 TWh (2011. 205,6 TWh)

Obnovljivi izvori

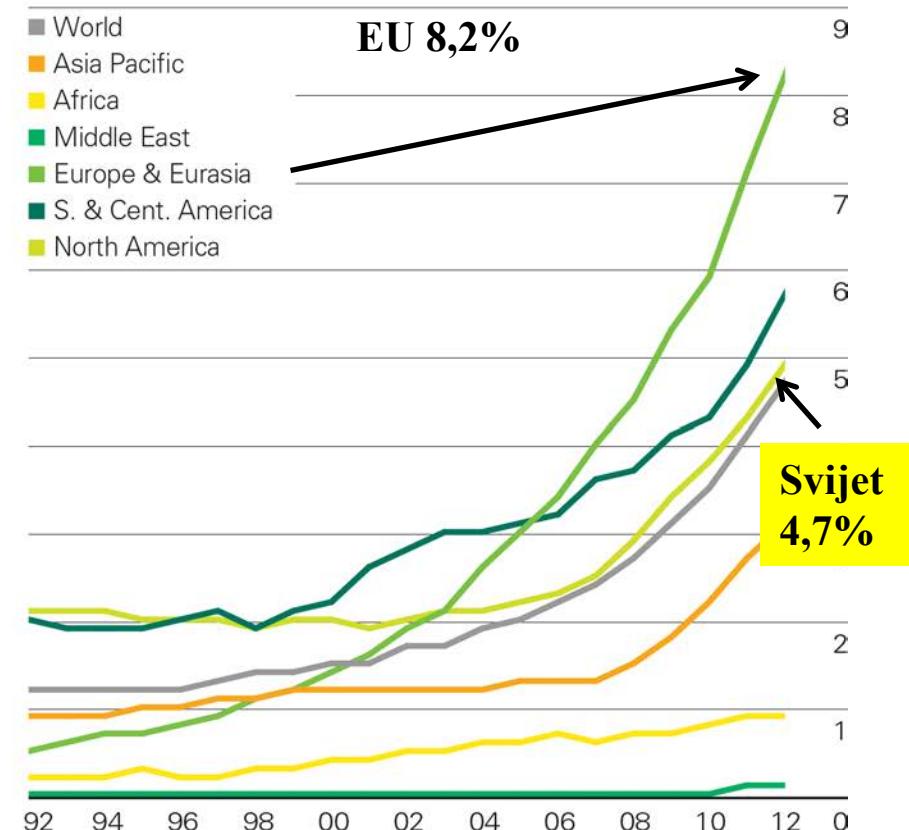
- Unatoč visokom rastu obnovljivih izvora još uvijek **predstavljaju relativno mali dio ukupne svjetske energetske slike**
- OECD 76% globalne proizvodnje OIE i čine 6% proizvodnje el. Energije (1,8% u non-OECD)
- Na nivou nekih država obnovljivi izvori čini važan udio proizvodnje el. energije: 14 zemalja sa udjelom većim od 10%
 - U **Danskoj vjetar** čini preko 28% proizvodnje
 - Portugal **vjetar** čini 17%
 - Irska **vjetar** čini 16%
 - U **Španjolskoj vjetar** čini 15% proizvodnje
 - U **Njemačkoj vjetar** čini 8% proizvodnje
 - U **Islandu geotermalna** čini oko 25% proizvodnje
 - U **Keniji i El Salvadoru geotermalna** čini oko 20% proizvodnje.

Obnovljivi izvori – udio u proizvodnji električne energije po regijama

Udio OIE u potrošnji po regijama (bez velikih HE) toe



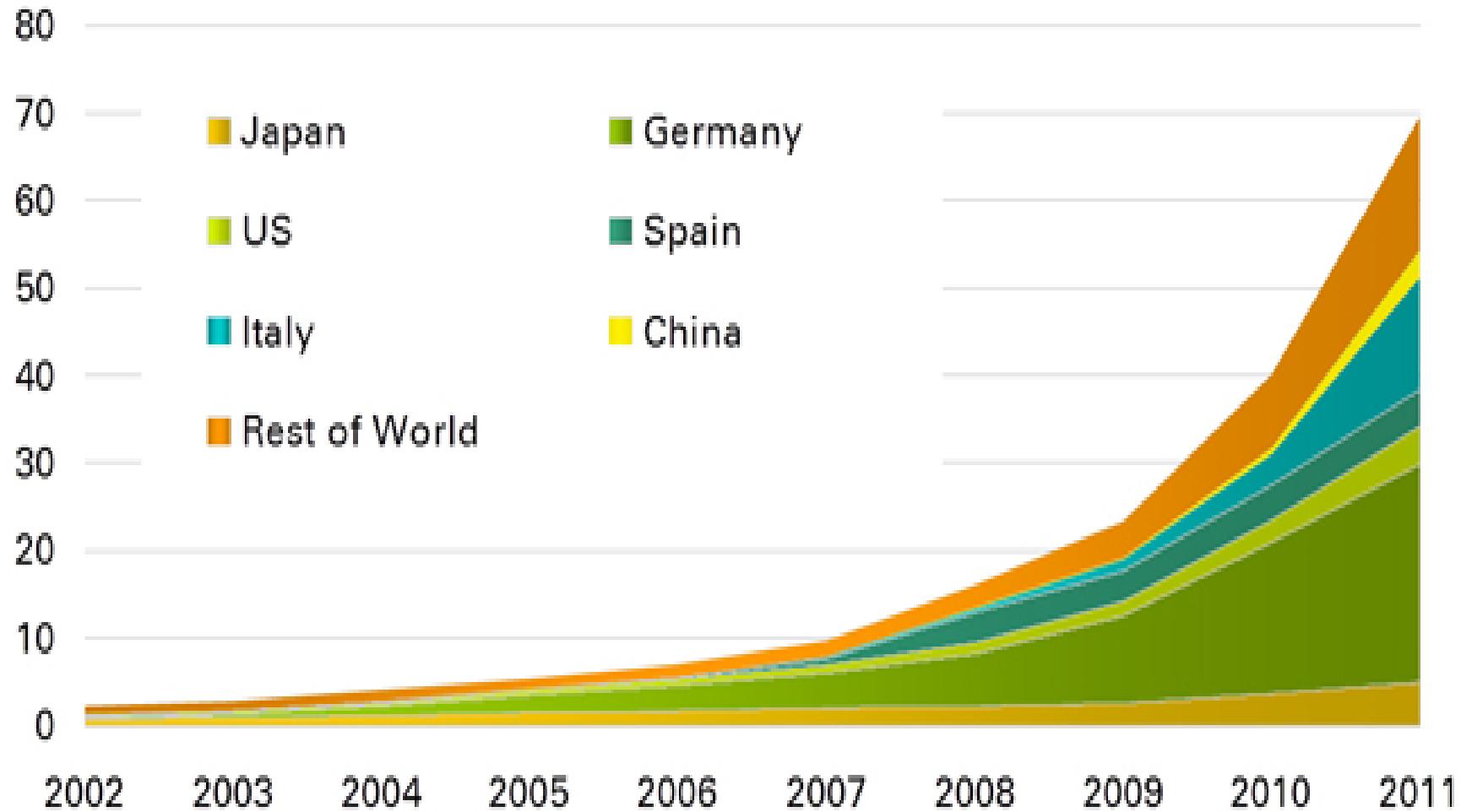
Udio OIE u proizvodnji električne energije



Obnovljivi izvori 2012. – sunce PV

- **Kapaciteti sunčeve energije** za proizvodnju električne energije se u prosjeku **udvostruče svake dvije godine** od 1998.
- Kapaciteti sunčeve energije za proizvodnju električne su se **povećali** 47% u 2009. (69% u 2008.), 73% u 2010. ; **73,3% u 2011 i 58% u 2012.**
- **Ukupni kapaciteti su narisli 29,3 GW i dostigli 63,4 GW (39% prosječni rast kroz zadnjih 10 godina)**
- **Ukupna proizvodnja u 2012. bila 93,0 TWh (2011. bila 58,7 TWh) porast 58%**
- **Čini 6,5% ukupnog udjela OIE**

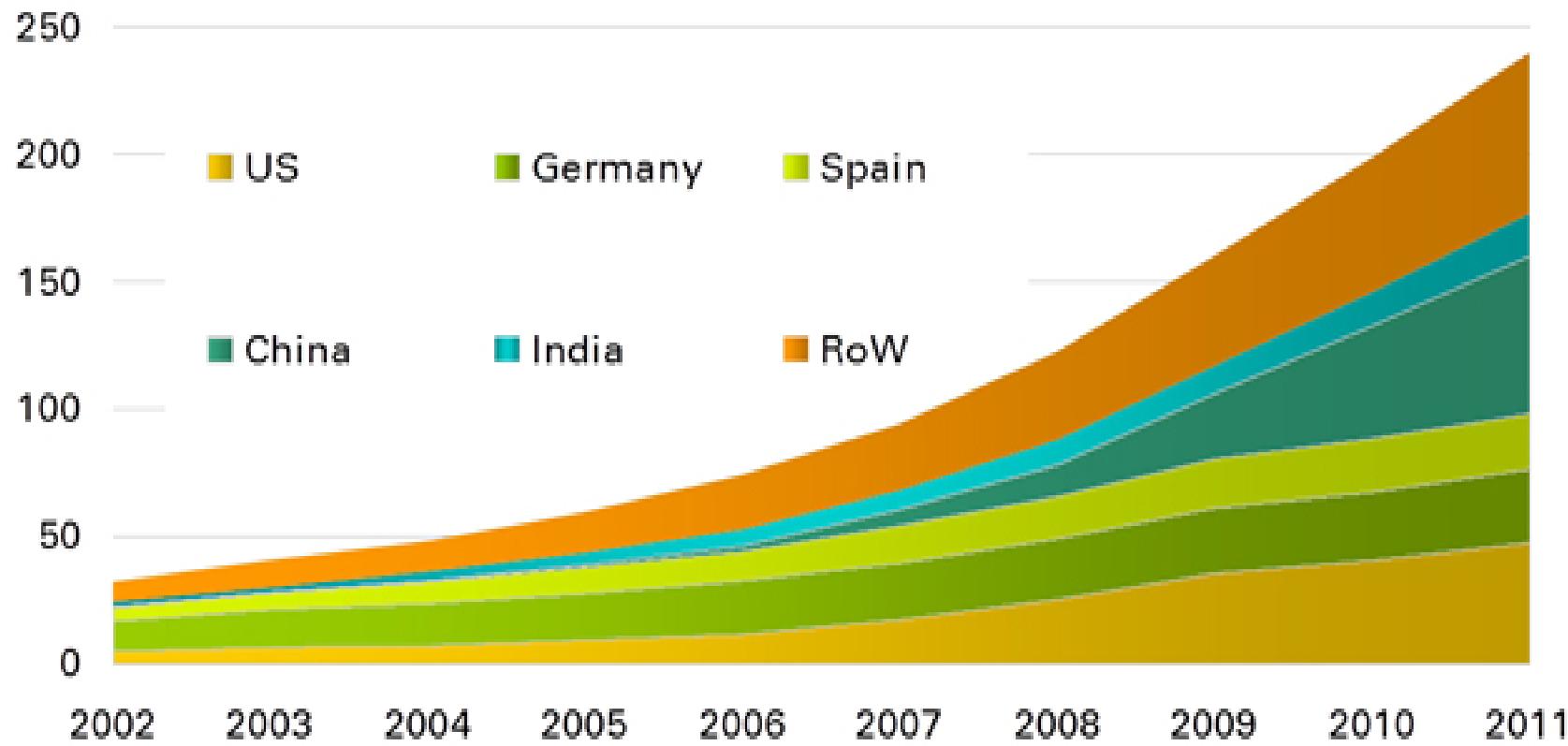
Kapaciteti PV u svijetu



Obnovljivi izvori – vjetar 2012.

- USA i Kina lideri u povećanju kapaciteta
- Proizvodni kapaciteti **vjetra rasli za 18,1% u 2012. (20,5% u 2011.; 24,6 % u 2010.; 31% u 2009. (30% u 2008.) i rekordni porast za 40,8 GW i ukupno 283 GW u 2012. (239GW u 2011.; 200 GW u 2010.; 160,1 GW u 2009.; 122 GW u 2008.)**
- Prosječni rast u 10 godina oko 25%
- U 2012. proizvedeno oko **521 TWh (rast 18,1%)**
 - U 2011. proizvedeno oko **437 TWh**
 - U 2010. proizvedeno oko **340 TWh (1,6% ukupne proizvodnje električne energije)**
 - U 2009. proizvedeno oko **260 TWh (1,3% ukupne proizvodnje električne energije)**
- **U 2012. Kina rast 34,6% - najveći porast**

Ukupni instalirani kapaciteti u svijetu 2011.



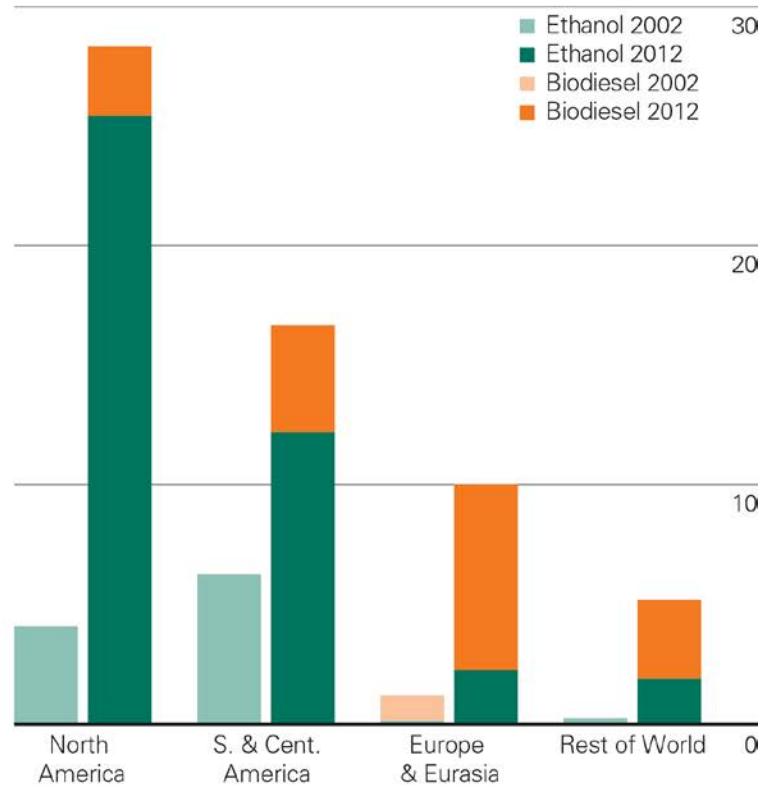
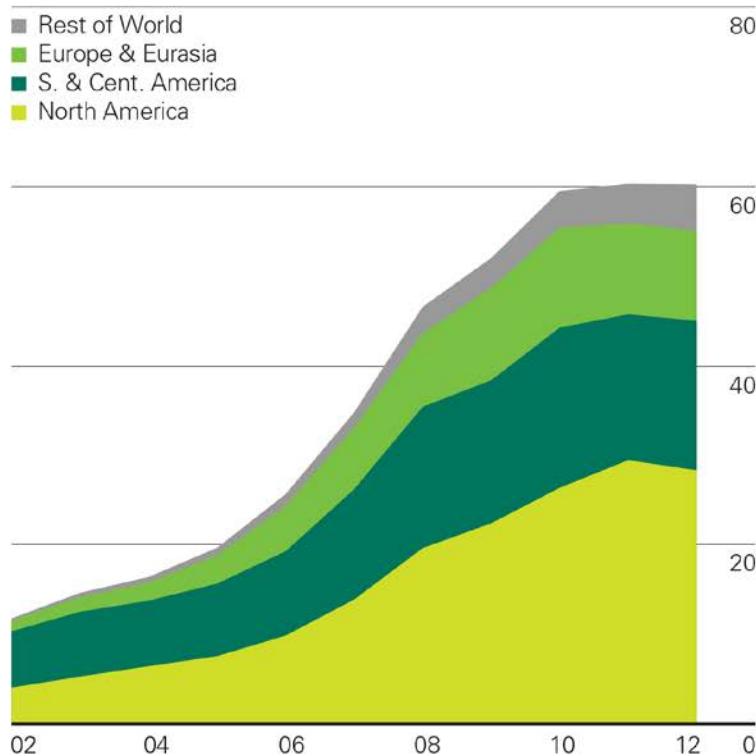
Obnovljivi izvori – vjetar

- Najvažniji faktor brzog rasta jesu **vladine potpore**.
- Daljnji rast ovisi o napretku tehnologije u „**off shore**“ tipovima,
- Veliki porast vjetroelektrana predstavlja i **veliki izazov za operatere prijenosnog sustava** zbog nepredvidivosti (faktor iskorištenja 25%) što traži elektrane koje su back-up i **velike zahtjeve na pomoćne usluge sustava**

Obnovljivi izvori – geotermalna energija u 2011.

- **Geotermalna energija** u proizvodnji električne energije je dobro poznata i dugo komercijalo etabrirana i relativno razvijena tehnologija
- Jedna od važnih karakteristika je **veliki faktor opterećenja od oko 90%**, nasuprot 20% kod sunca i 25% kod vjetra.
- Geotermalna energija je rasla u 2011. za 0,8% - 88 MW (u 2010. rast 1,8% -190 MW, u 2009. rasla to 3,8% -397 MW)
- **U 2011. ukupno 11 GW**
- Najveći kapacitet u **USA** od **3,1 GW** (28,3% ukupnog u svijetu),
- **Filipini** - 2 GW, Meksiko 0,9 GW i Indonezija 1,2 GW.

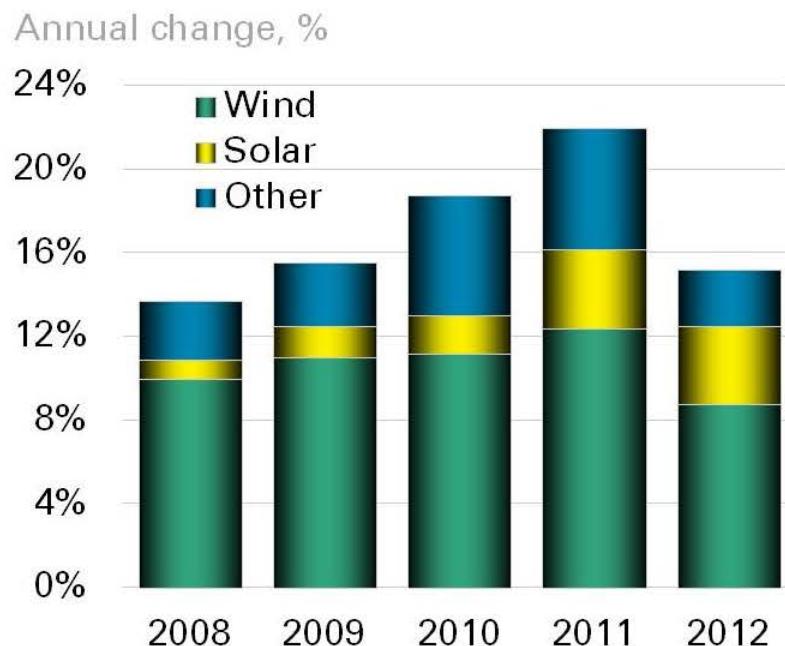
Obnovljivi izvori – biogoriva i toe



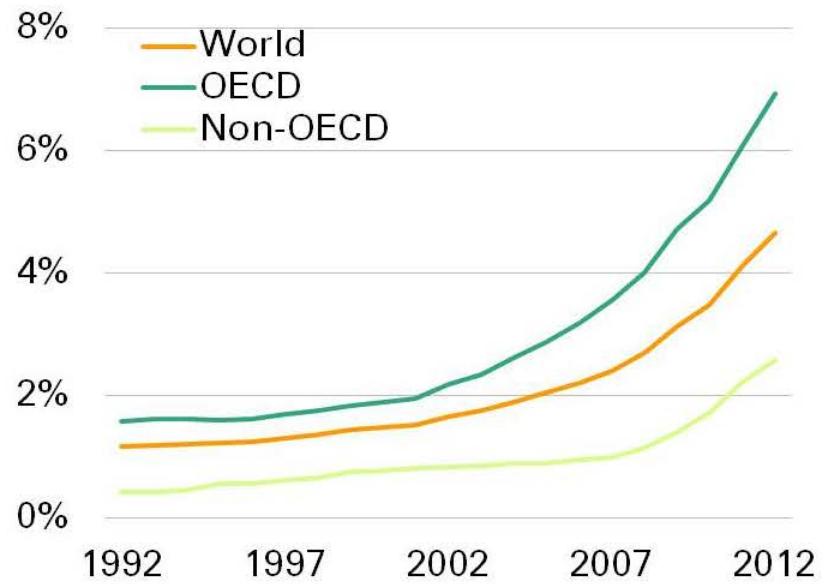
- Svjetska proizvodnja biogoriva u 2012. pala za 0,4% (rasla 0,7% u 2011)
- Najveći pad u SAD 4,3%

Obnovljivi izvori – udio u proizvodnji električne energije

Contributions to growth

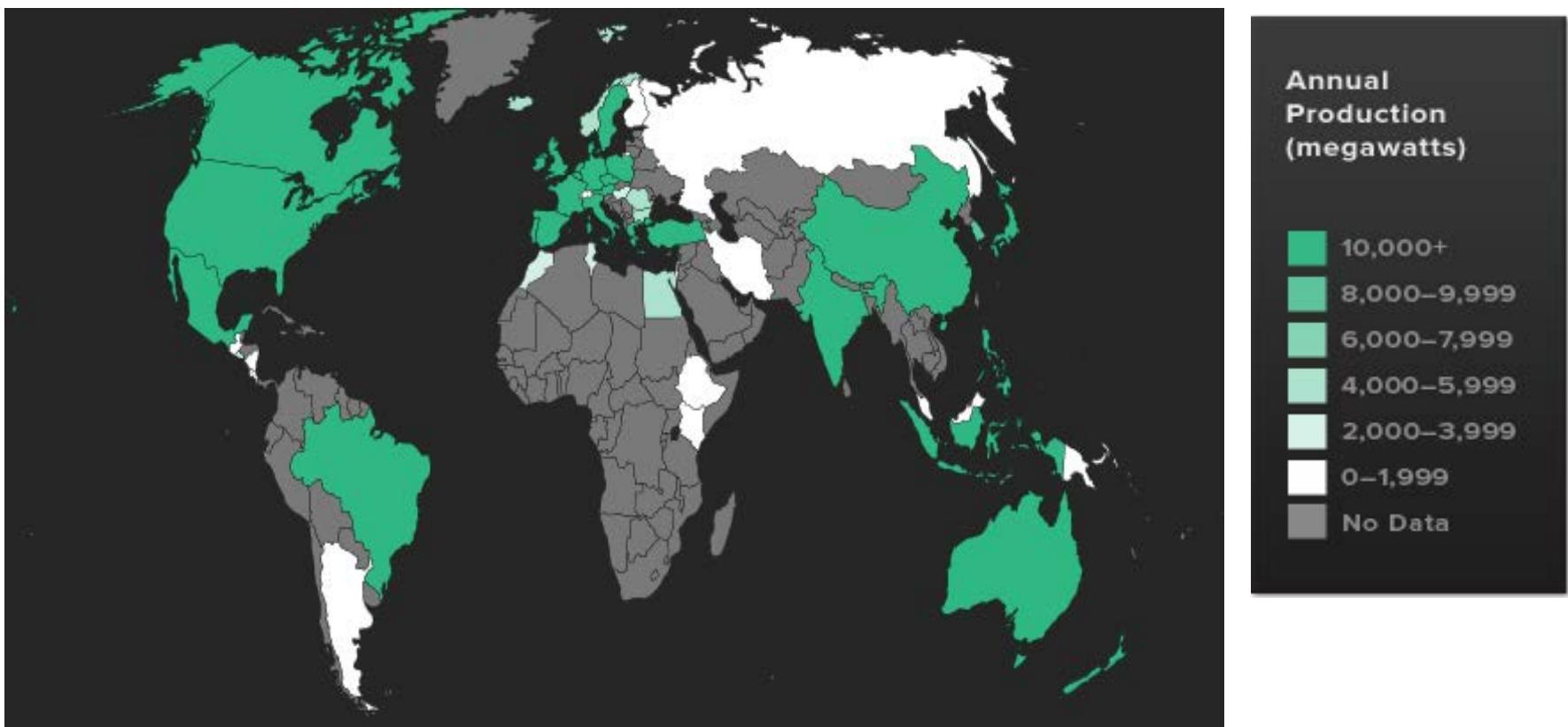


Renewables share of power



BP Statistical Review of World Energy

Proizvodnja iz OIE



OIE u Europskoj uniji

13
percent

The share of EU's final energy consumption



1/4

The amount that renewable energy contributes already to the EU's 20% GHG reduction target

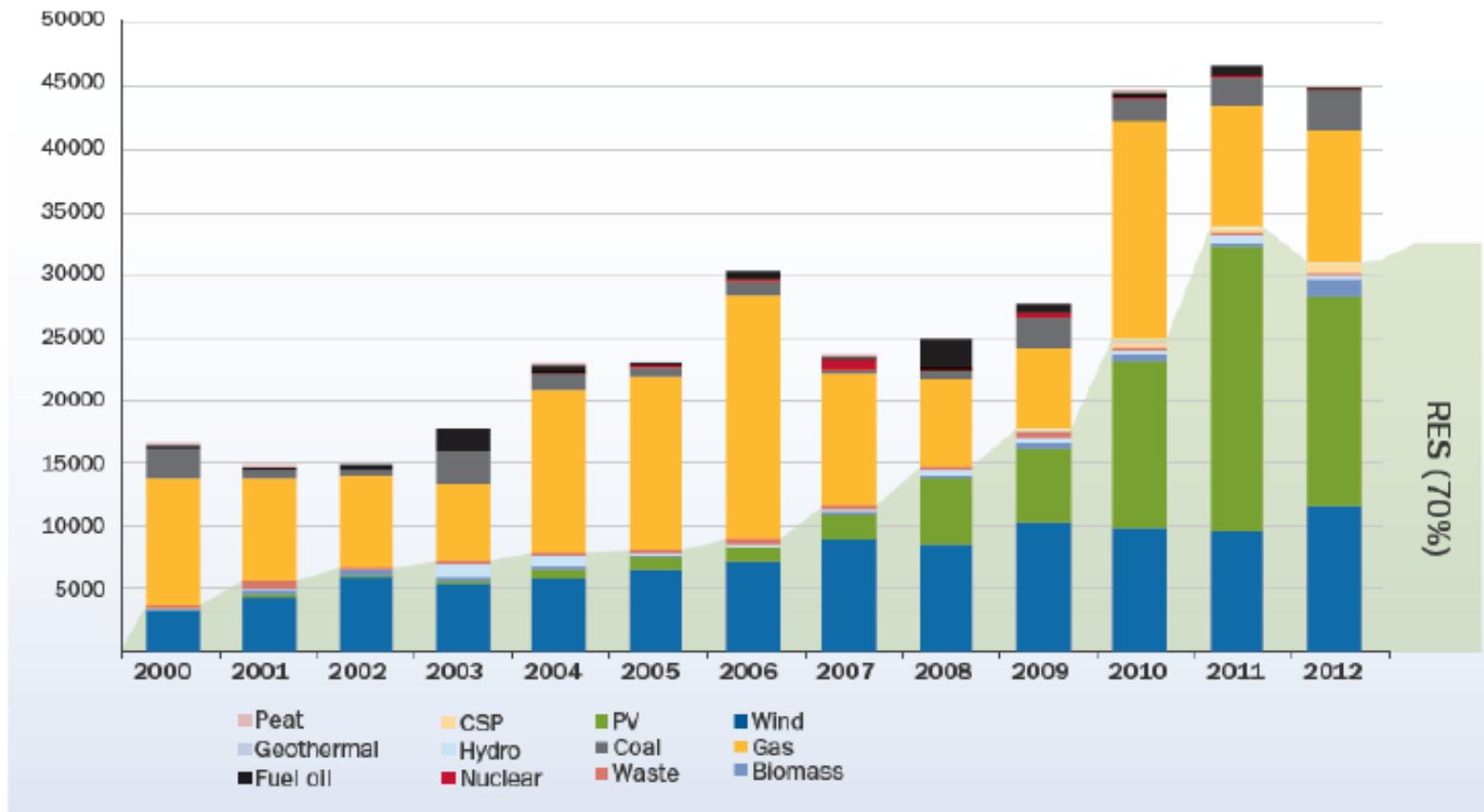
1.2
million

The number of jobs in the EU that already exist in the renewable energy sector

130
billion

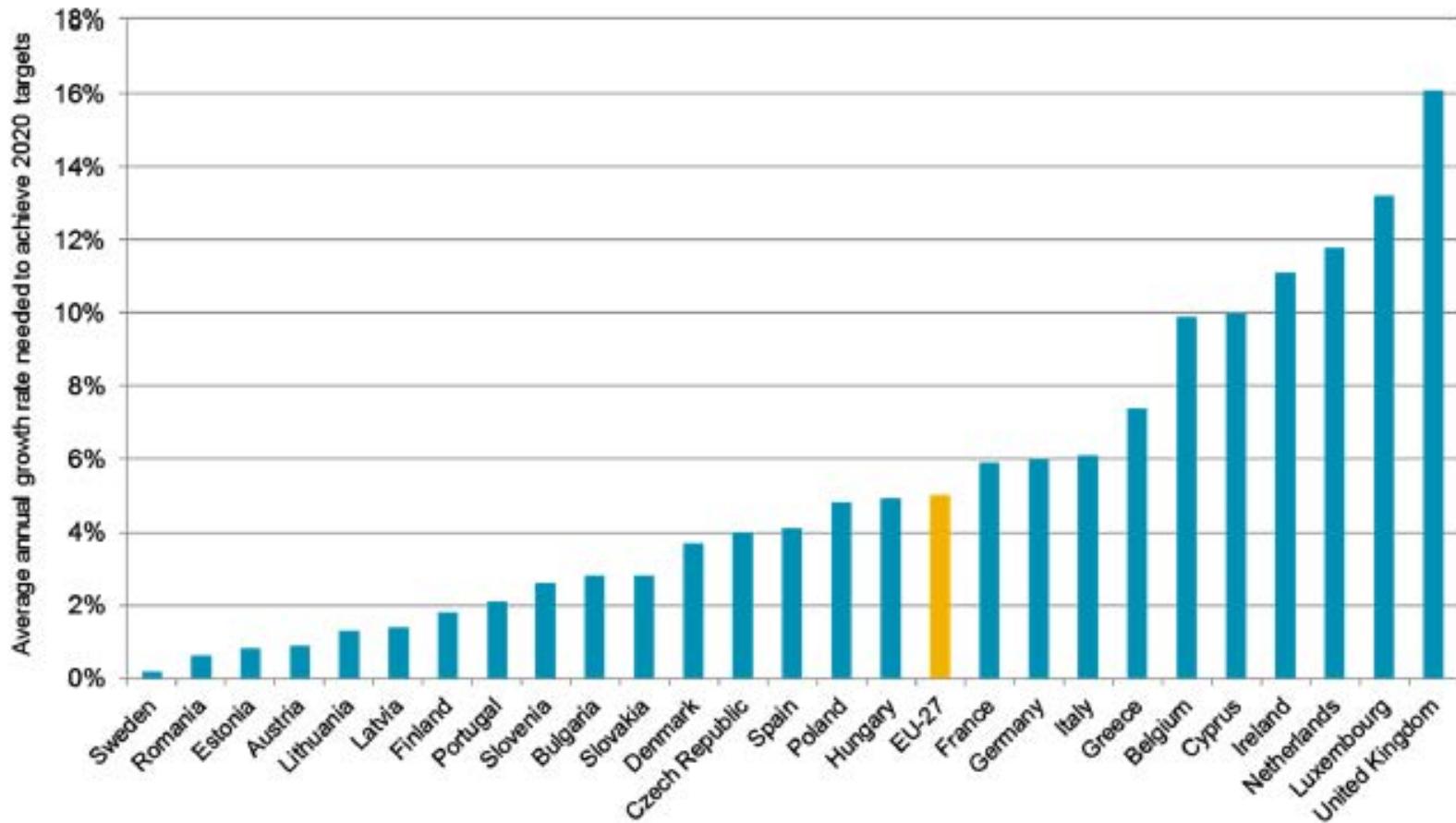
The annual economic activity of the renewable energy industry

Godišnji novi kapaciteti u EU: 70% OIE u 2012.



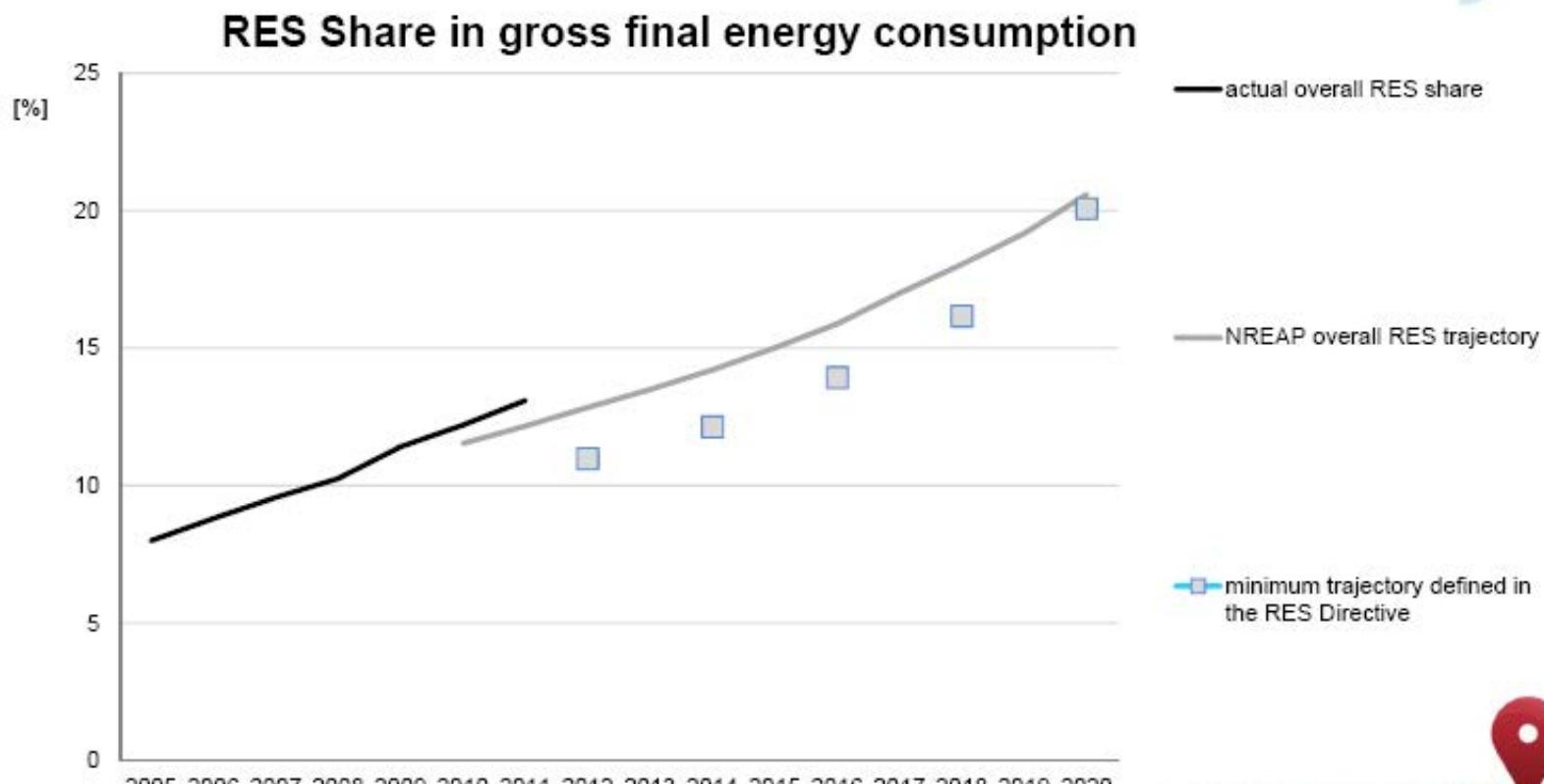
Source: EWEA

Prosječni godišnji rast potreban za dostizanje ciljeva 2020.



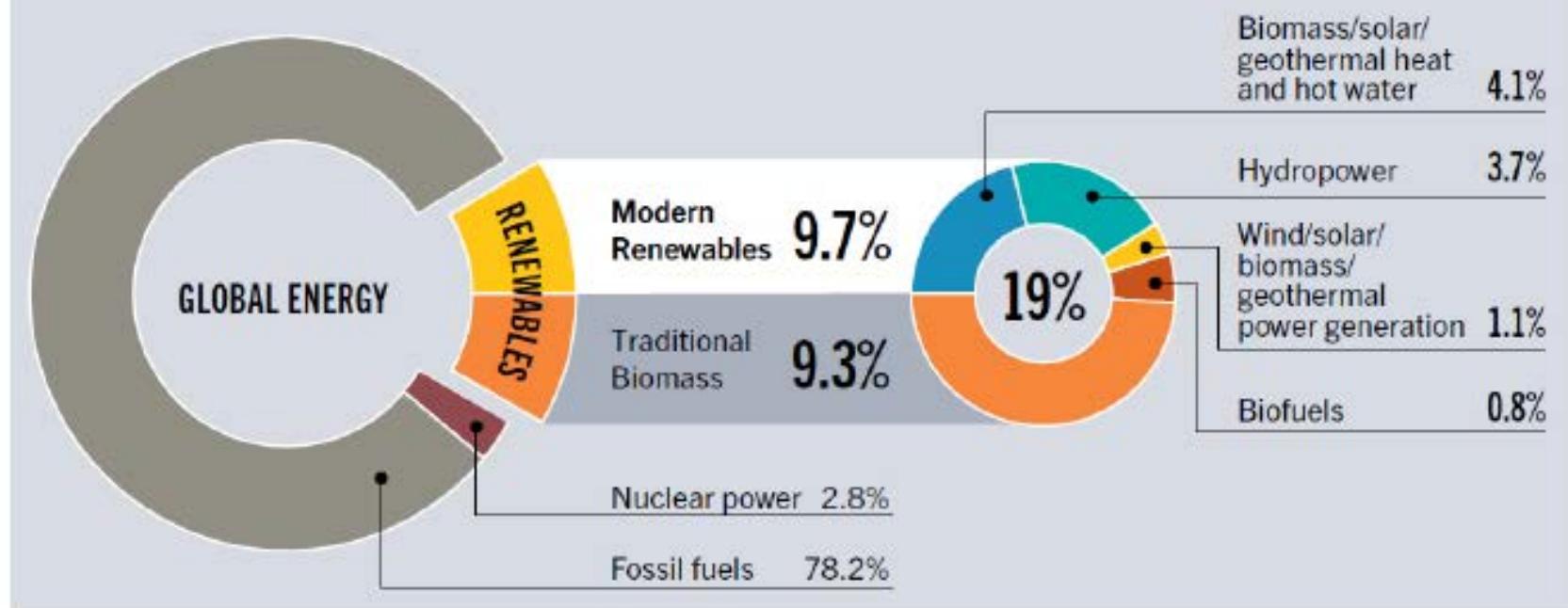
Source: EREC based on 2010 Eurostat data

EU je za sada na dobrom putu...



OIE u Svijetu

ESTIMATED RENEWABLE ENERGY SHARE OF GLOBAL FINAL ENERGY CONSUMPTION, 2011



OIE opskrbljuju oko 19% globalne finalne potrošnje energije u 2011.

OIE u Svetetu – Top 5 OIE šampiona

ANNUAL INVESTMENT/ADDITIONS/PRODUCTION IN 2012

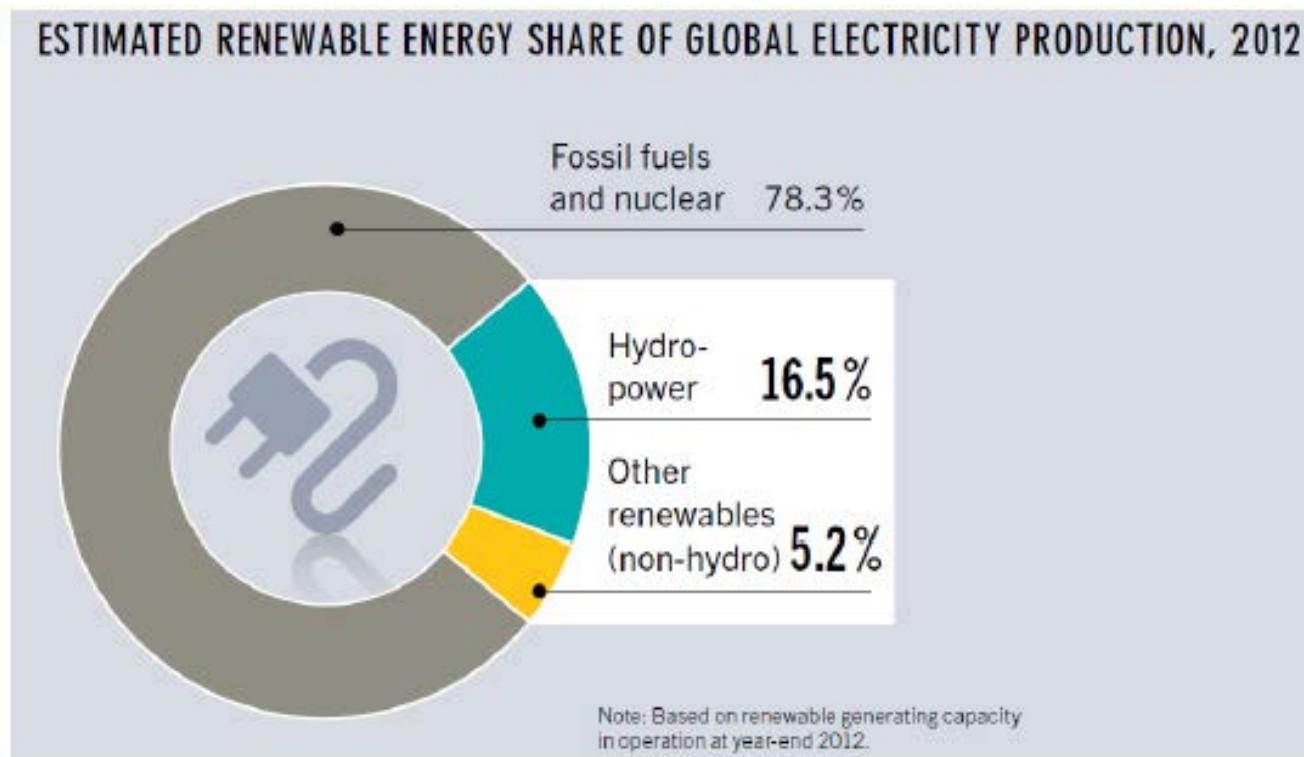
	New capacity investment	Hydropower capacity	Solar PV capacity	Wind power capacity	Solar water collector (heating) capacity ¹	Biodiesel production	Ethanol production
1	China	China	Germany	United States	China	United States	United States
2	United States	Turkey	Italy	China	Turkey	Argentina	Brazil
3	Germany	Brazil/Vietnam	China	Germany	Germany	Germany/Brazil	China
4	Japan	Russia	United States	India	India	France	Canada
5	Italy	Canada	Japan	United Kingdom	Brazil	Indonesia	France

TOTAL CAPACITY AS OF END-2012

	Renewable power (incl. hydro)	Renewable power (not incl. hydro)	Renewable power per capita (not incl. hydro) ²	Bio-power	Geothermal power	Hydropower	Concentrating solar thermal power (CSP)
1	China	China	Germany	United States	United States	China	Spain
2	United States	United States	Sweden	Brazil	Philippines	Brazil	United States
3	Brazil	Germany	Spain	China	Indonesia	United States	Algeria
4	Canada	Spain	Italy	Germany	Mexico	Canada	Egypt/Morocco
5	Germany	Italy	Canada	Sweden	Italy	Russia	Australia

Source: REN21 Renewables 2013 Global Status Report

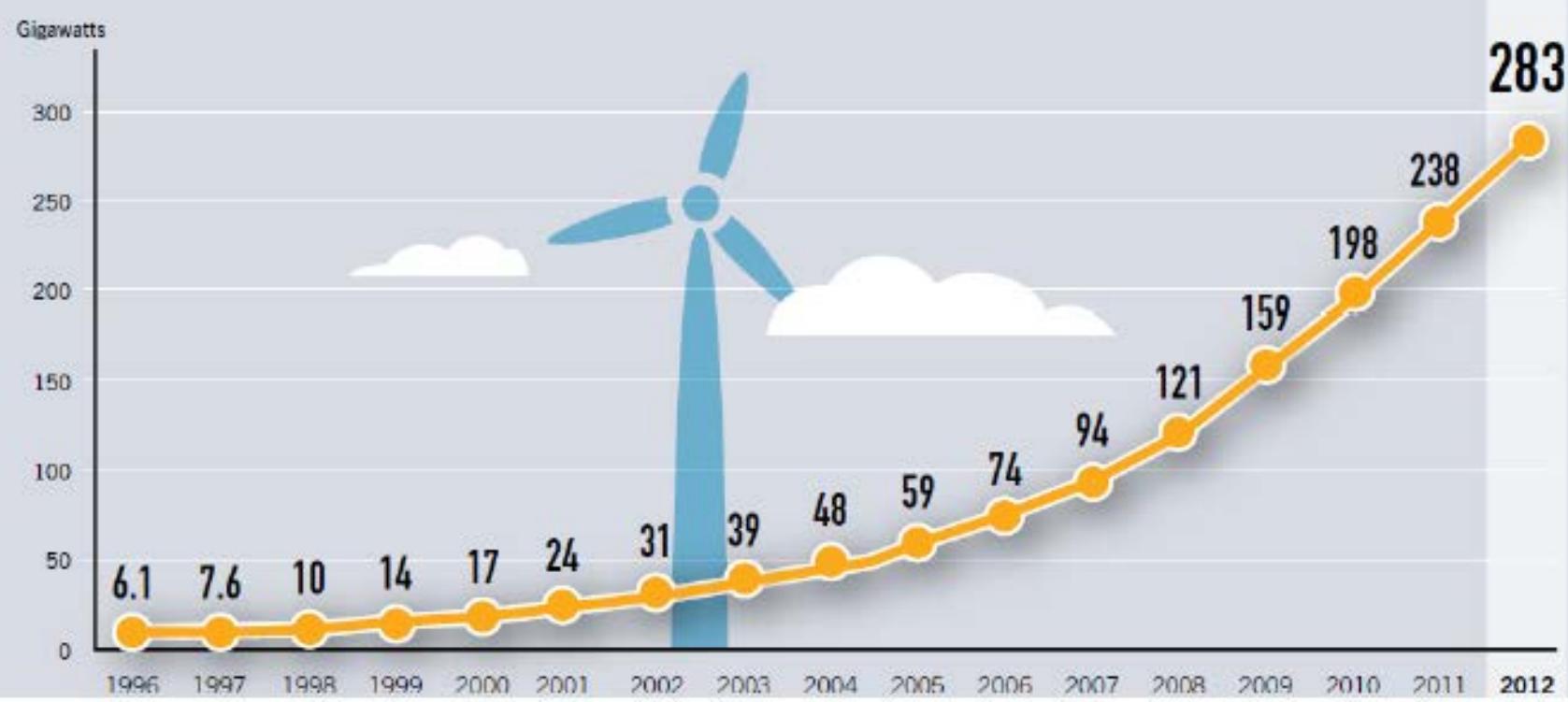
OIE u Svijetu – Električna energija



- OIE predstavljaju više od 26% globalnih proizvodnih kapaciteta.
- 21.7% električne energije globalno je proizvedeno iz OIE.
- OIE predstavljaju preko polovine od 280 GW novoinstalirane snage u 2012.

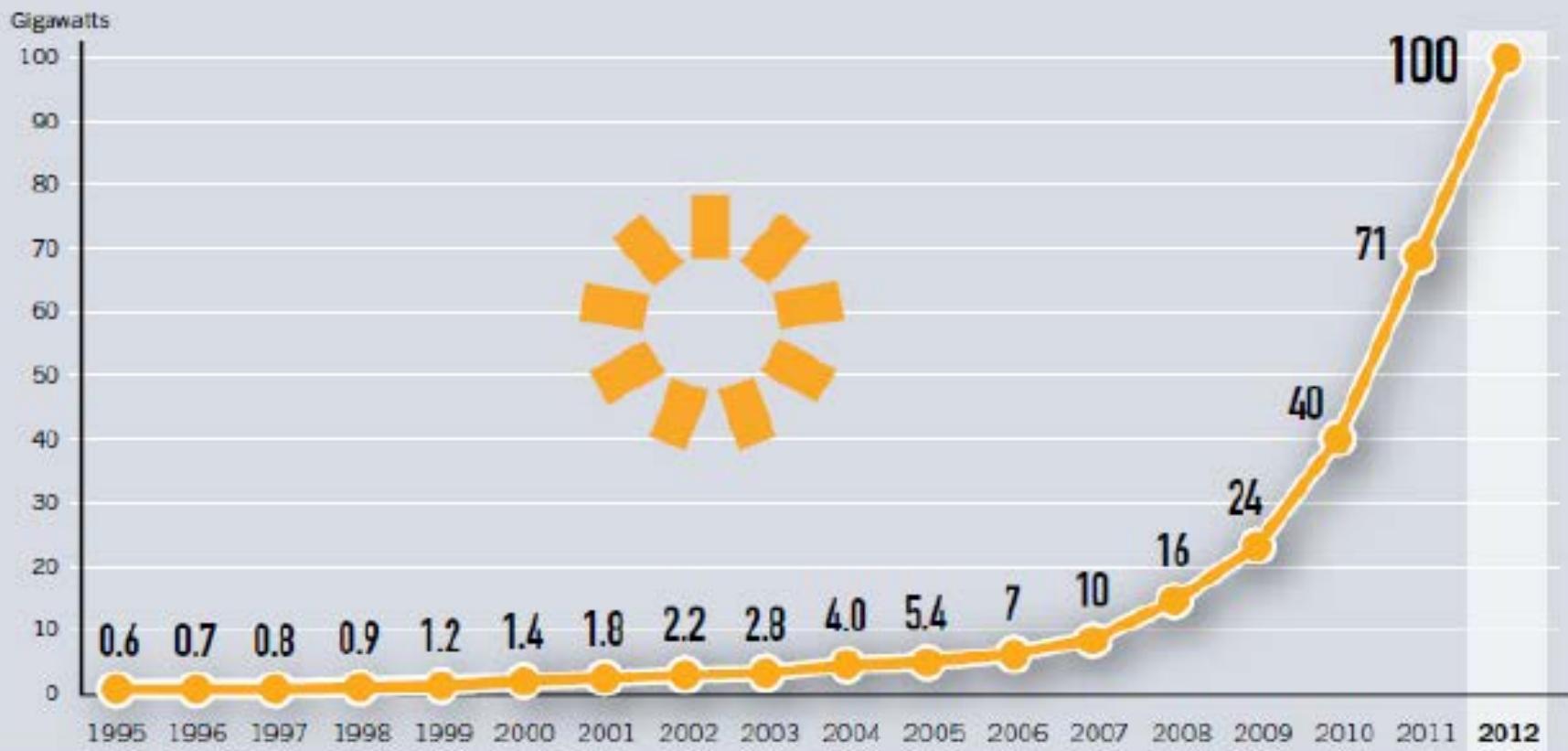
Vjetar

WIND POWER GLOBAL CAPACITY, 1996–2012



PV

SOLAR PV GLOBAL CAPACITY, 1995–2012



Source: REN21 Renewables 2013 Global Status Report

- Totalna instalirana snaga PV dosegla 100 GW.
- Cijene PV modula pale za više od 30% u 2012.

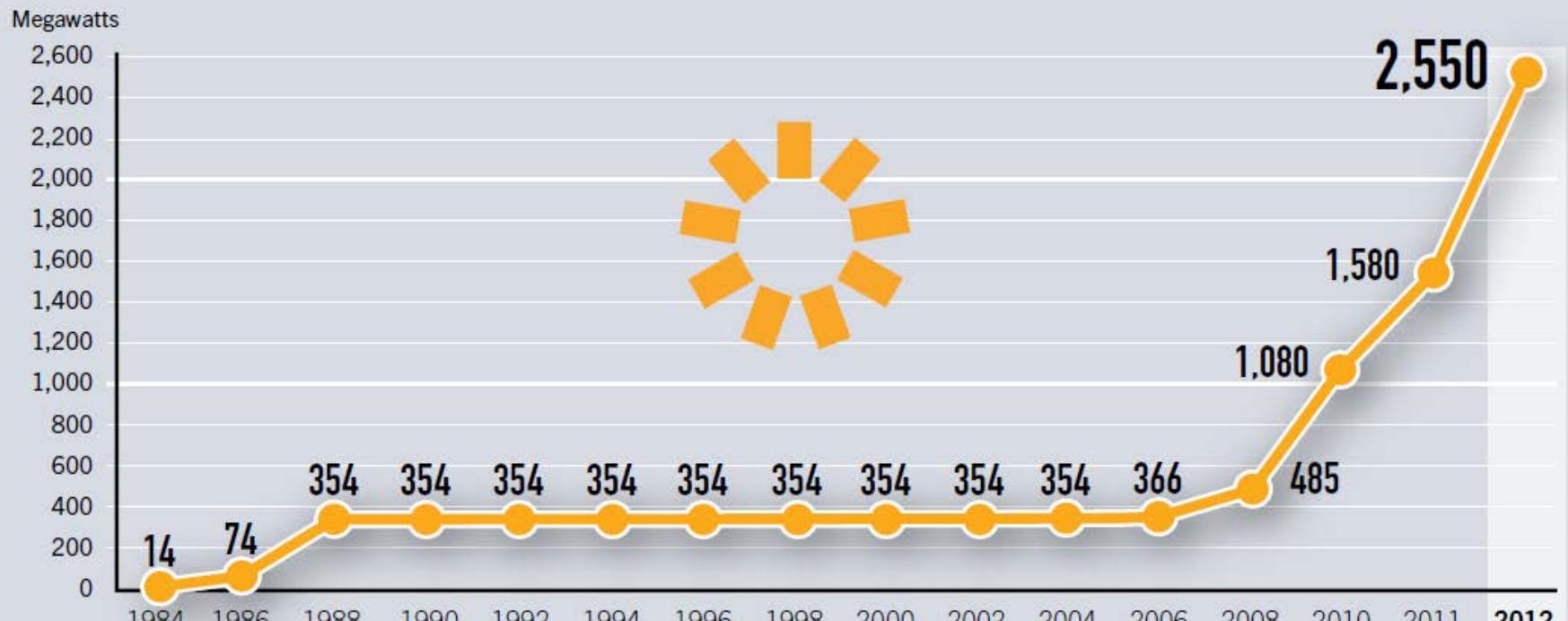
PV

Solar panels



CSP – Termički koncentrirane sunčeve elektrane

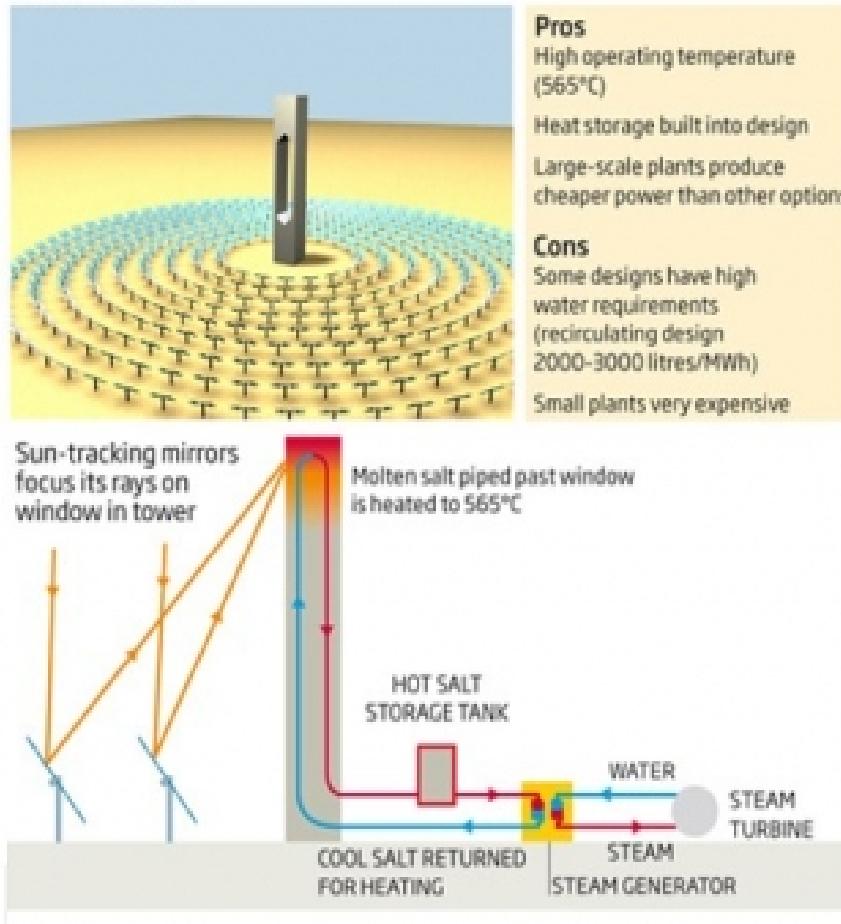
CONCENTRATING SOLAR THERMAL POWER GLOBAL CAPACITY, 1984–2012



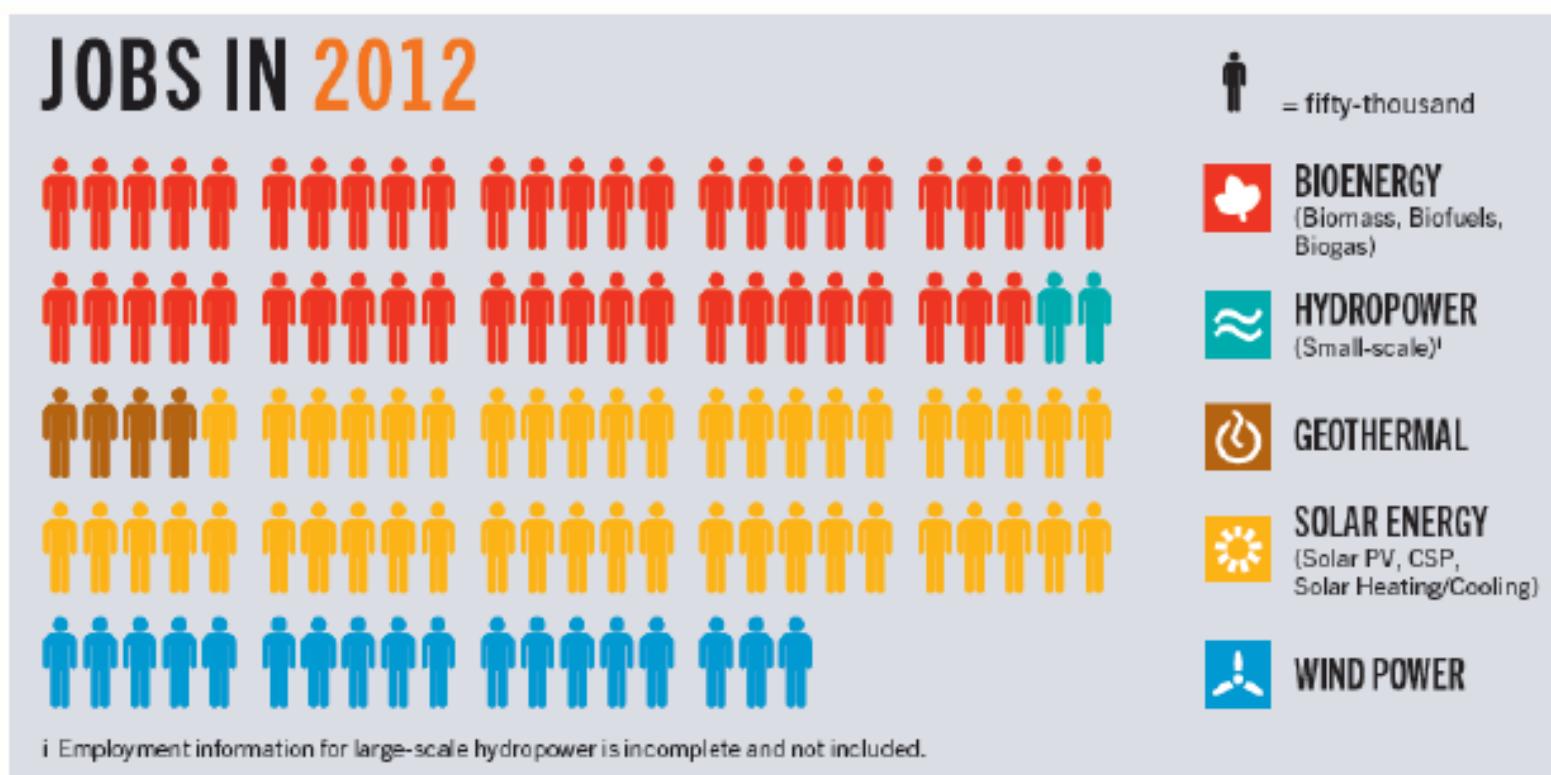
Ukupni globalni CSP kapacitet povećan za više od 60% na 2550 MW

CSP – Termički koncentrirane sunčeve elektrane

Solar tower



OIE i zapošljavanje



- U cijelom svijetu raste zapošljavanje u sektoru OIE
- Procjena je da 5.7 miliona ljudi radi u sektoru OIE

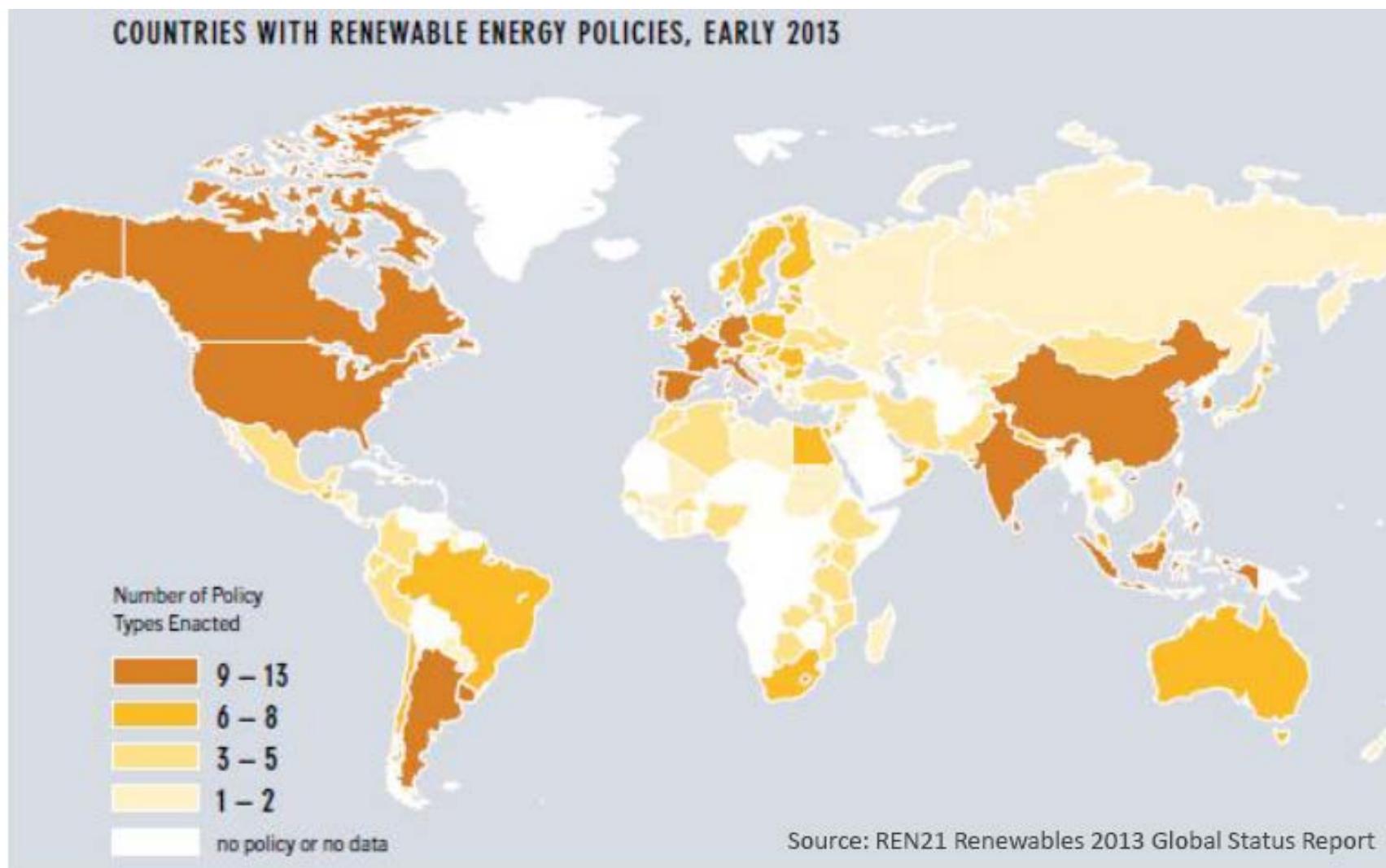
Političko okružje

THE NUMBER OF COUNTRIES WITH RENEWABLE TARGETS MORE THAN DOUBLED BETWEEN 2005 AND 2012. A LARGE NUMBER OF CITY AND LOCAL GOVERNMENTS ARE ALSO PROMOTING RENEWABLE ENERGY.

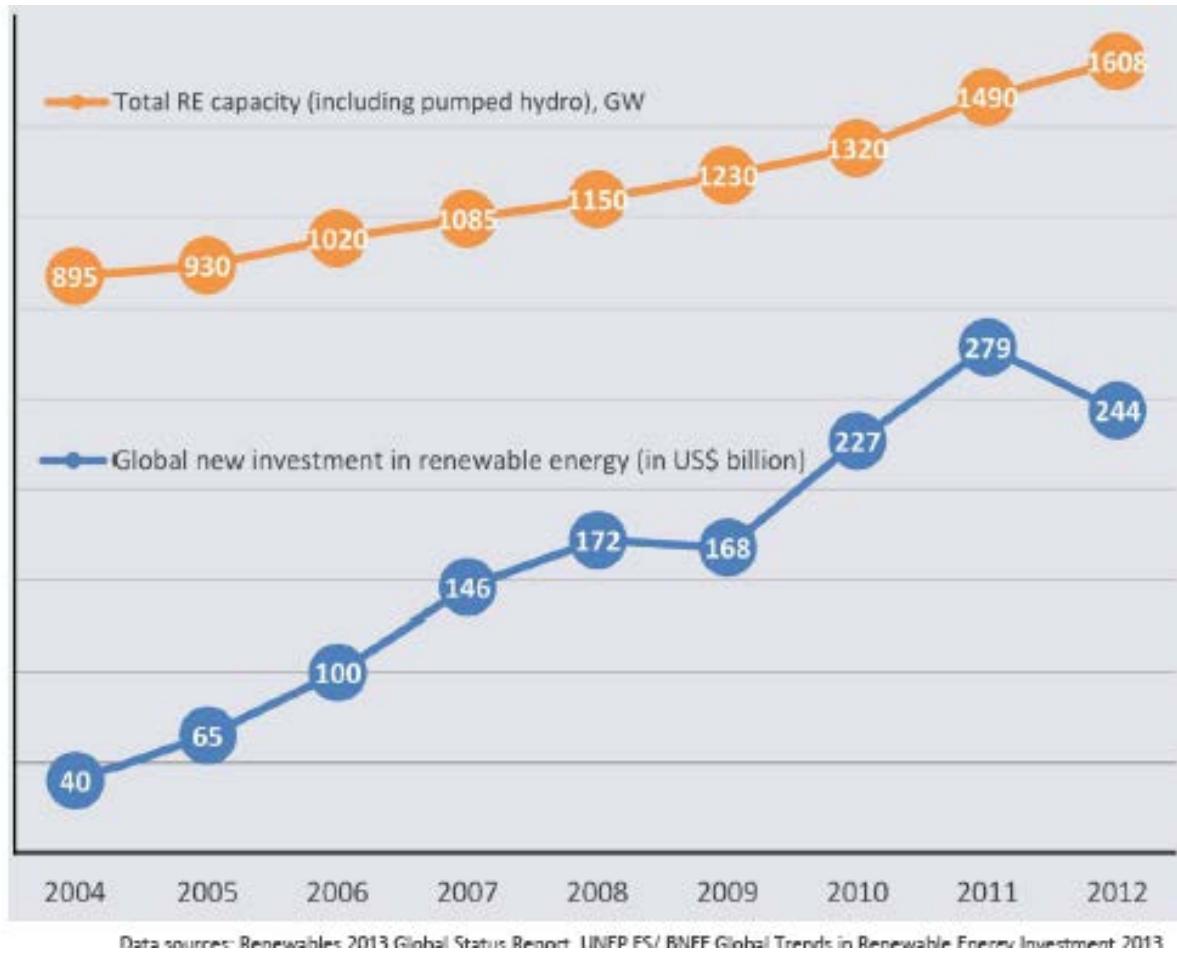


- Najmanje 138 država ima cilj za OIE do kraja 2012.
- Većina politika podupire OIE u proizvodnji električne energije, feed-in tariffs (FITs) and renewable portfolio standards (RPS) se koriste najčešće.

Politička karta potpore OIE



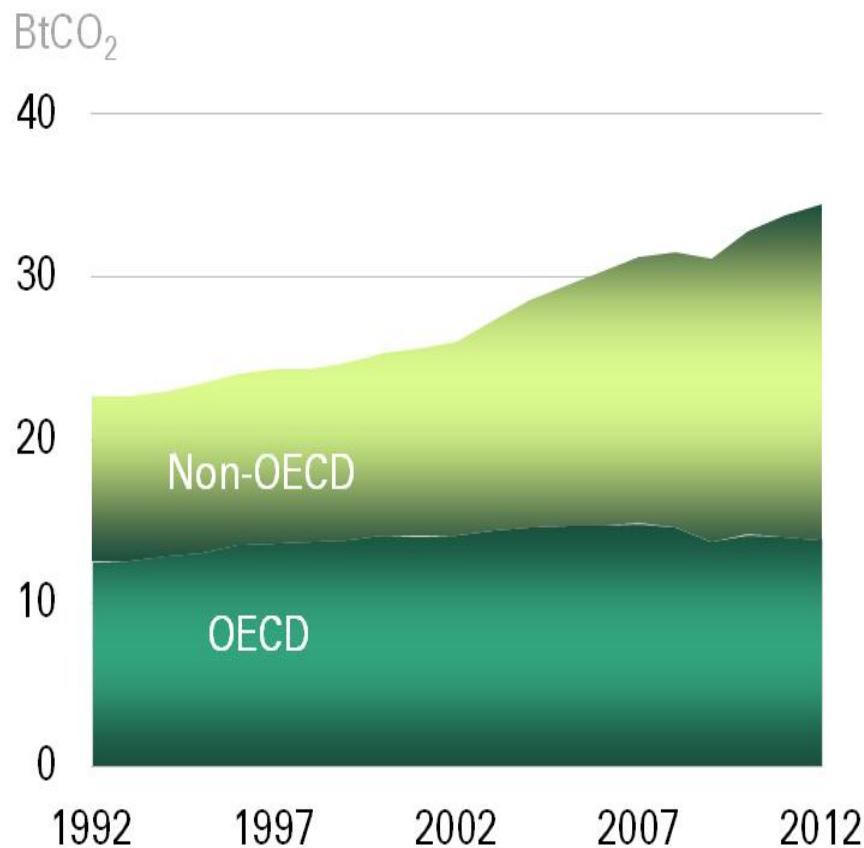
Globalne investicije u OIE



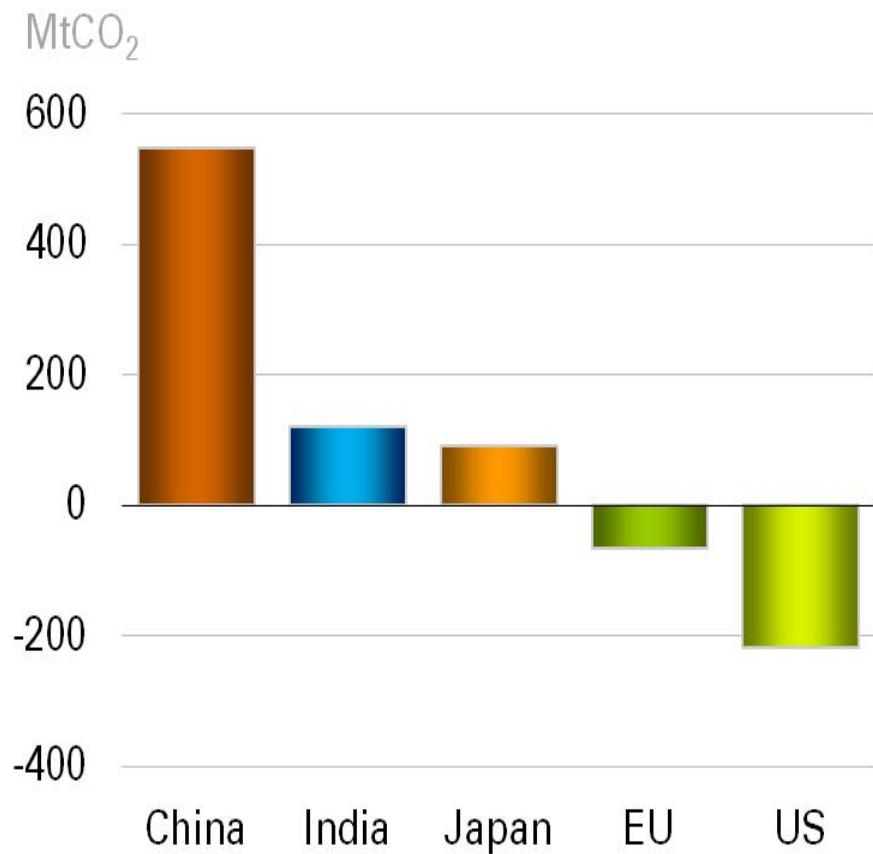
- **Globalne investicije u OIE 2012. su se smanjile za 12% prema prethodnoj rekordnoj godini**

Carbon emissions

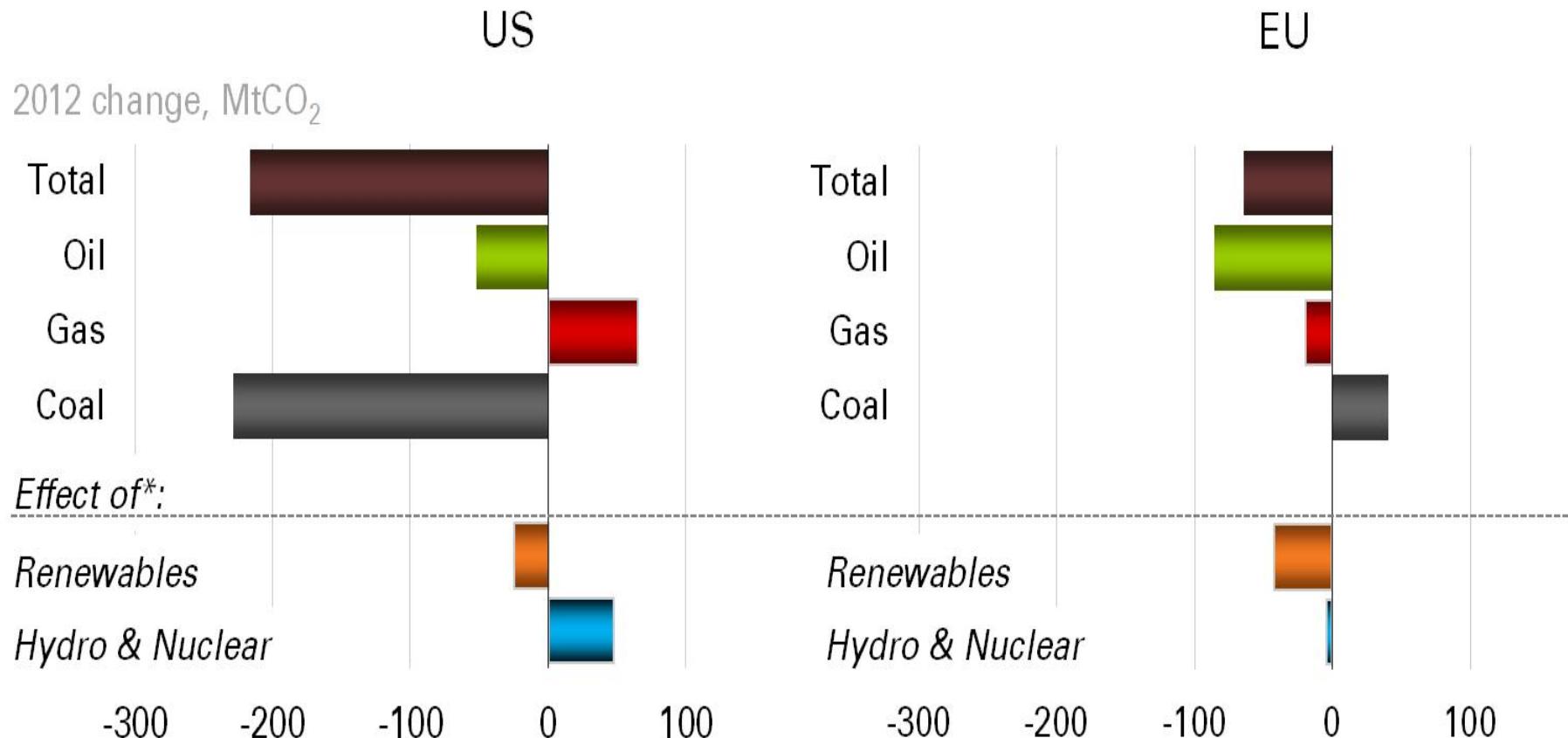
Global emissions from energy use



Largest emission changes in 2012



Carbon emissions by fuel: US and EU



* The net effect of changes in non-fossil fuels in power on emissions, based on 2011 shares of fossil fuels in power generation

Zaključak za 2010. i 2011.

- Kina pretekla SAD kao najveći potrošač energije
- Potražnja za svim oblicima energije snažno porasla u 2010. i manji rast u 2011. (pad u OECD) i što sugerira globalni porast emisija CO₂

Zaključak za 2012.

ENERGETIKA u 2012.

- Svjetska potrošnja rasla 1.8% u 2012., znatno ispod 10-godišnjeg prosjeka od 2.6%.
- Pokretana tržištem i cijenama
 - Ponekad sa iznenadnjima
- Pitanje politika

-1.3%

Decline in OECD oil consumption,
the sixth decrease in the past
seven years.

+1 million b/d

Growth of US oil production,
the largest in the world.

-0.9%

The first decline on record
for global LNG trade.

23.9%

Natural gas's share of global
primary energy consumption.

50.2%

China's share of global
coal consumption.

-89%

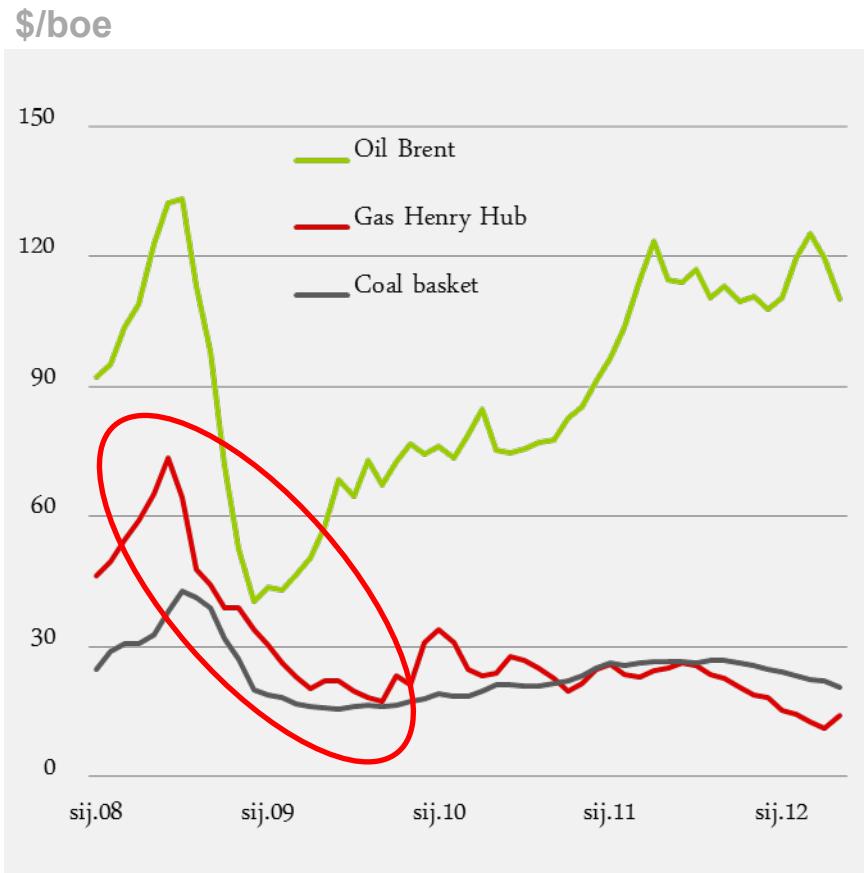
Decline in Japanese
nuclear output.

4.7%

Share of global power generation
met by renewables.

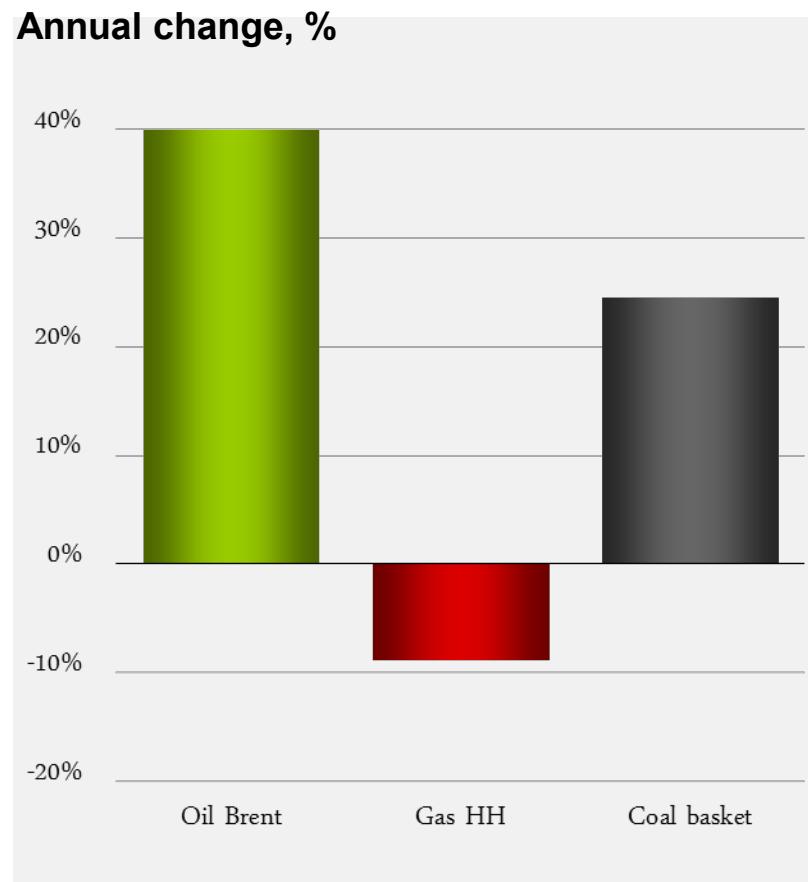
Cijene energetika

Cijene energetika



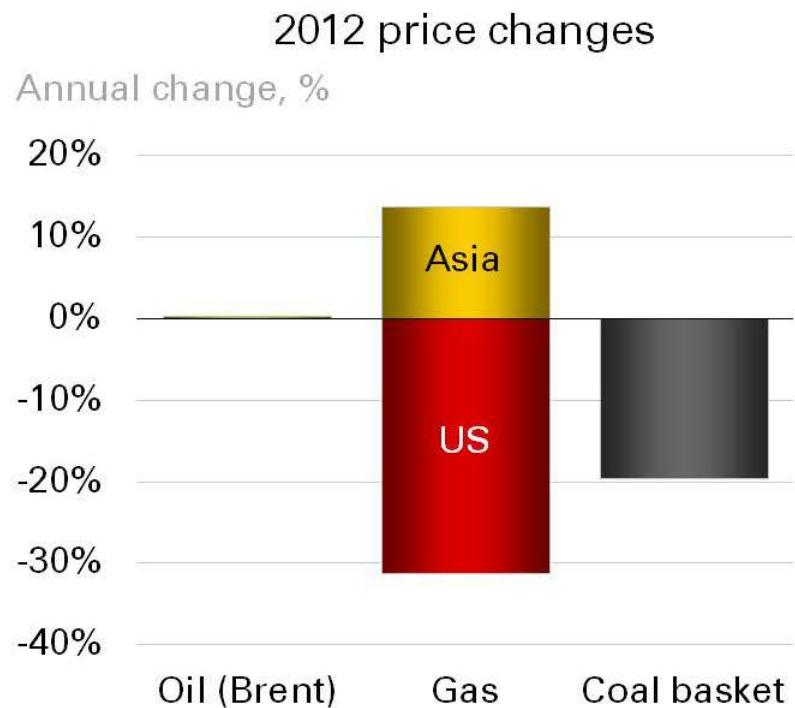
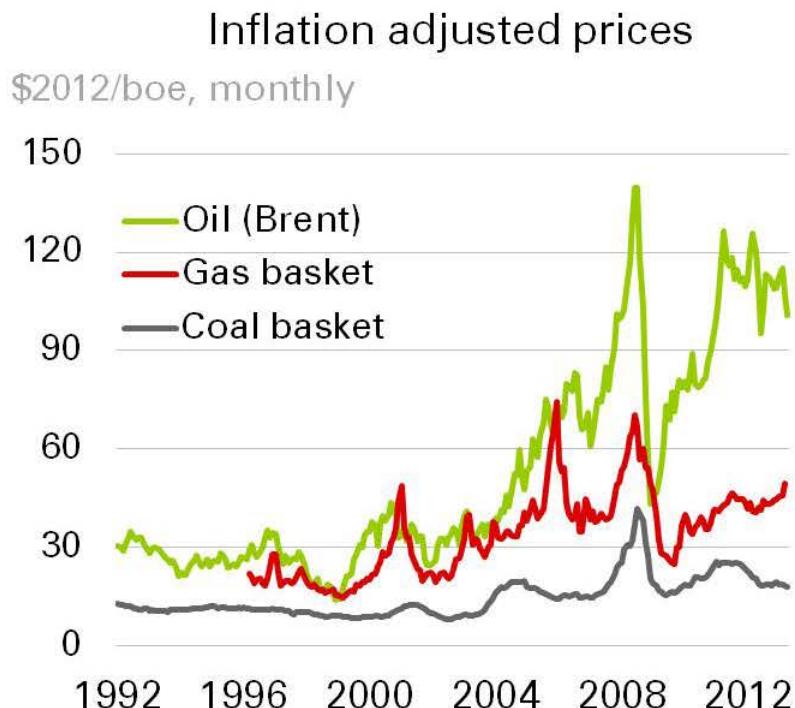
Source: includes data from Platts, BAFA and McCloskey

Promjene cijena u 2011.



Source: BP Statistical Review of World Energy, June 2013

Cijene energetika



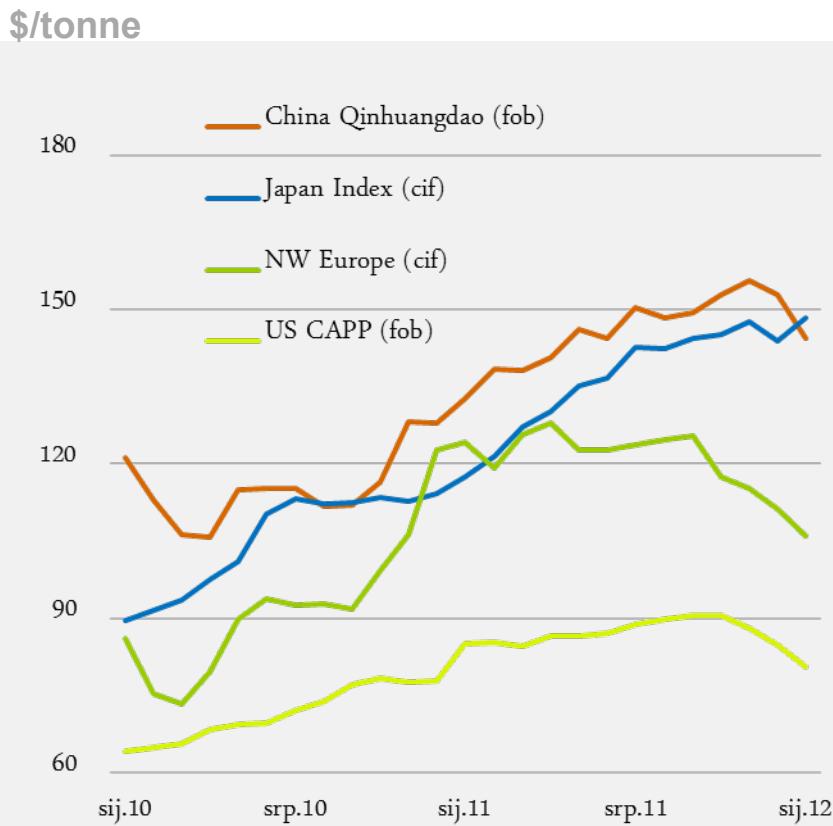
Source: includes data from ICIS, Heren Energy and Energy Intelligence Group, McCloskey and Platts

BP Statistical Review of World Energy

© BP 2013

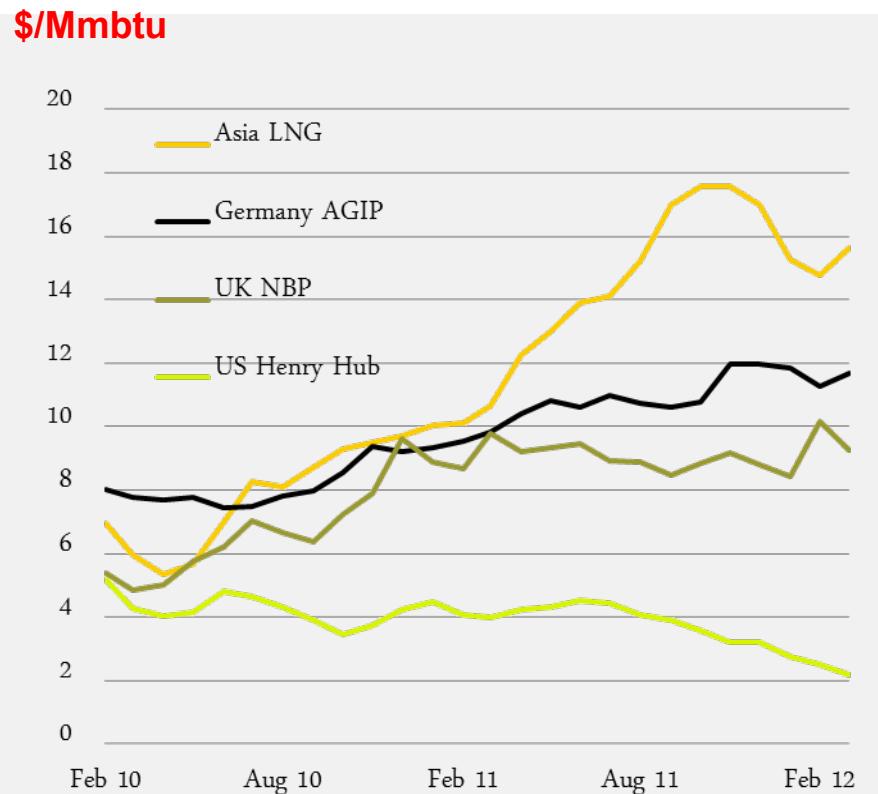
Cijene ugljena i plina

Cijene ugljena za proizvodnju el. energije



Source: includes data from McCloskey, Eurostat, IHS CERA

Regionalne cijene plina



Source: BP Statistical Review of World Energy, June 2012

IEA: „Dolazi li zlatno doba za plin?”

- Plin postaje ključni u dostizanju potreba za energijom u svijetu
- **Nekonvencionalni plin će činiti oko 35% povećanja u globalnom snabdijevanju do 2035.** s novom ne-SAD proizvodnjom
- **Niža cijena može voditi većoj potražnji za plinom smanjujući proizvodnju električne energije iz OIE i ugljena**
- **IEA: „The Age of Gas is coming, but will not solve all our energy problems”**

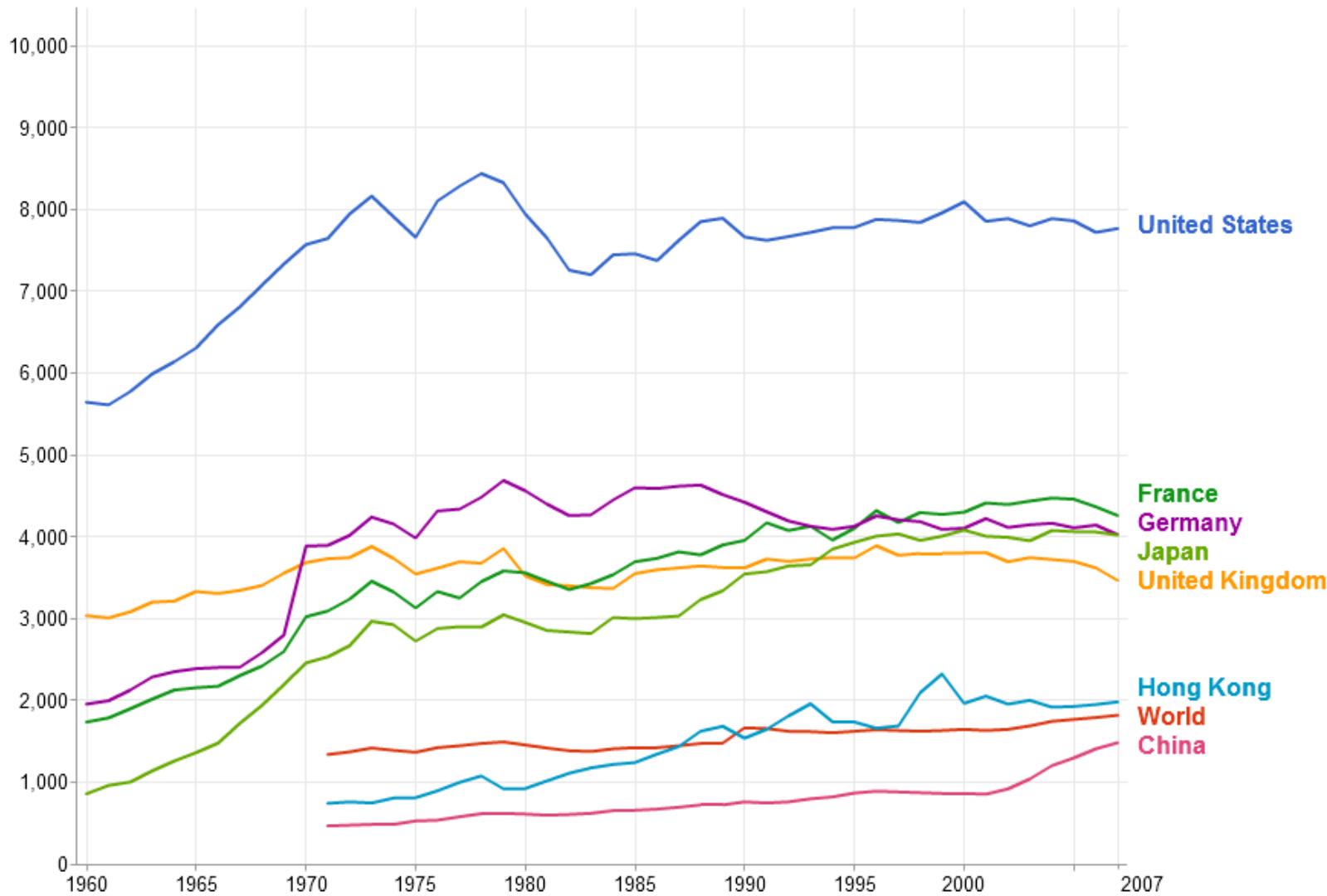
Europe's gas future – IEA report

- If the world is entering a **Golden Age of Gas**, the question is, can the same be said **for Europe?**
- **Not quite.** In fact, in the IEA's Golden Age of Gas Scenario, **Europe ("OECD Europe") is the only region in the world that will see a production decline in the period to 2035.**
- As **demand in Europe is expected to grow steadily**, it follows that Europe's **gas import dependency will continue to grow**.
- Europe's import was **50% of consumption in 2010**, and this is expected to rise to **70% in 2035**.
- This is not a new insight, but it is clear that the **Golden Age of Gas will not change the European gas picture** in any way for the foreseeable future.

Potrošnja energije po stanovniku

Energy use per capita

Primary energy use (before transformation to other end-use fuels) in kilograms of oil equivalent, per capita. [More info »](#)

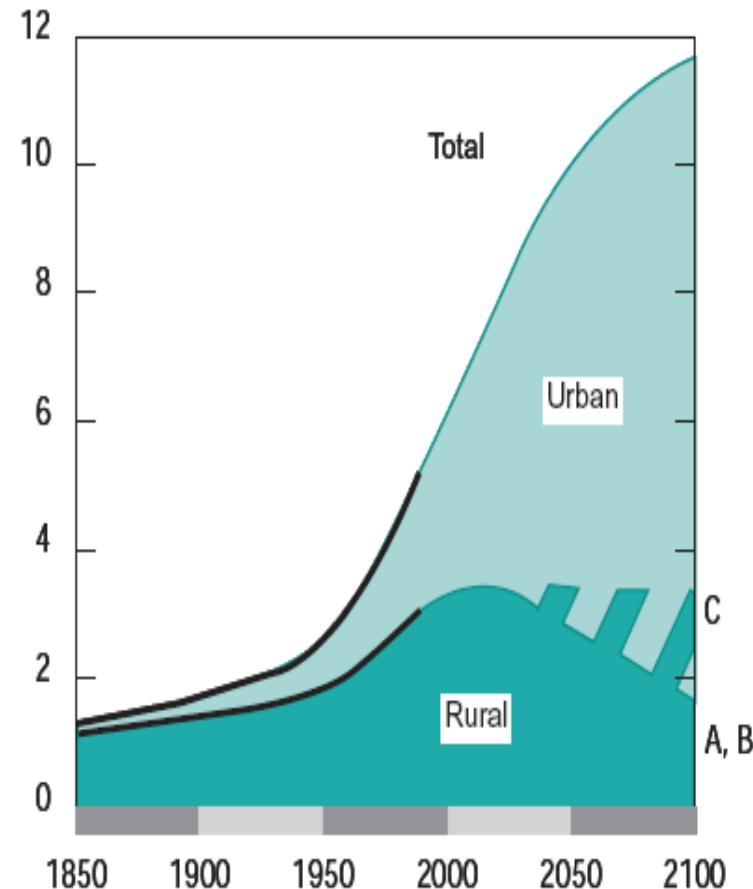


Data source: [World Bank, World Development Indicators](#) - Last updated May 7, 2010

Projekcija energenata u budućnosti

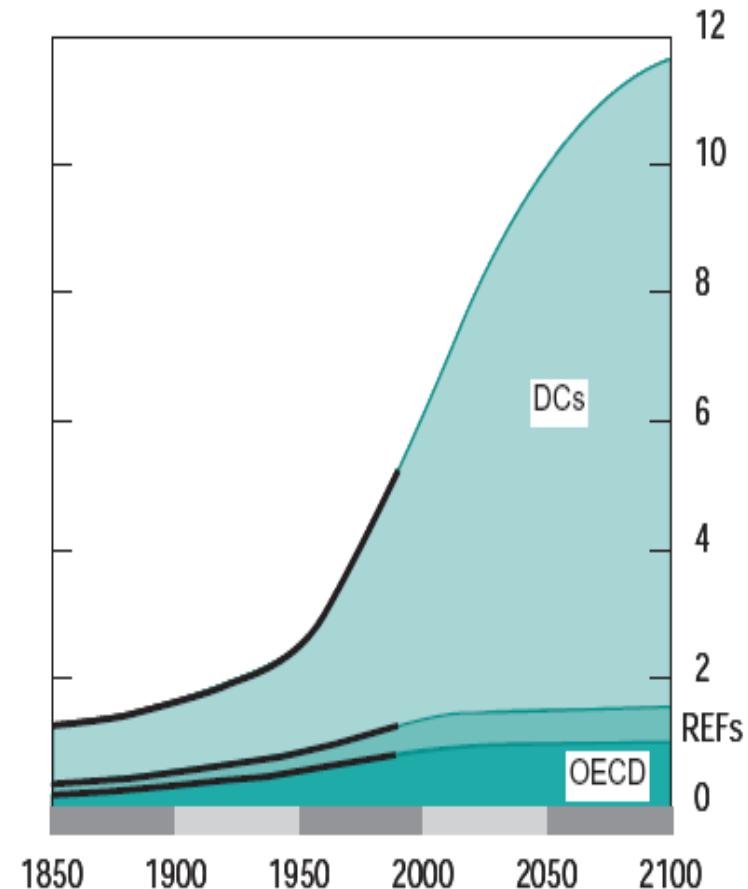
Svjetsko stanovništvo 1850 – 2100.

World population, billions



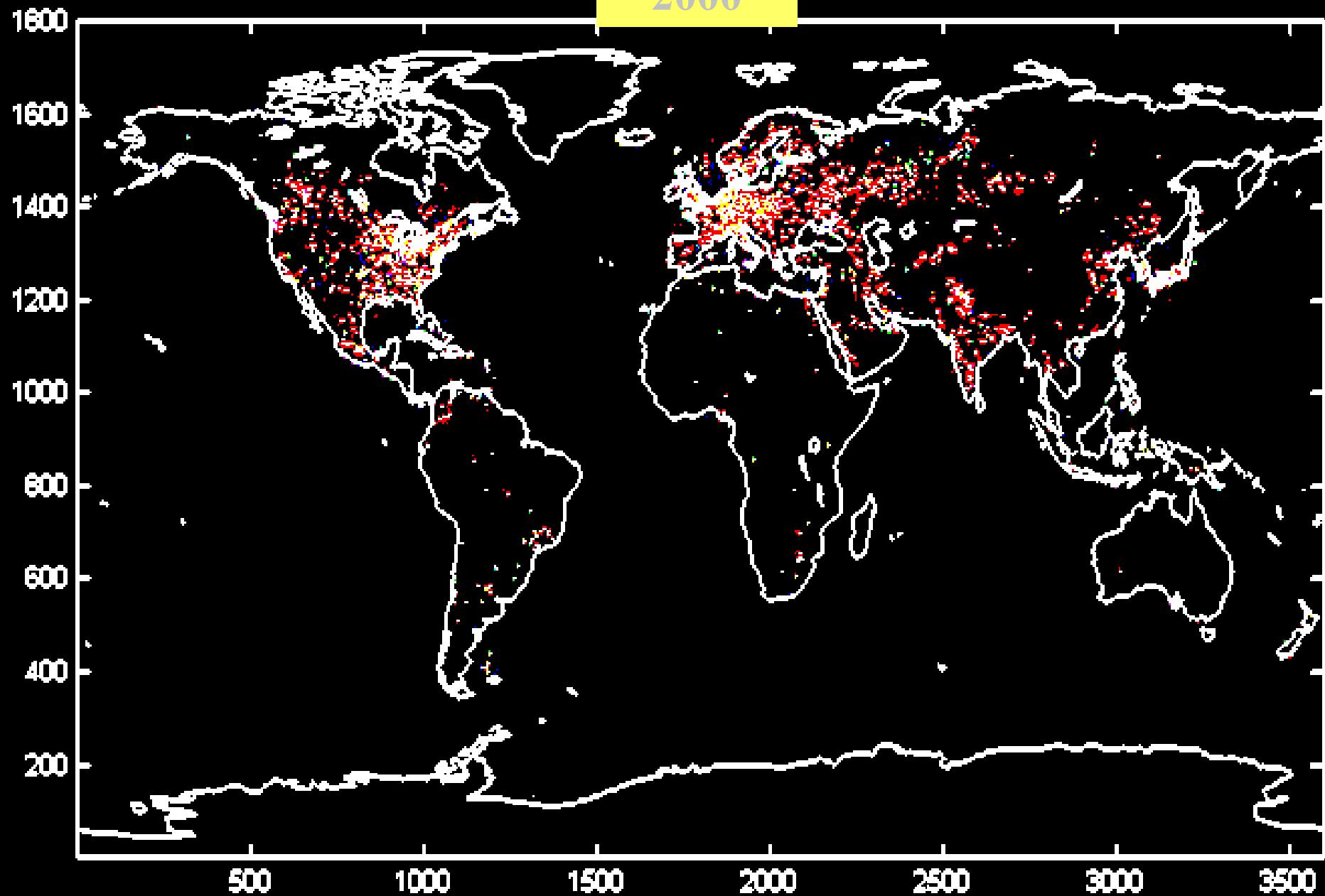
Urbano i ruralno

World population, billions

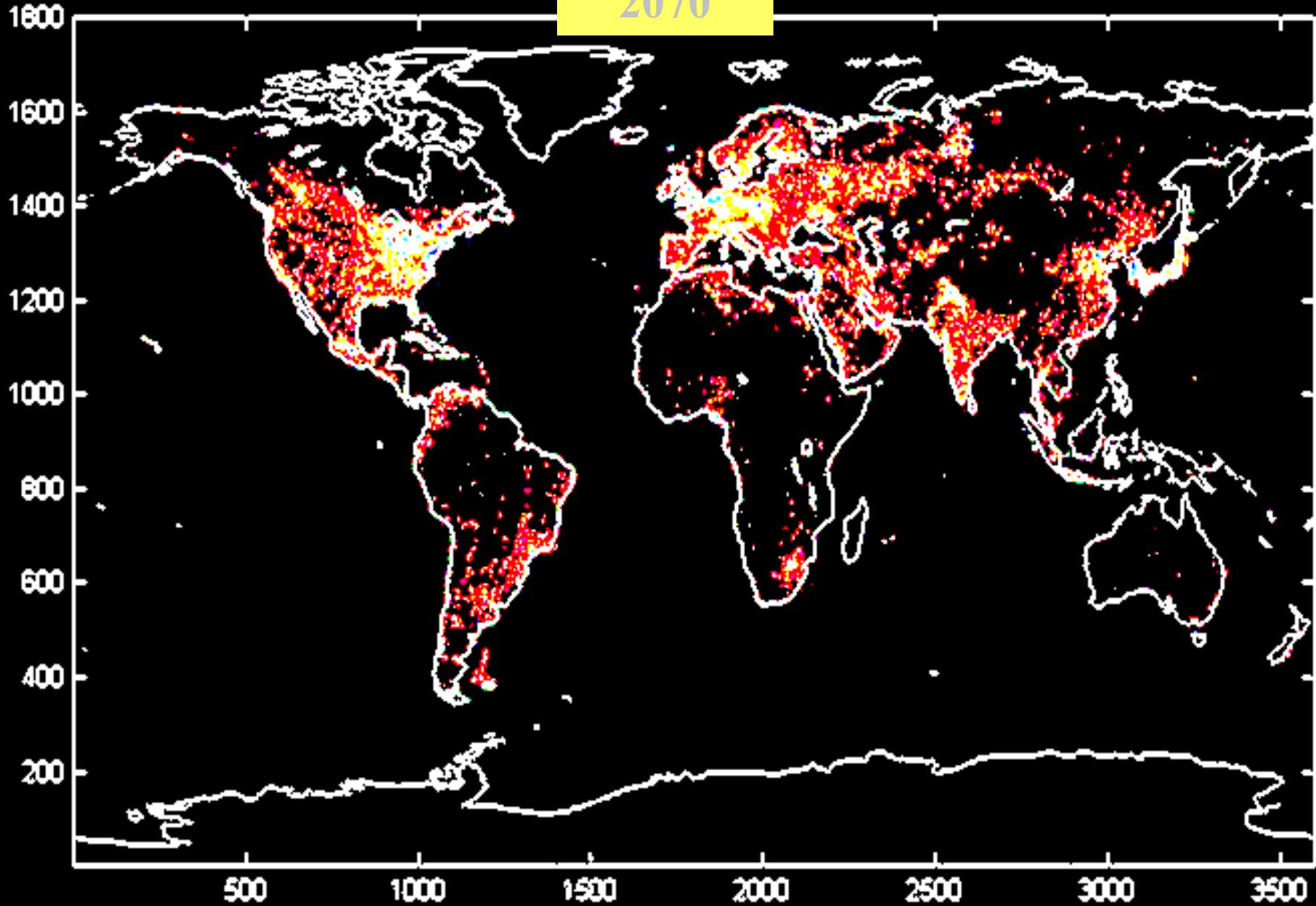


Po makroregijama

2000



2070



Source: IIASA

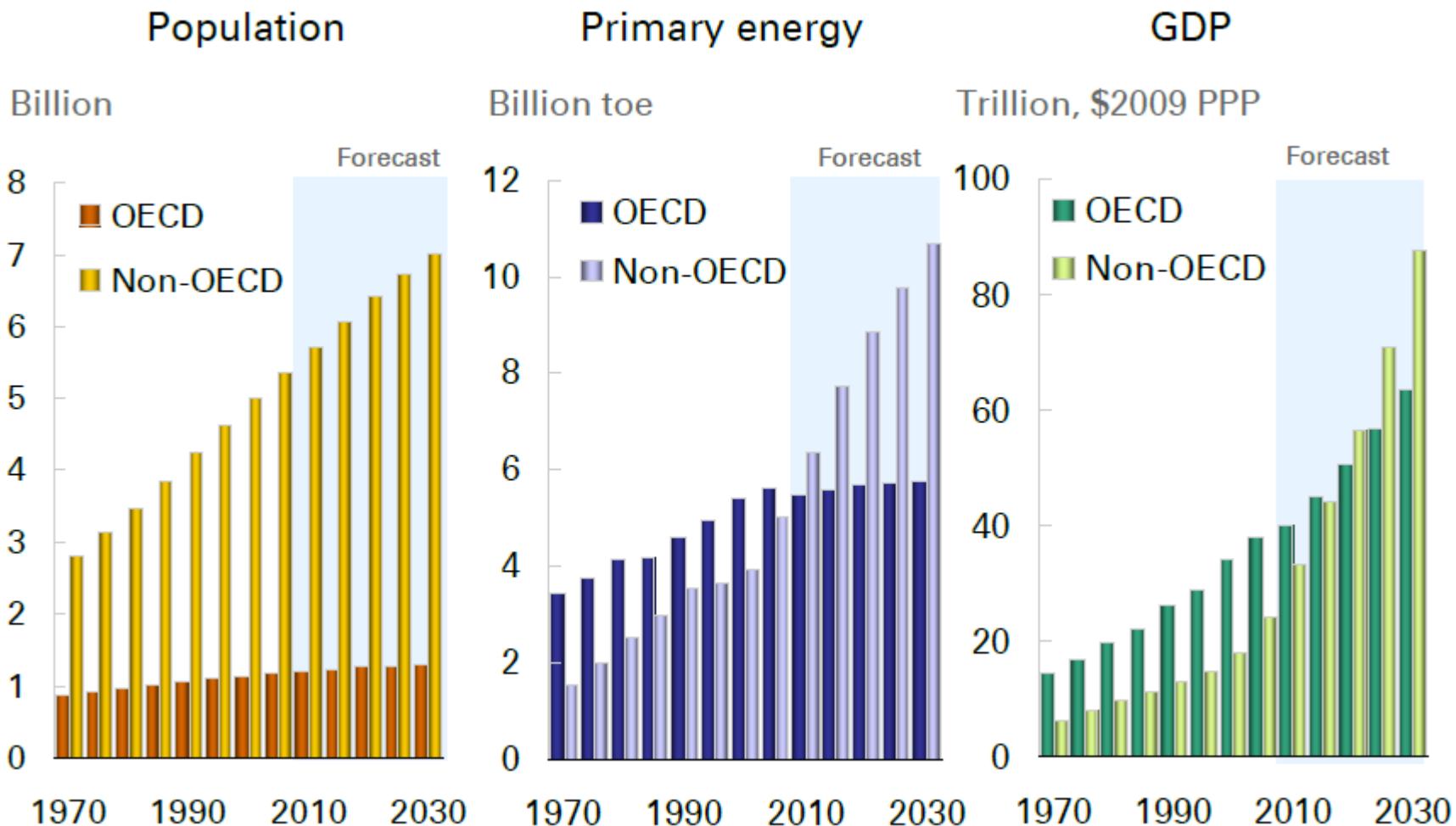
Predviđanje udjela pojedinih energenata u budućoj proizvodnji električne energije ovisi o slijedećim pokazateljima

A. Strateško-politički pokazatelji	B. Ekološki pokazatelji (kvantificirani rizik za okoliš)	C. Ekonomski pokazatelji
A1. Vjerovatnost dugoročne dobave <i>ugljen, nuk. gorivo</i>	B1. Ekološki upliv rada elektrane <i>plin, nuk. gorivo</i>	C1. Vjerovatnost dugoročne stabilnosti cijene energenta <i>ugljen</i>
A2. Diverzifikacija dobave <i>ugljen</i>	B2. Ekološki upliv gorivnog ciklusa <i>nuk. gorivo</i>	C2. Sadašnja cijena proizvedene električne energije u elektrani <i>plin, nuk. gorivo</i>
A3. Javno mnjenje <i>plin</i>		

IEA: Energy Outlook 2030

- Stanovništvo i porast dohotka su dva najveća pokretača povećanja potražnje energije
- Od 1990. svjetsko stanovništvo se učetverostručilo.
- Stvarni prihodi porasli za faktor 25 i potrošnja primarne energije za 22,5 puta
- U idućih 20 godina vjerojatno ćemo vidjeti i dalje nastavak globalne integracije i brzog rasta slabo i srednje razvijenih zemalja
- Na globalnom nivou osnovni fundamentalni odnosi u energetici ostaju robusni – više ljudi s većim prihodom znači da će proizvodnja i potrošnja energije rasti.

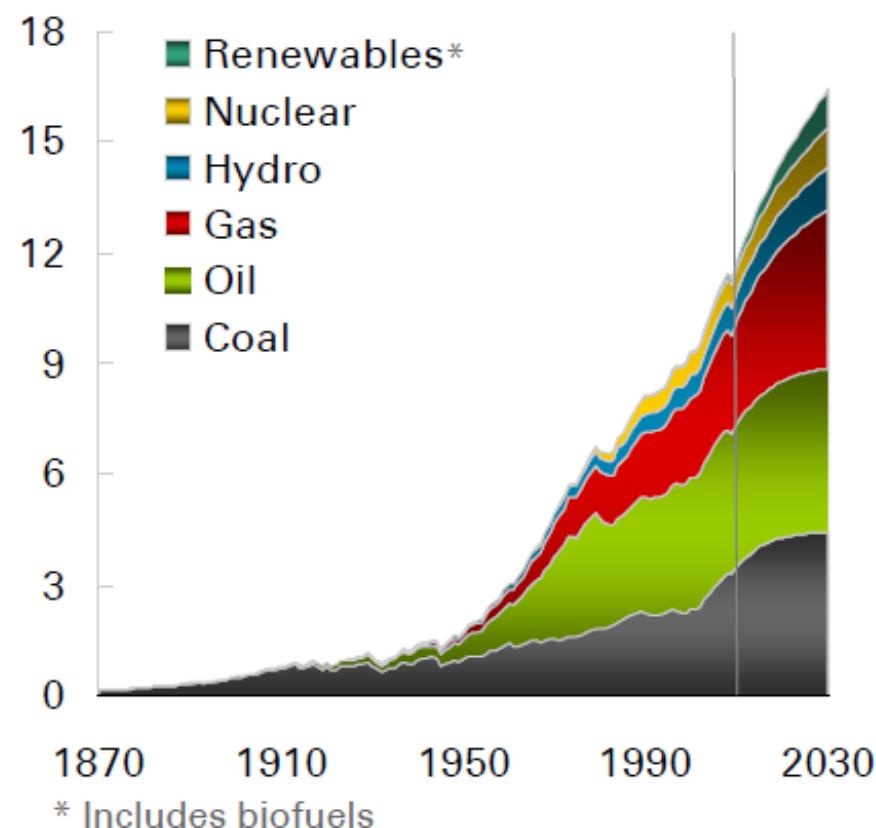
Globalni energetski trendovi



Potrošnja energije i udjeli energetika

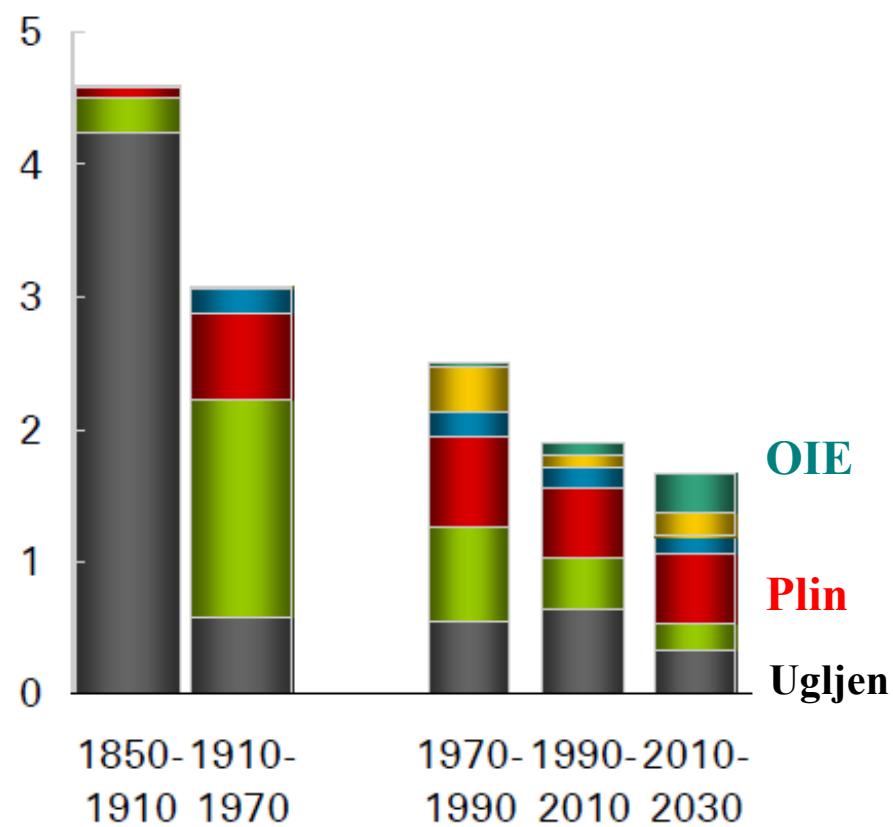
World commercial energy use

Billion toe

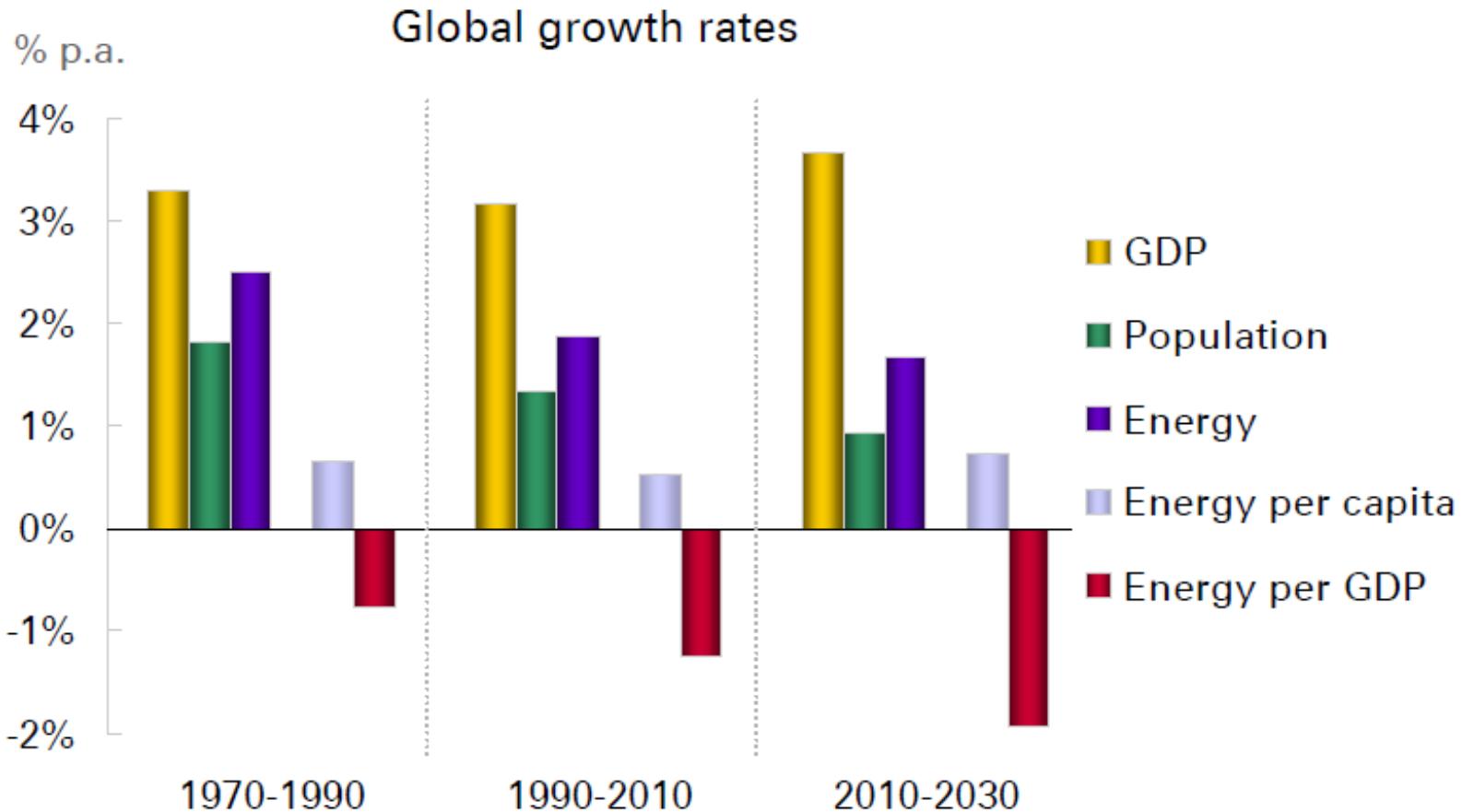


Contribution to total energy growth

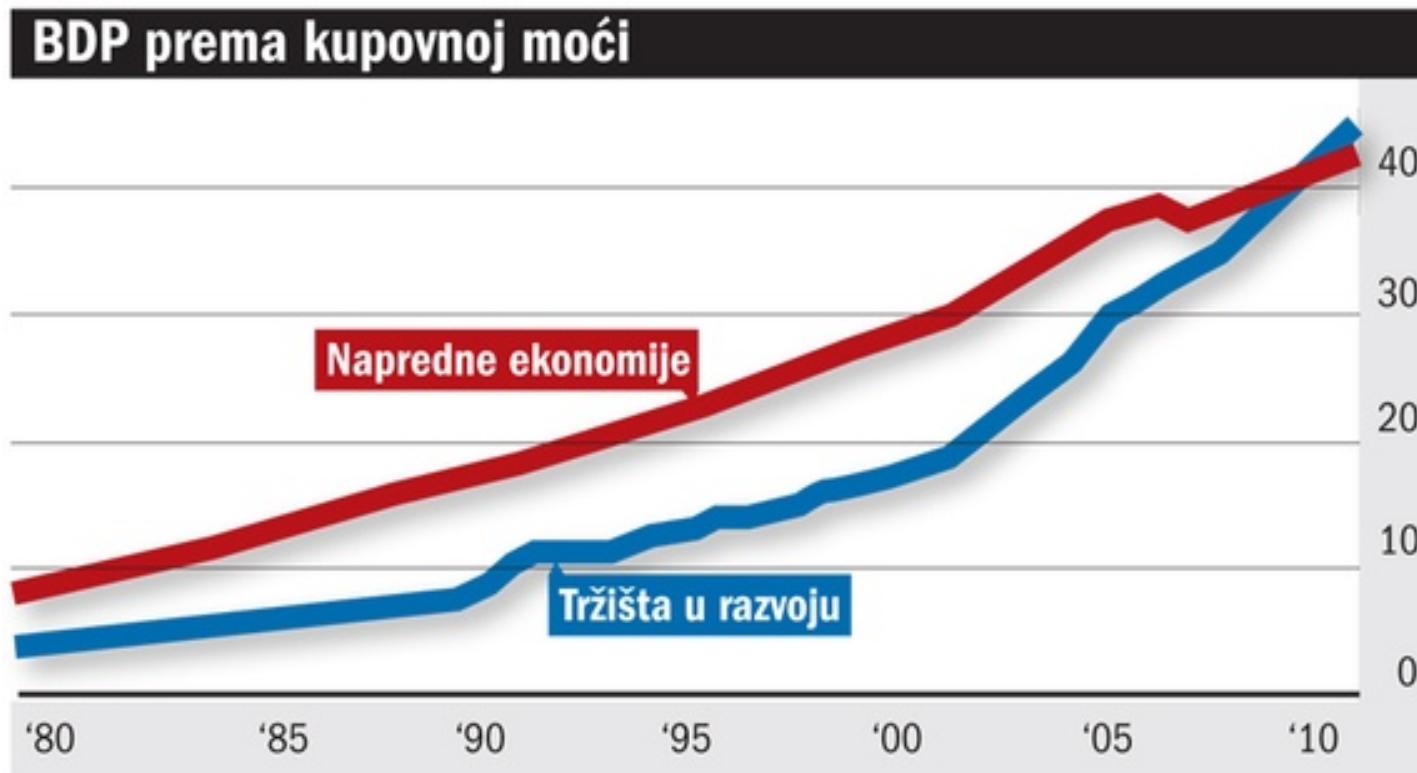
% p.a.



Odnosi rasta stanovništva, BDP i energije



Siromašne zemlje prvi put BDP-om prestigle bogate



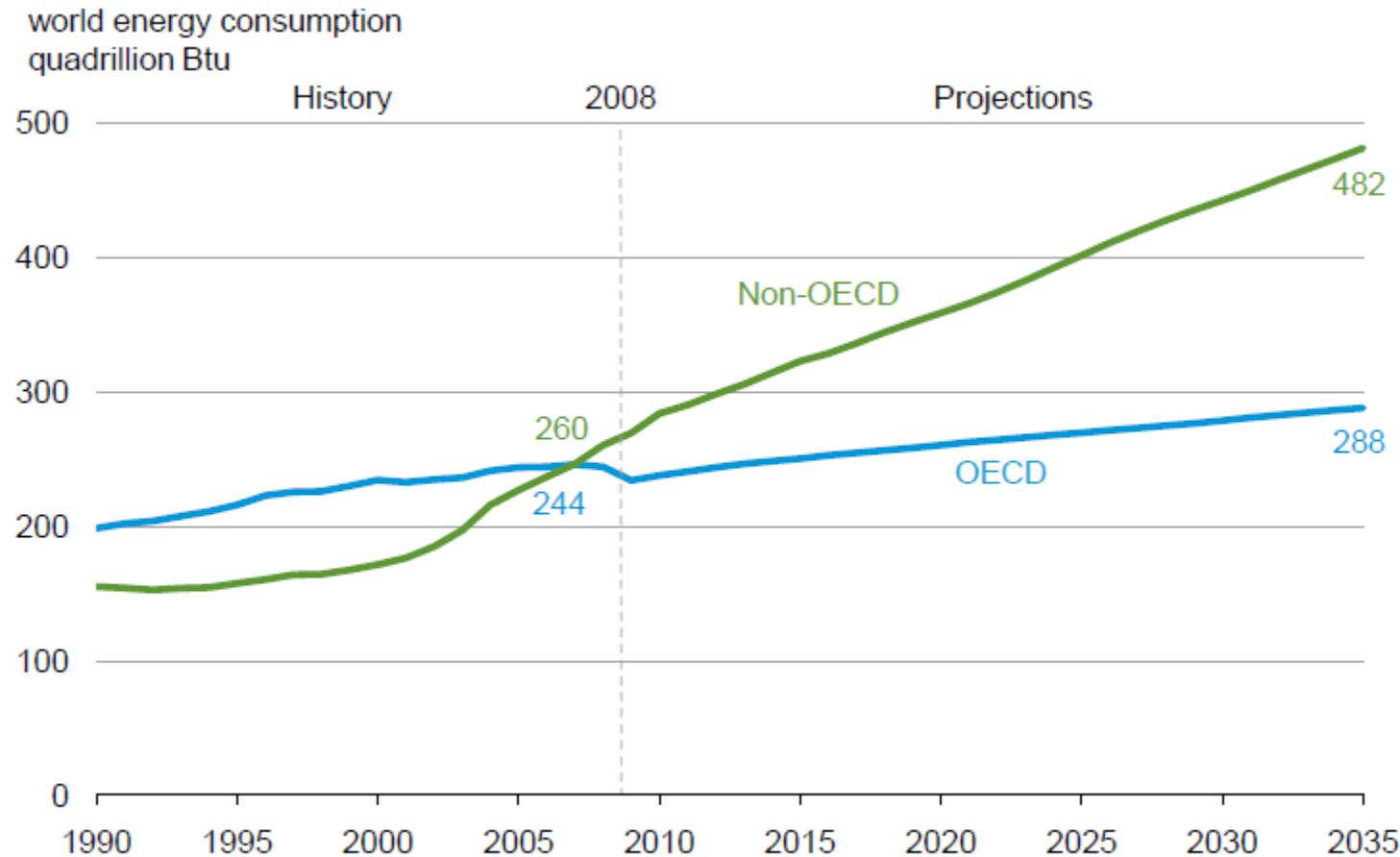
Kombinirani bruto domaći proizvod (BDP) zemalja u razvoju, mјeren paritetom kupovne moći (BDP prilagođen za relativne cijene usporedive robe u različitim ekonomijama), prvi put ikad zasjenio je razinu BDP-a naprednih, "bogatih" gospodarstava svijeta.

Prema MMF-ovim podacima, BDP prilagođen za relativne cijene usporedive robe u različitim ekonomijama na globalnim tzv. emerging tržištima ove će godine dosegnuti 44,4 bilijuna dolara

Svijet

- Potrošnja primarne energije u svijetu je porasla za 45% u prošlih 20 godina i vjerojatno će rasti za 39% za idućih 20 godina.
- Potrošnja energije u Ne-OECD državama će biti 68% veća do 2030, prosječno rasti 2.6% p.a. od 2010. i predstavljati 93% of globalnog rasta potrošnje energije.
- Mix goriva se mijenja relativno sporo zbog dugog životnog vijeka postrojenja, ali plin i ne-fosilna goriva povećavaju udio prema ugljenu i nafti.
- Najbrže rastući obnovljivi (uključujući i biogoriva) očekuje se da će rasti 8,2% p.a. u periodu 2010-30; među fosilnim gorivima plin će rasti najbrže (2.1% p.a.).

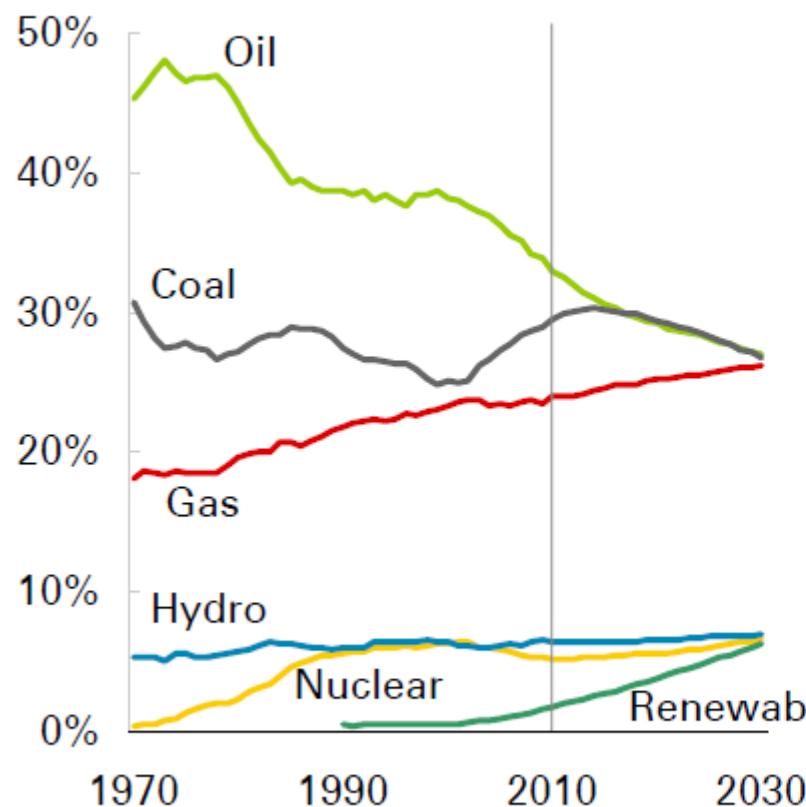
Ne-OECD države pokretači povećanja potrošnje energije



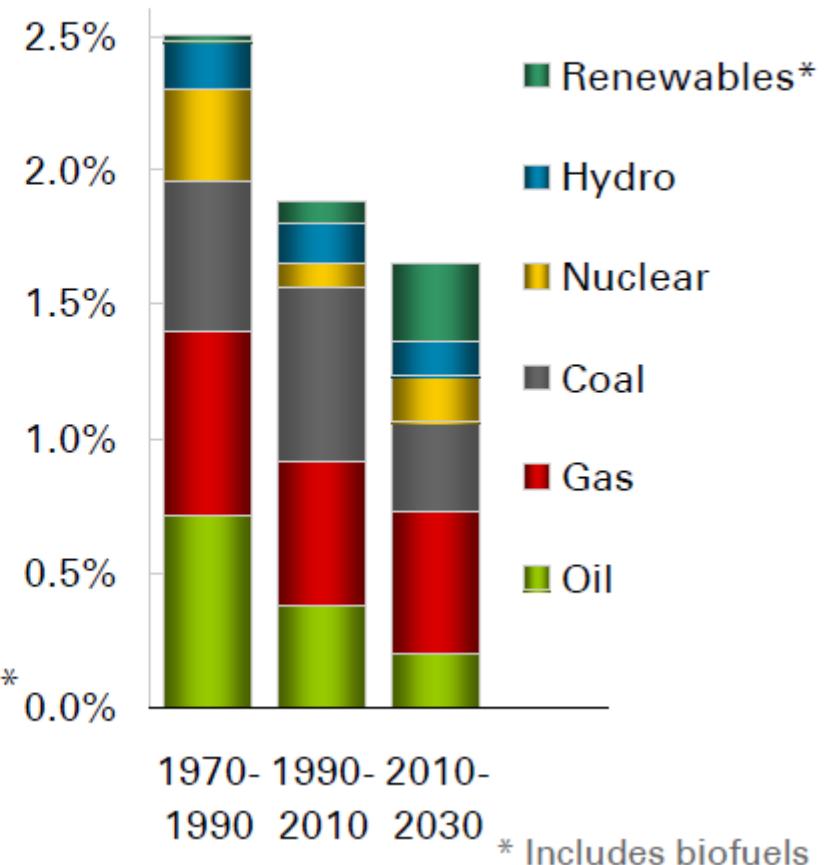
Source: EIA, International Energy Outlook 2011

Udjeli energetika u 2030.

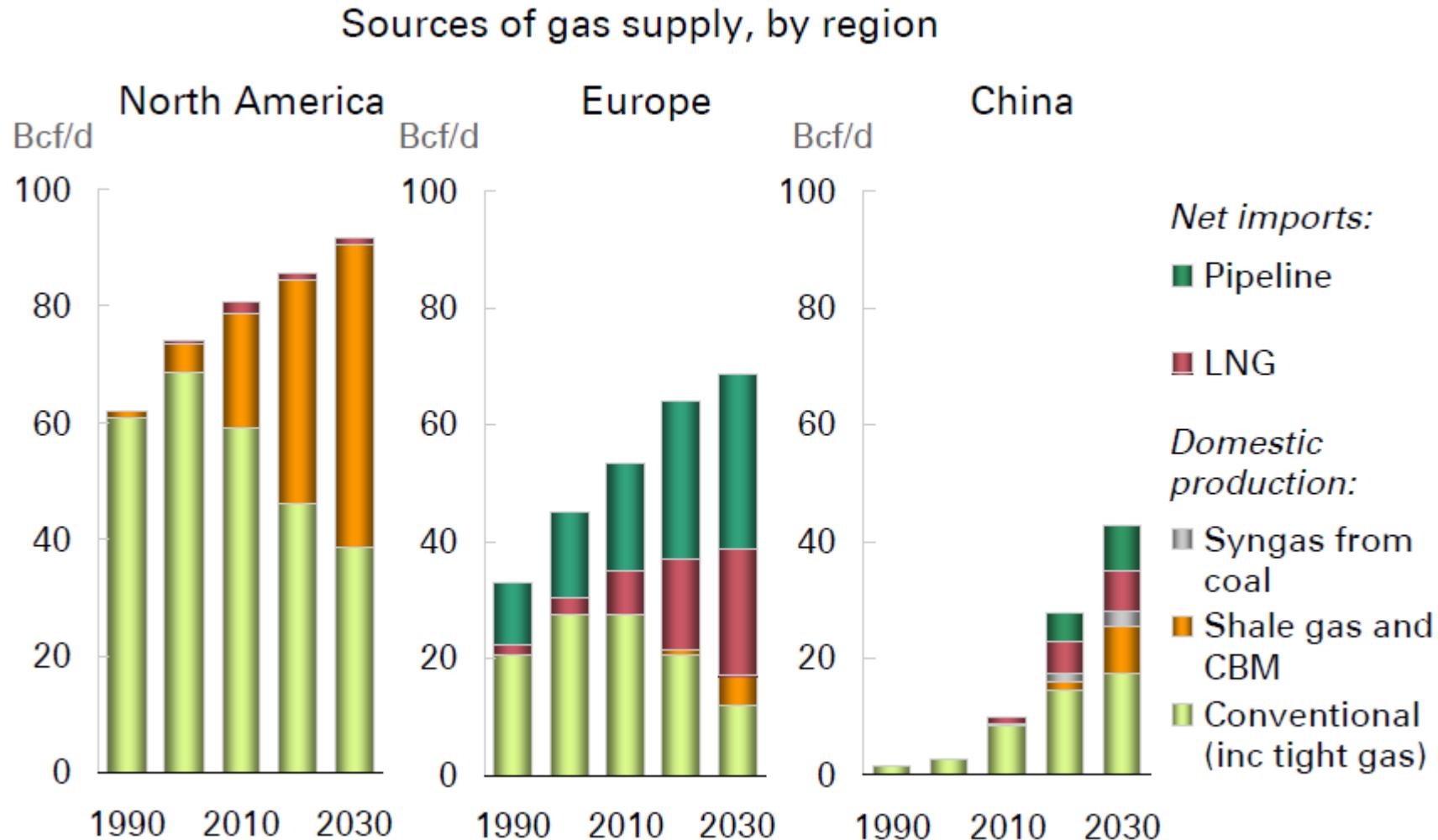
Shares of world primary energy



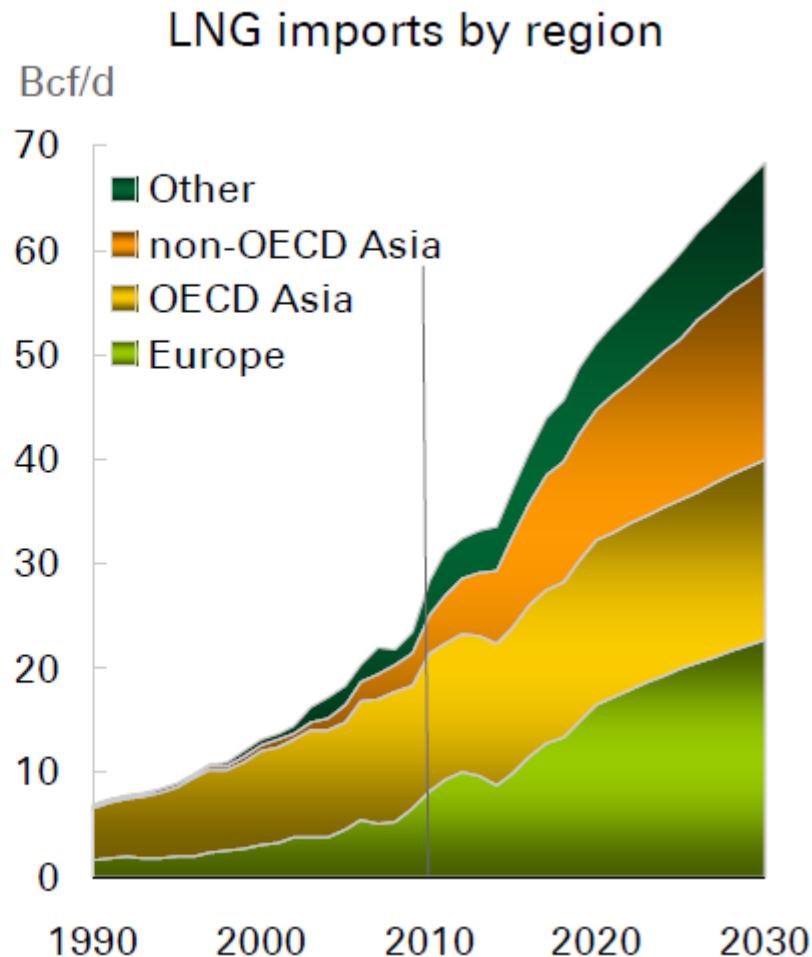
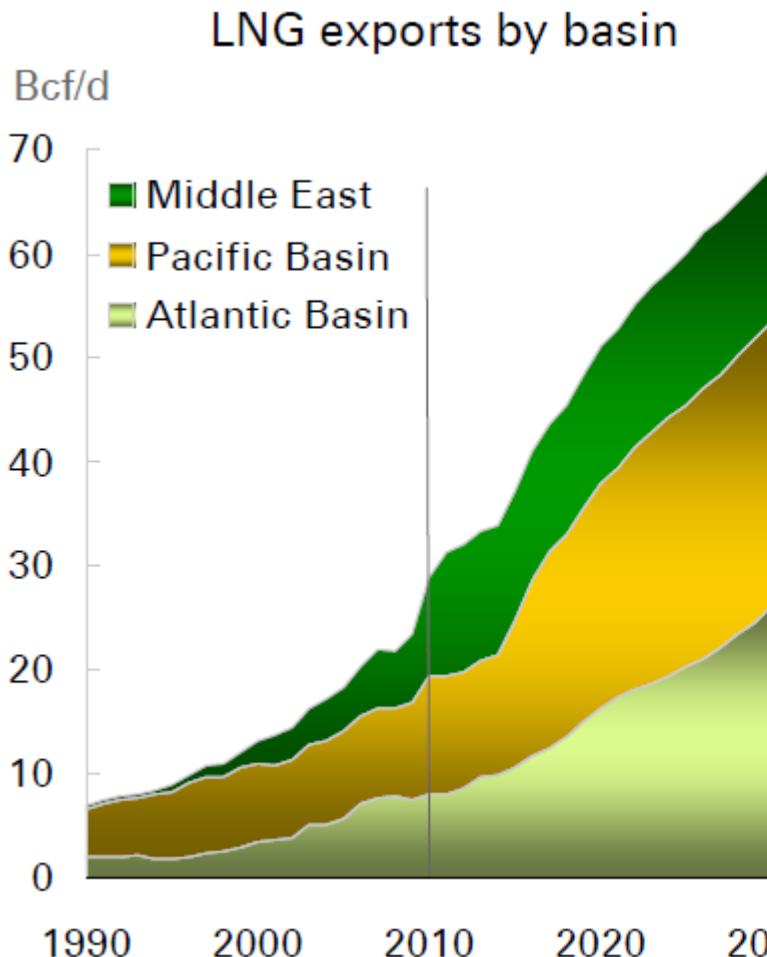
Contributions to growth



Nekonvencionalni plin će igrati sve važniju ulogu



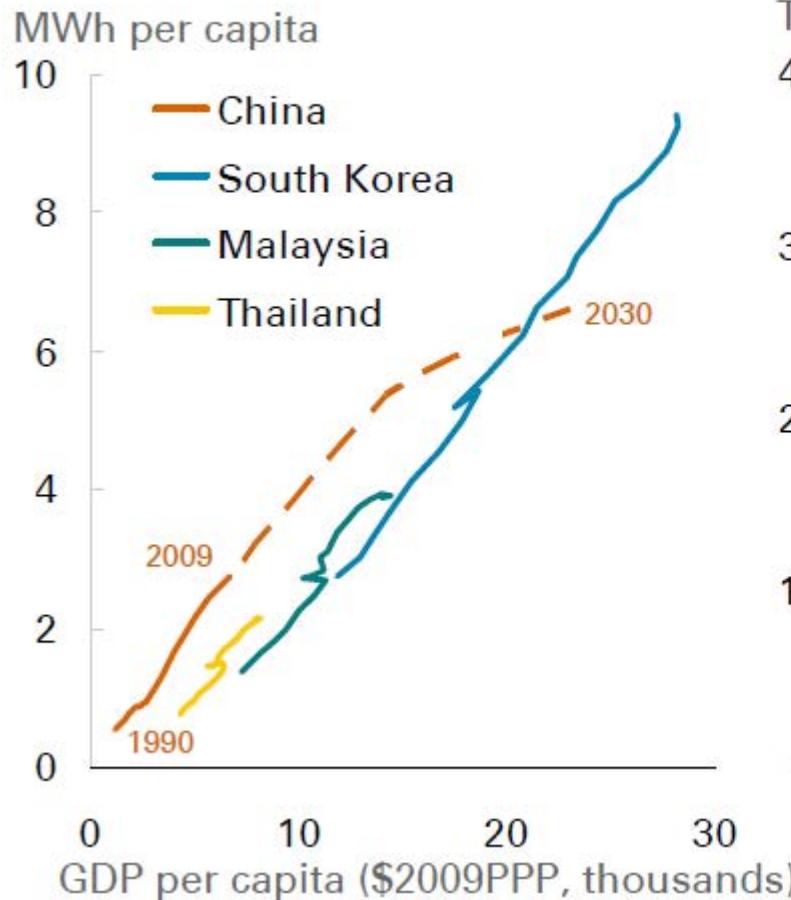
UPP (LNG) trgovina raste dvostruko brže od globalne proizvodnje



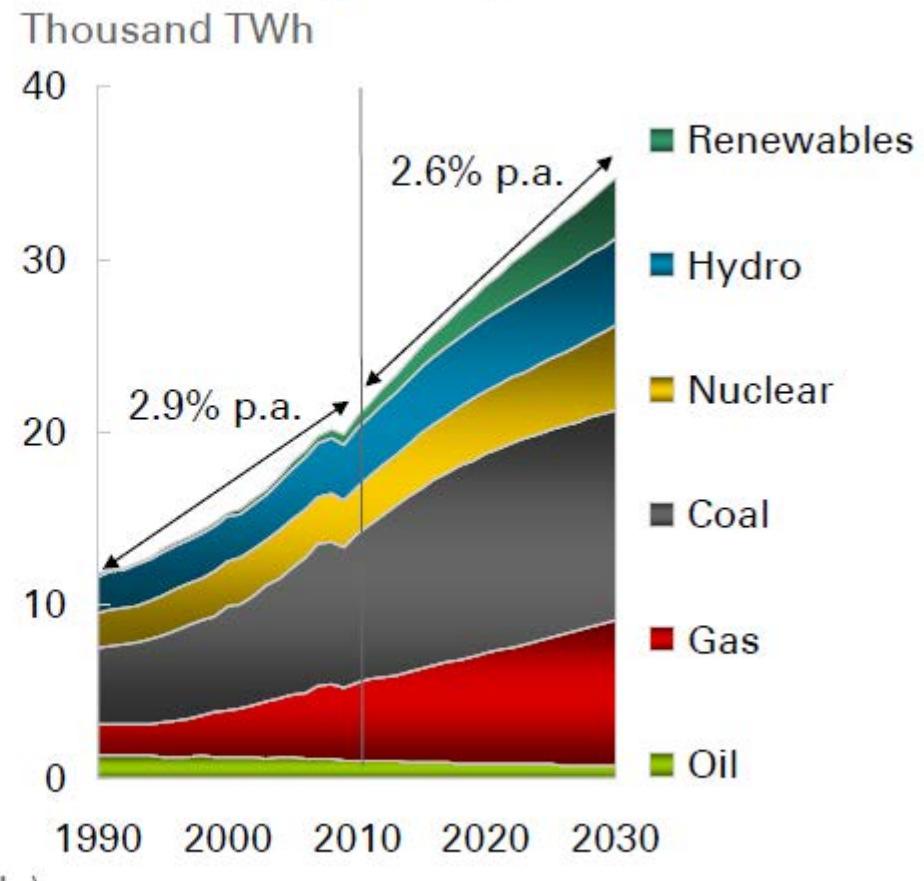
Udio LNG u globalnoj opskrbi plinom povećat će se s 9% u 2010. na 15% u 2030.

Potražnja za električnom energijom će nastaviti biti vrlo velika

Electricity and income since 1990

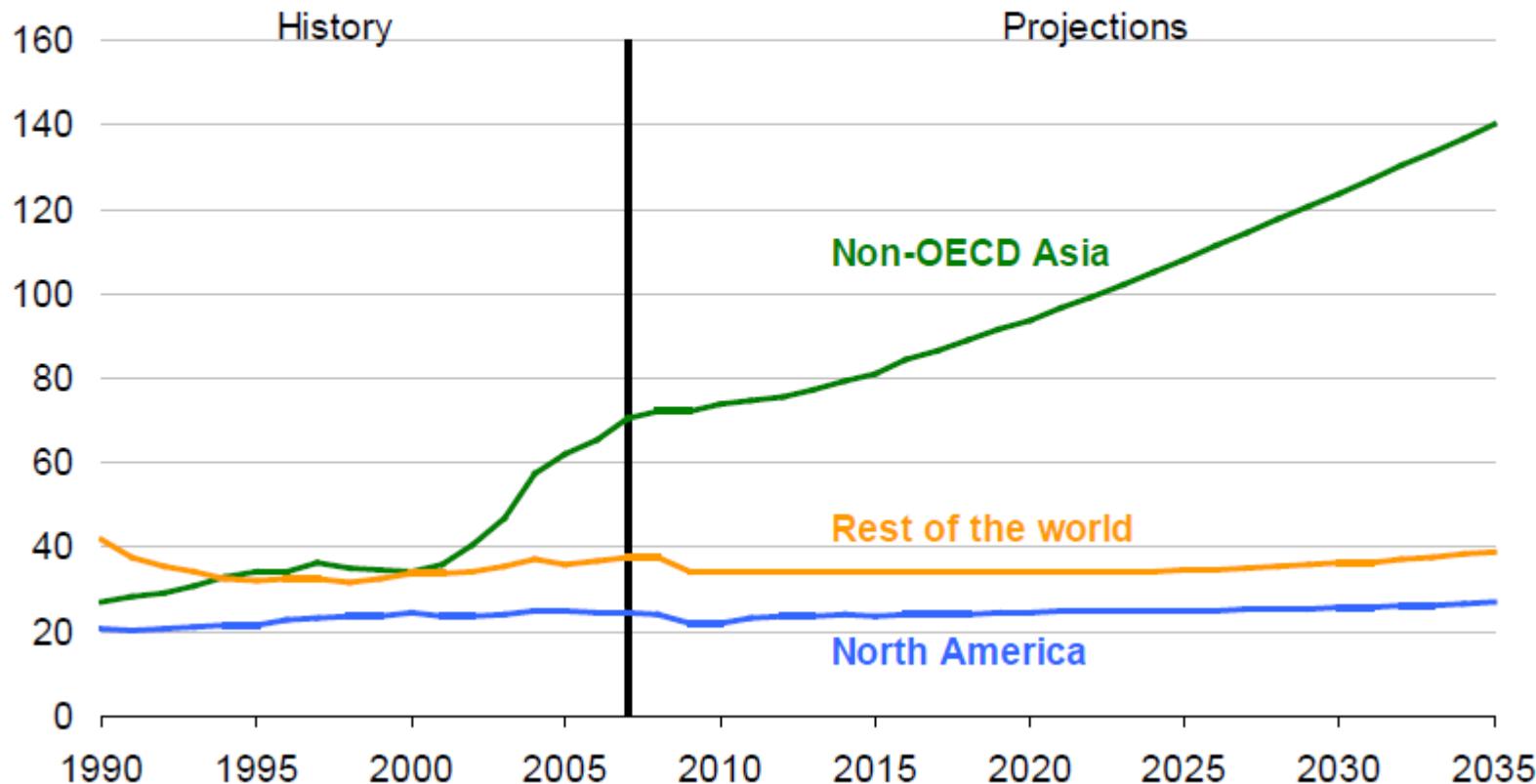


World power generation



Sav globalni porast potrošnje ugljena će se desiti u non-OECD Azijskom zemljama, posebno u Kini i Indiji

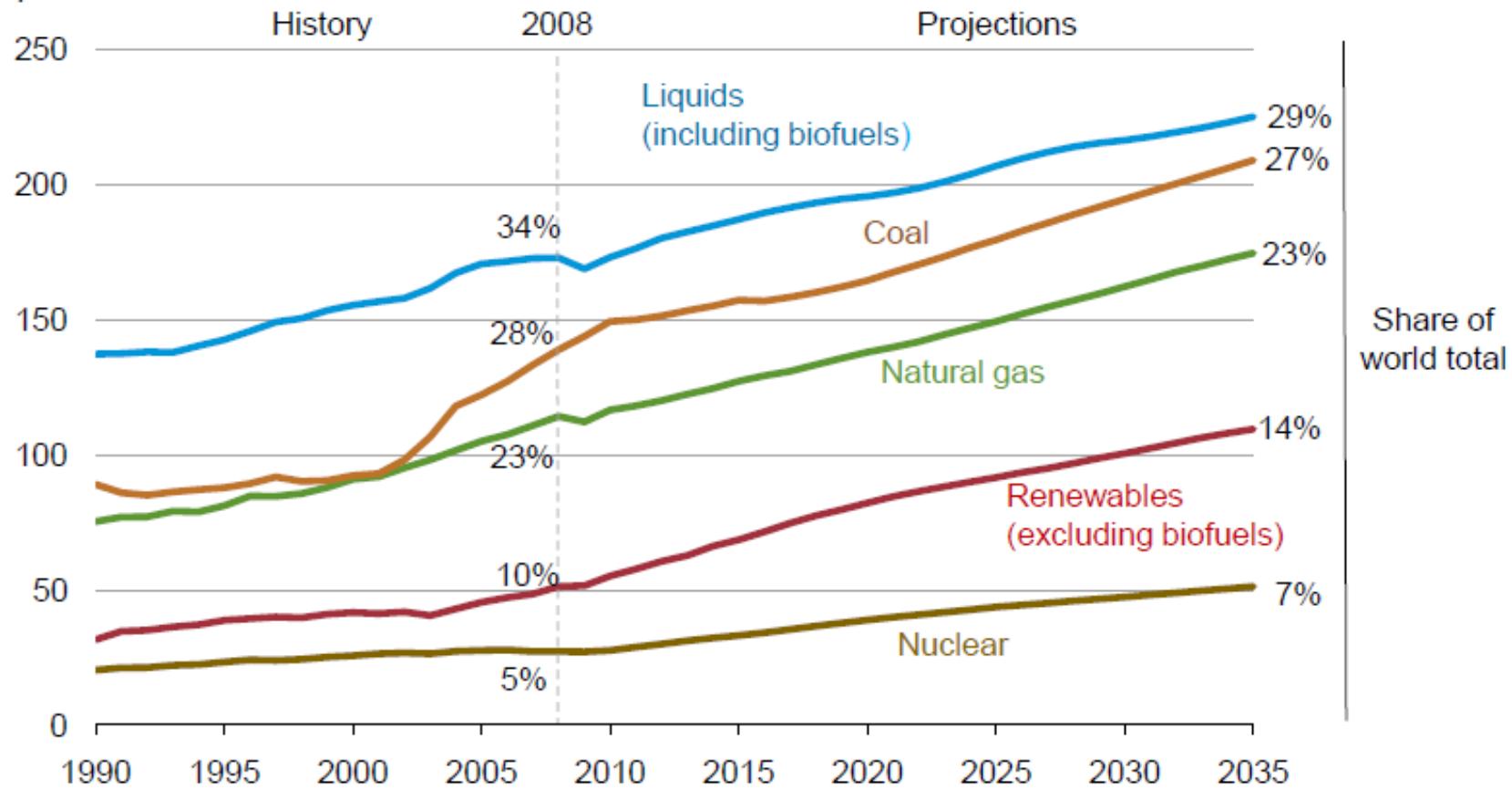
world coal consumption
quadrillion Btu



Potrošnja energije u Svijetu

Obnovljivi najbrže rastući izvor

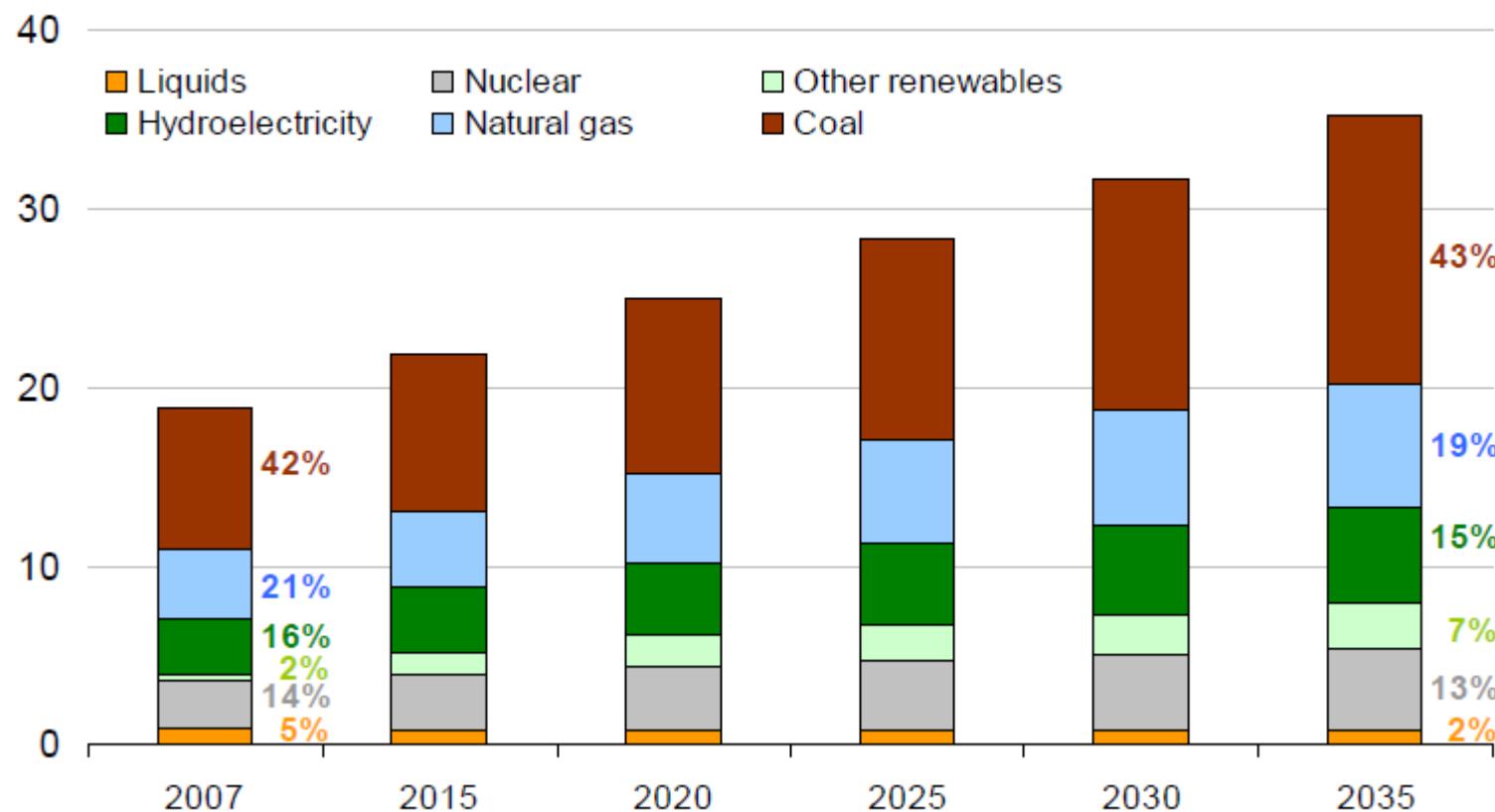
world energy consumption by fuel
quadrillion Btu



Source: EIA, International Energy Outlook 2011

Obnovljivi najbrže rastući, ali ugljen će i dalje imati najveći udio u svjetskoj proizvodnji električne energije

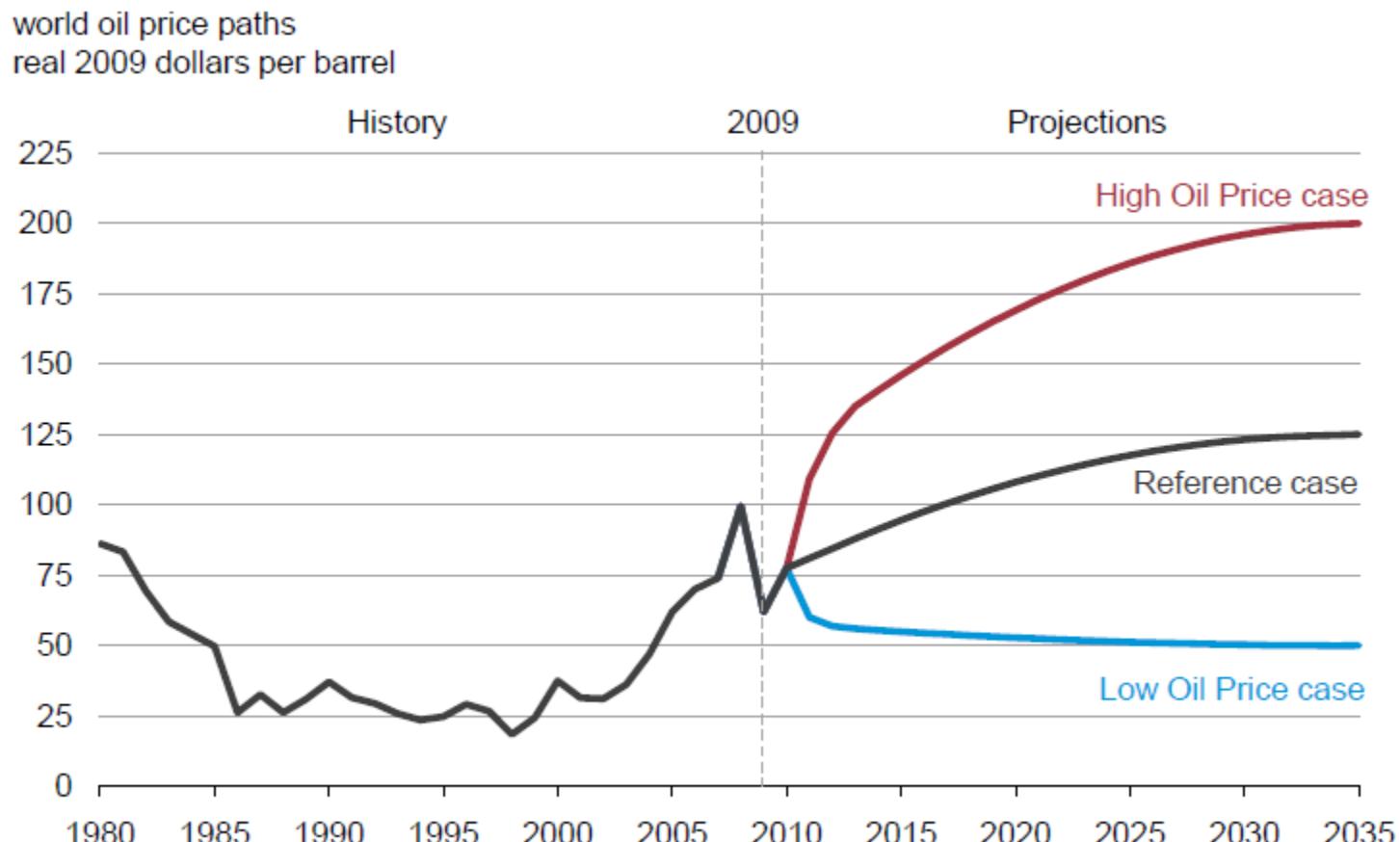
world electricity generation
trillion kilowatt hours



Zaključci

- Energetska politika je pokretana **sigurnošću i brigom za klimatske promjene** – s različitim rezultatima s obzirom na goriva i svjetske regije.
 - **OECD** potražnja za naftom je imala vrh u 2005. i do 2030. bit će otprilike na nivou **1990.**
 - Udio **OPEC** u globalnoj proizvodnji nafte će se povećati na 46% u 2030., što nije bilo od 1977.
 - **Kina** će biti najveći svjetski potrošač nafte.
 - **Nekonvencionalni plin** (iz škriljevaca i metana iz ugljenokopa) možda će doprinositi oko 40% globalnog rasta plina.
 - Trgovina **LNG** će rasti dvostruko brže od rasta proizvodnje plina.

Nesigurnost kod nafte

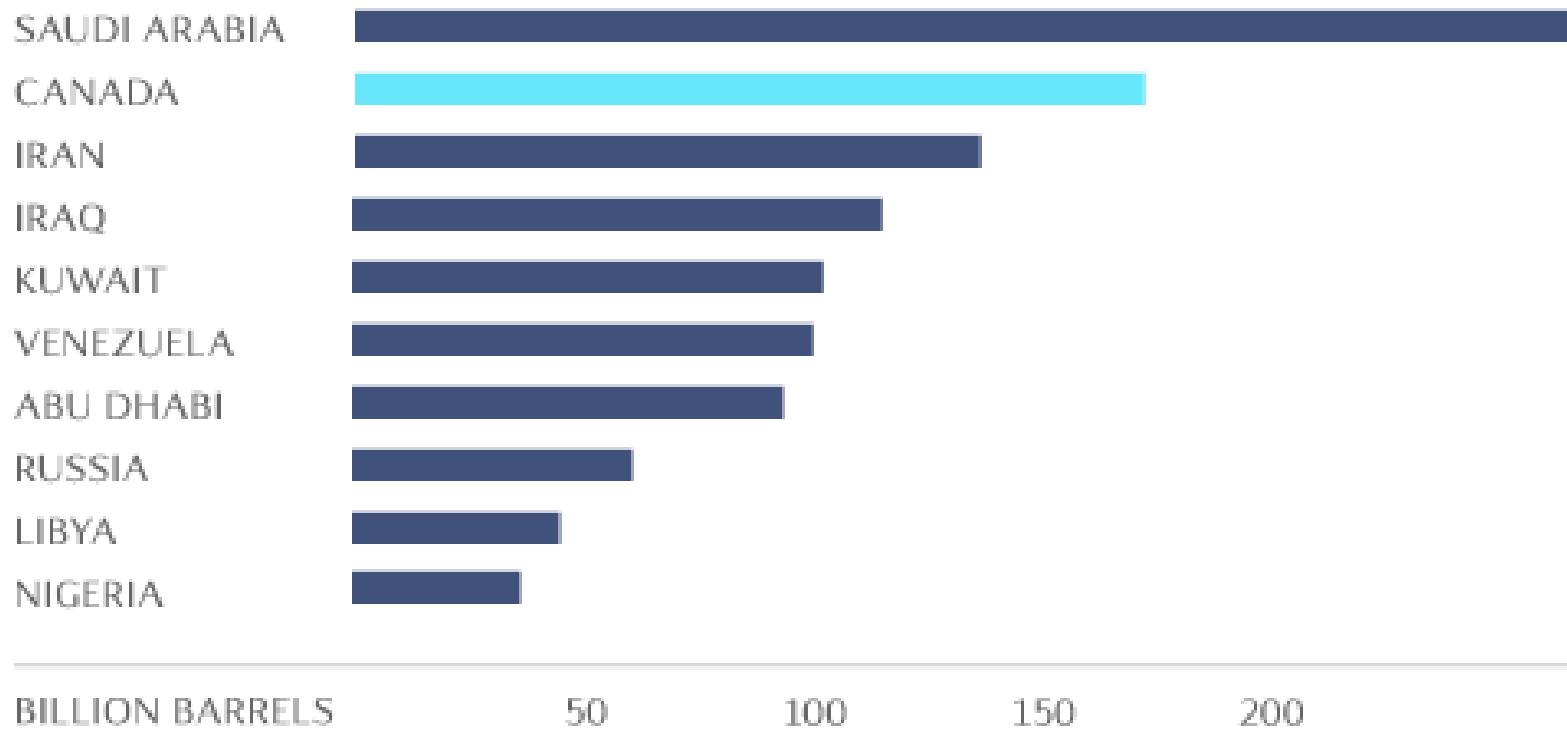


Source: EIA, International Energy Outlook 2011

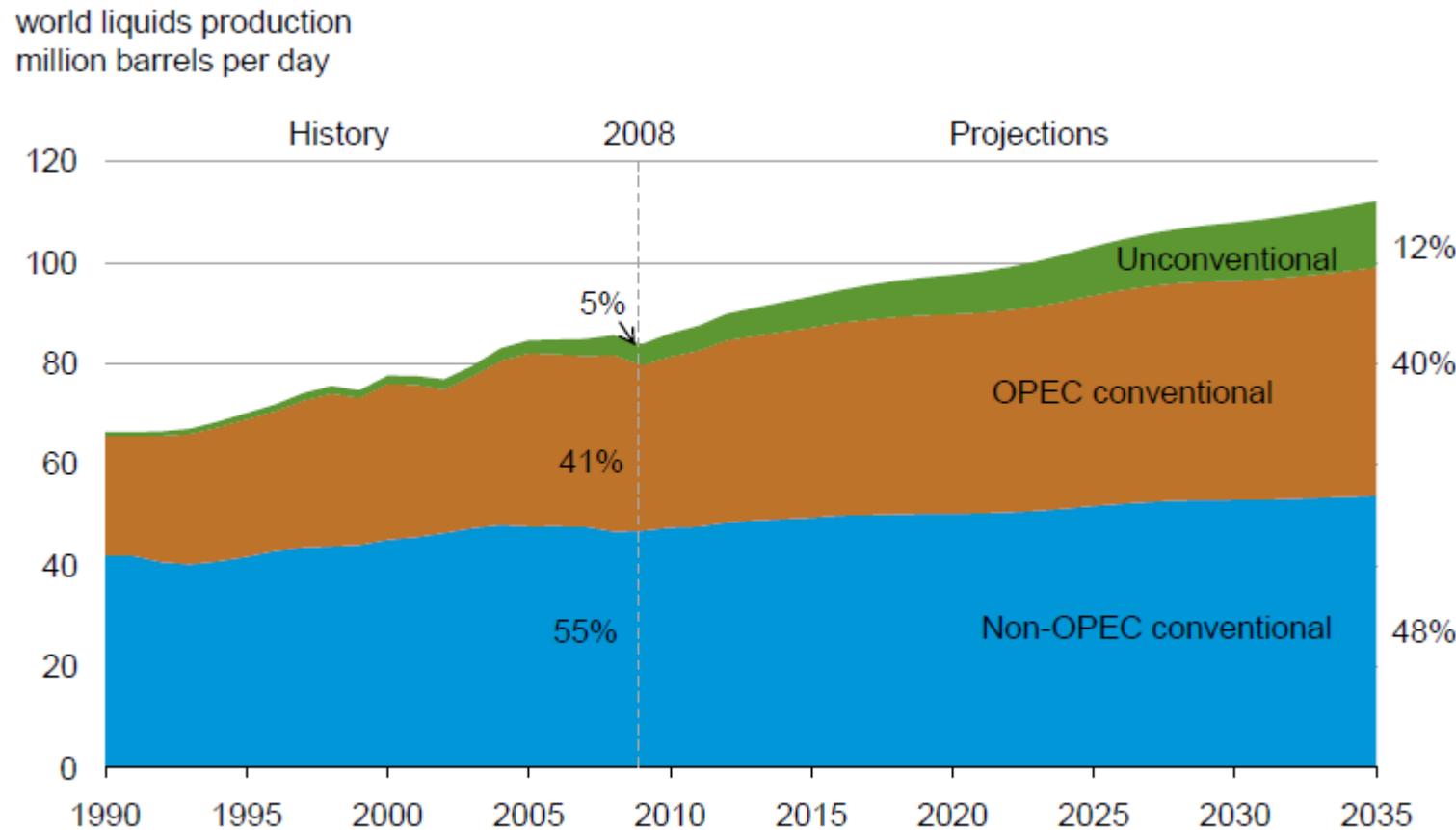
Države s najvećim rezervama nafte

World's largest oil reserves

■ CONVENTIONAL ■ OIL SANDS



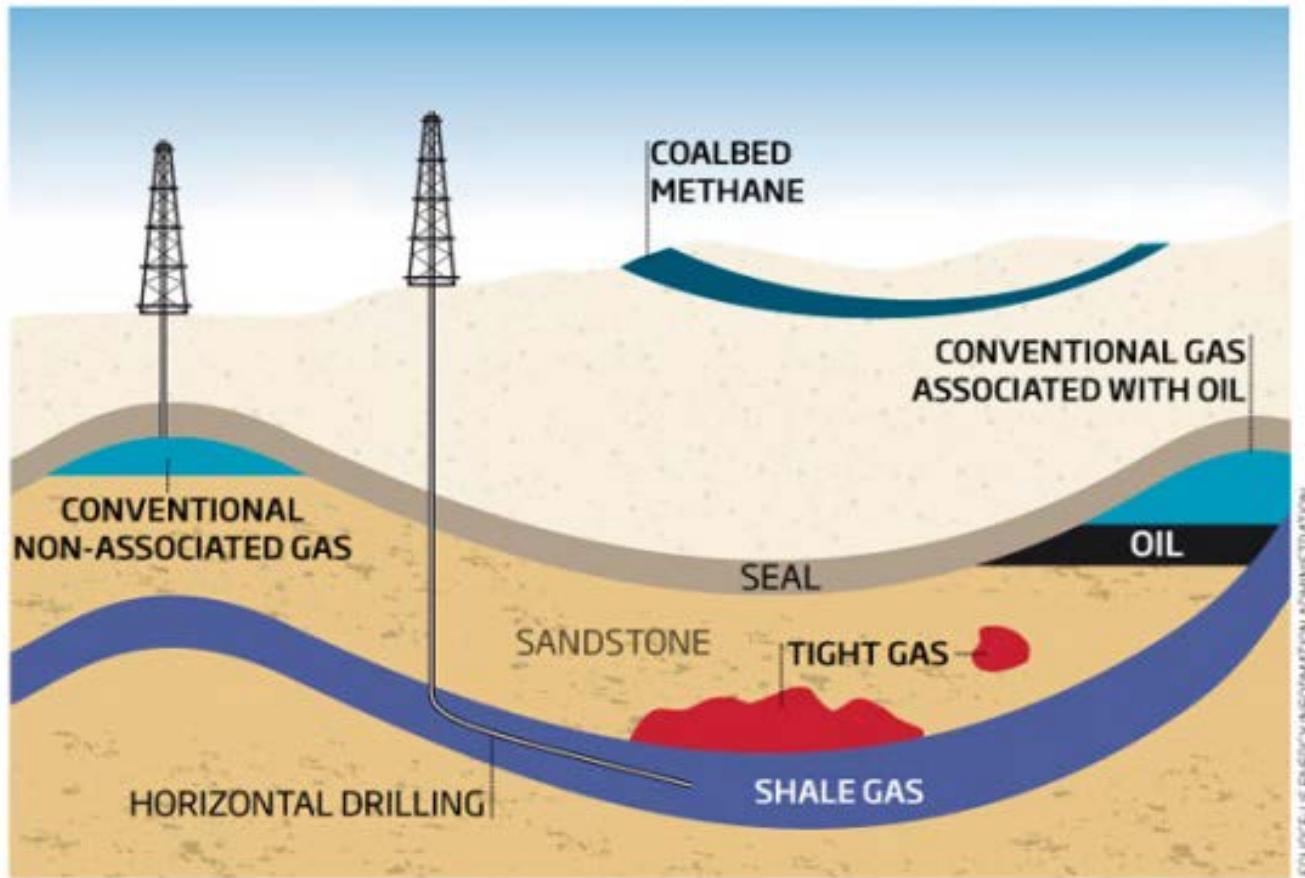
Nekonvencionalna tekuća goriva postaju sve važnija u ukupnoj opskrbi tekućim gorivima



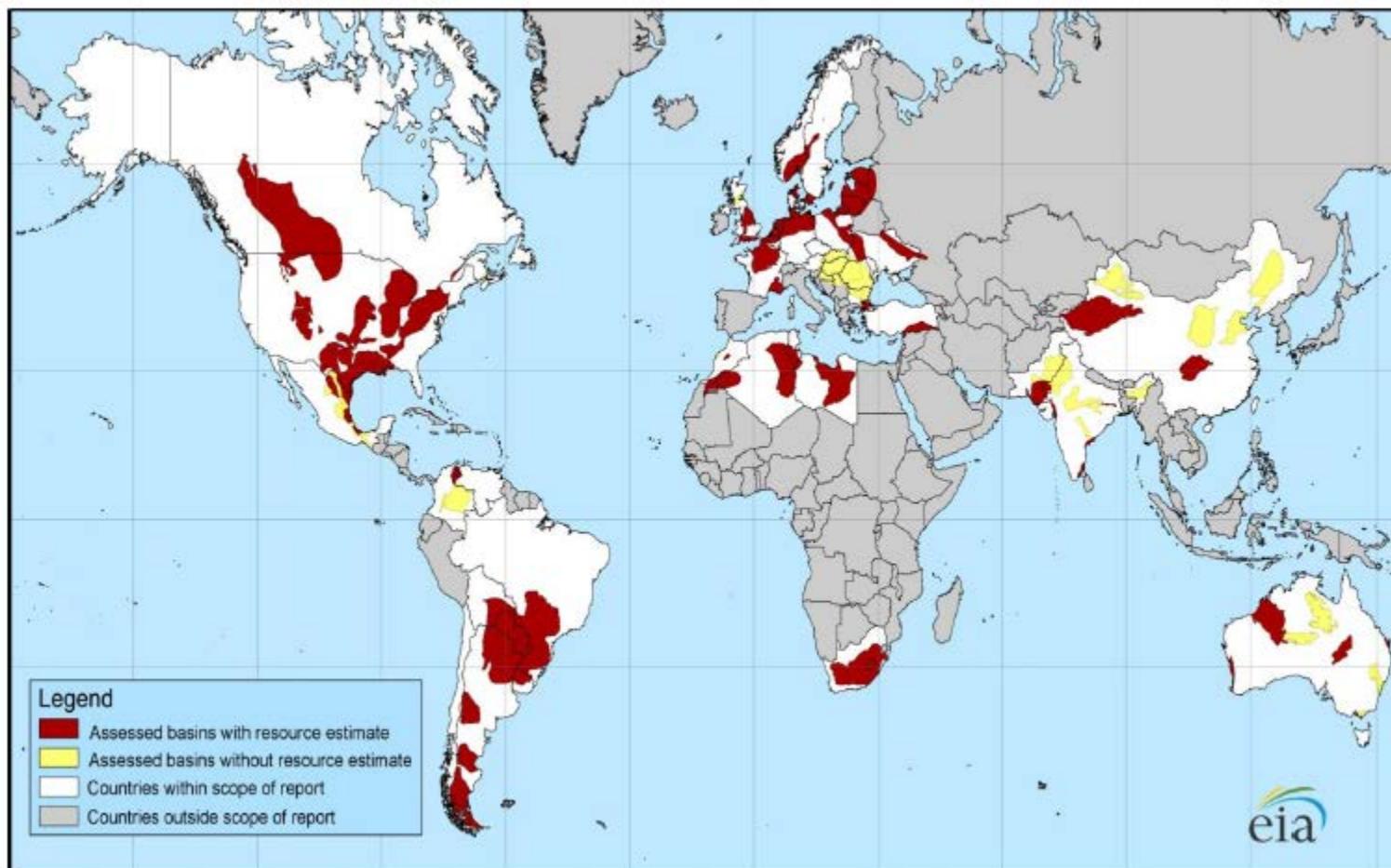
Source: EIA, International Energy Outlook 2011

Nalazišta prirodnog plina

The many reservoirs of natural gas



Inicijalna procjena plina u škriljevcima u 48 glavnih bazena u 32 zemlje pokazuje veliki potencijal

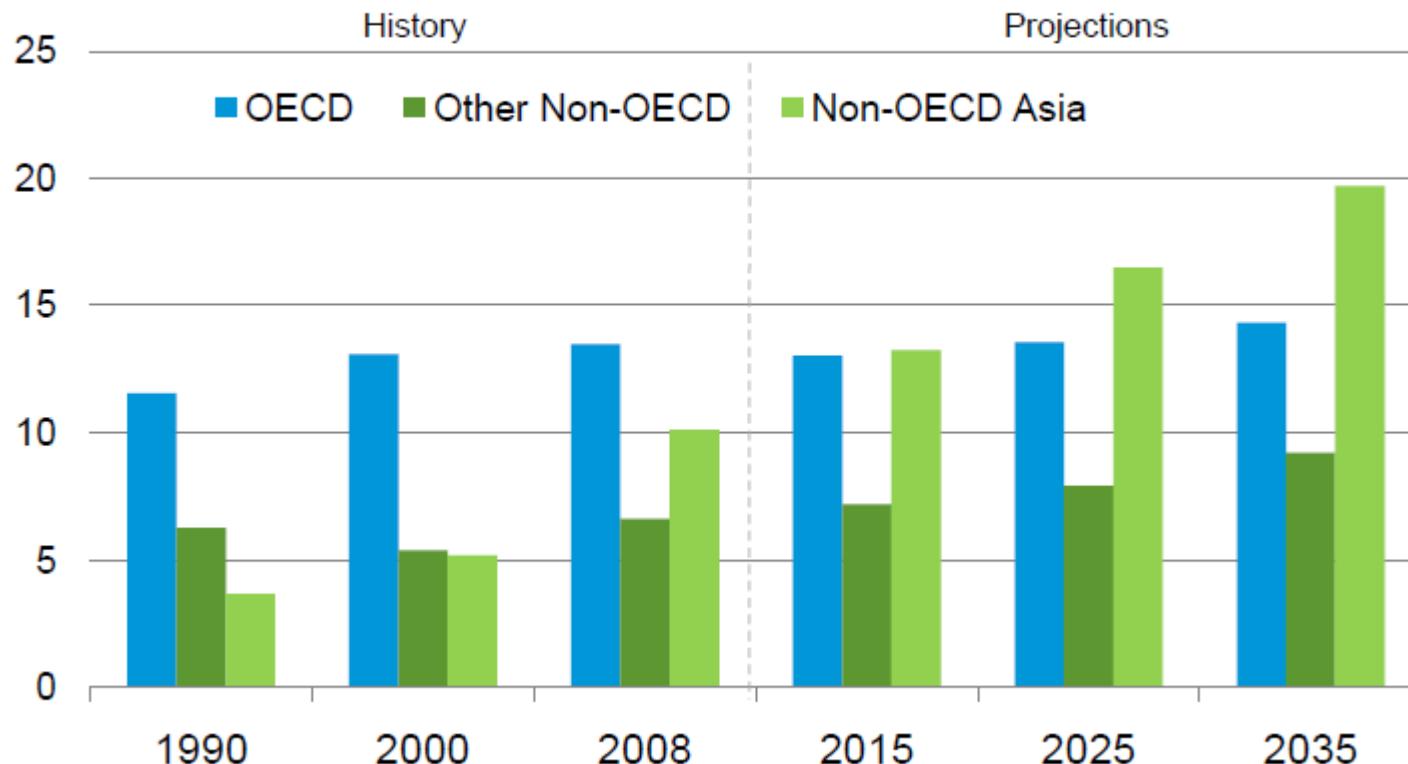


Električna energija

- Povijesno postoji stroga korelacija između prihoda i potrošnje električne energije
- Odnos globalnog porasta potrošnje električne energije prema rastu BDP-a bi trebao pasti na **0,7** u periodu 2010-2030 prema **0,9** (1990-2010).
- To znači da industrijalizirane ne-OECD ekonomije brzo miču **prema manje električno intenzivnom smjeru**.

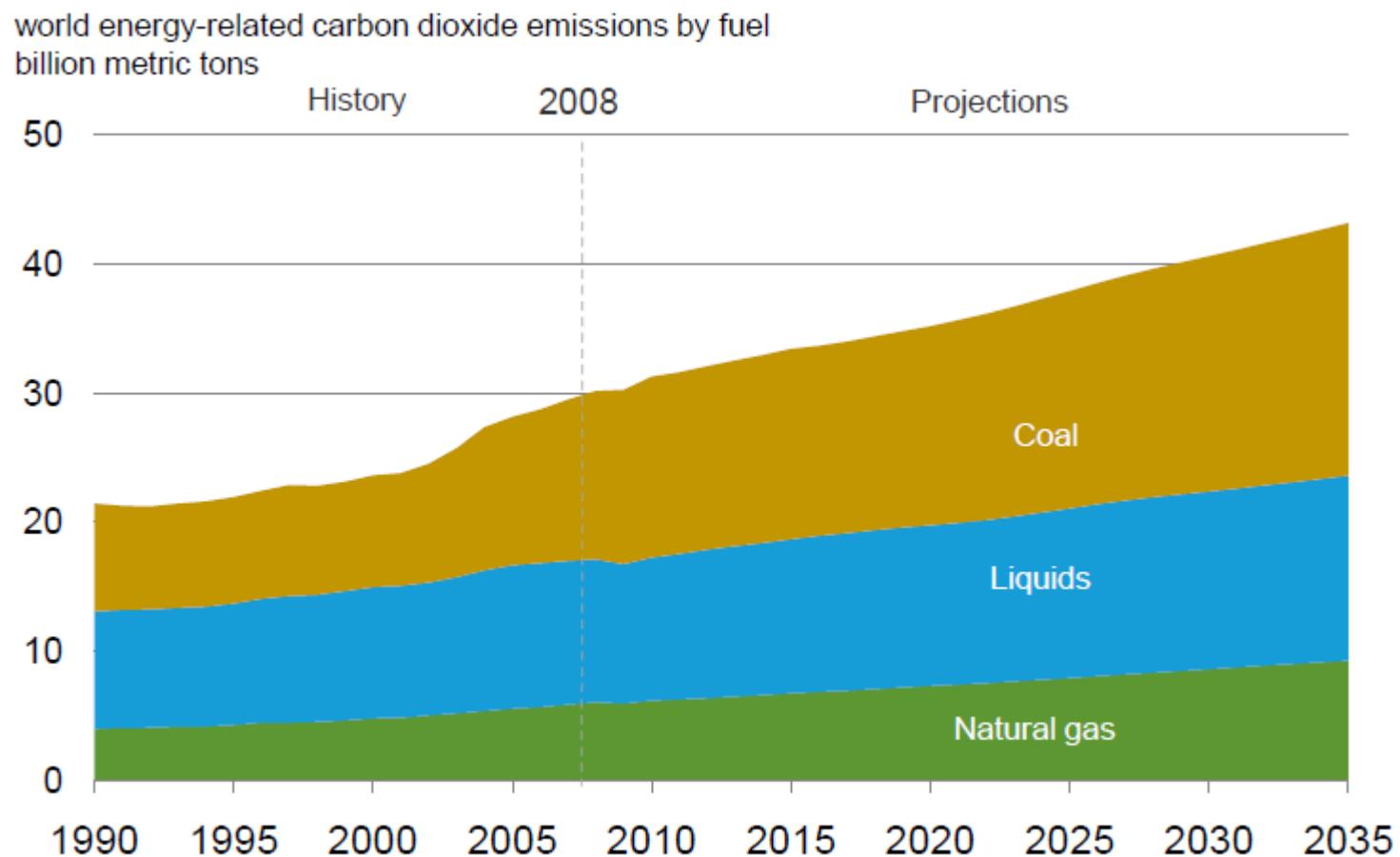
Ne-OECD Azija čini skoro 75% svjetskog povećanja emisije CO₂ iz energetike

world energy-related carbon dioxide emissions
billion metric tons



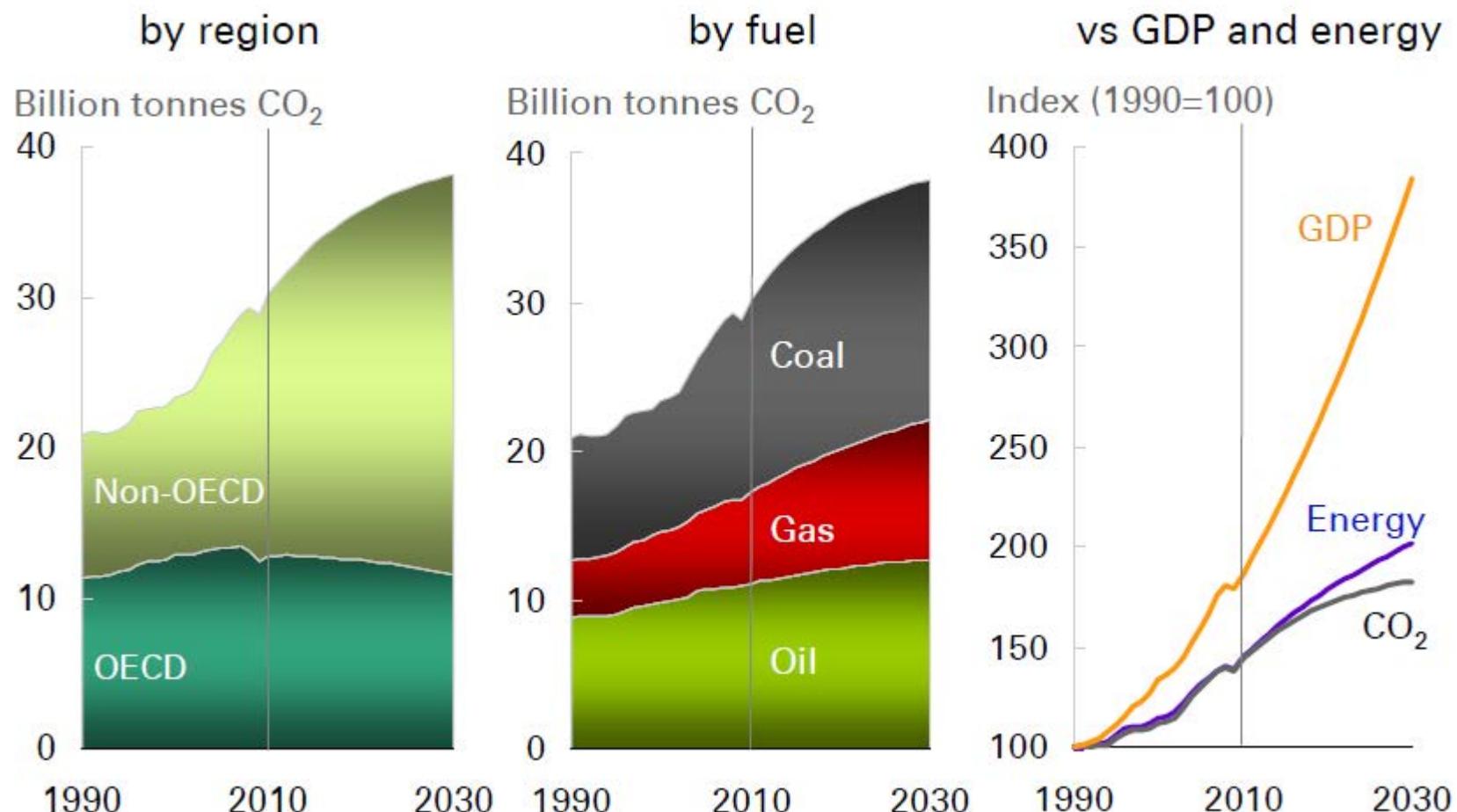
Source: EIA, International Energy Outlook 2011

Ugljen će i dalje imati najveći udio u emisiji CO₂



Source: EIA, International Energy Outlook 2011

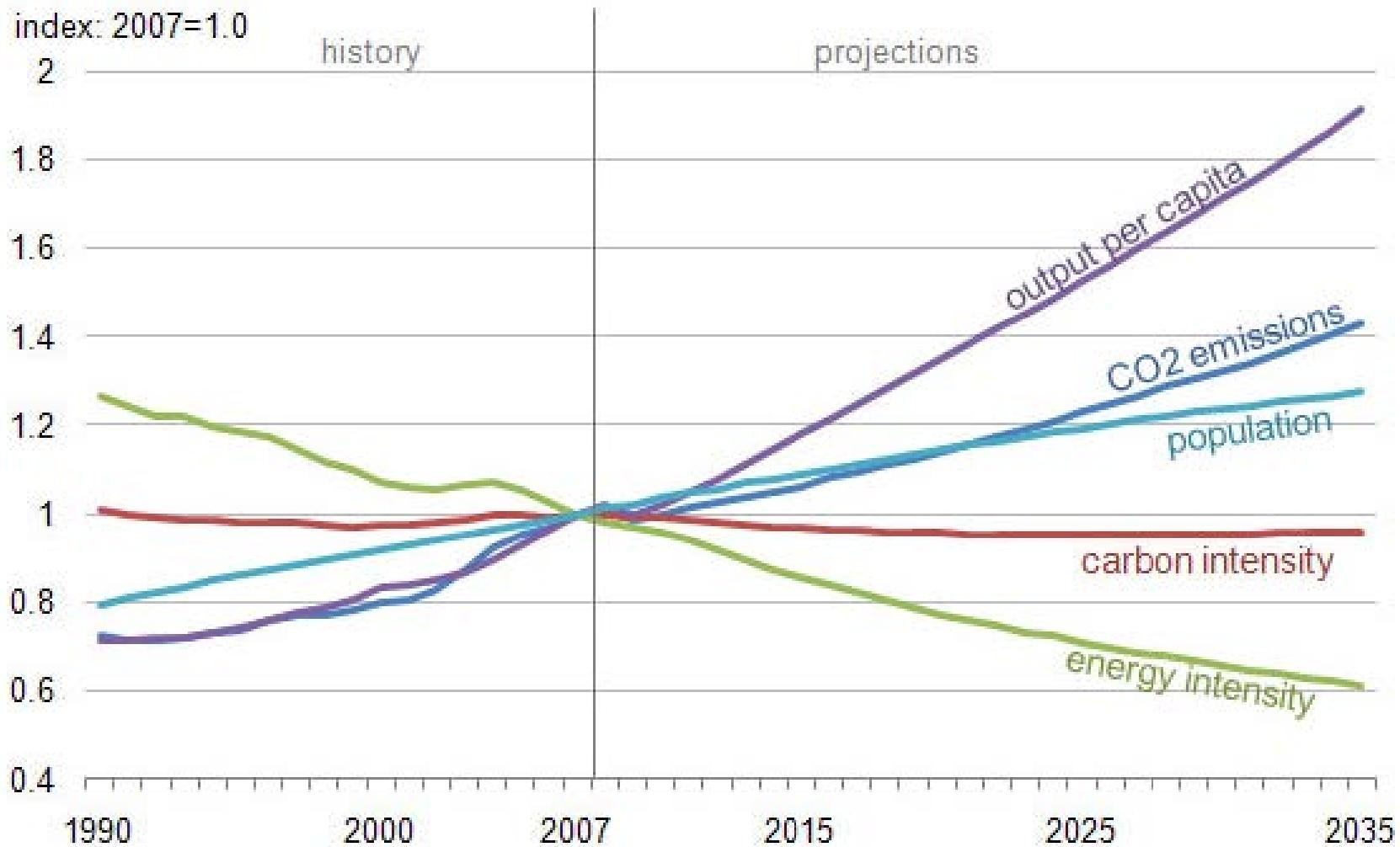
Globalna emisija CO₂ iz energetike



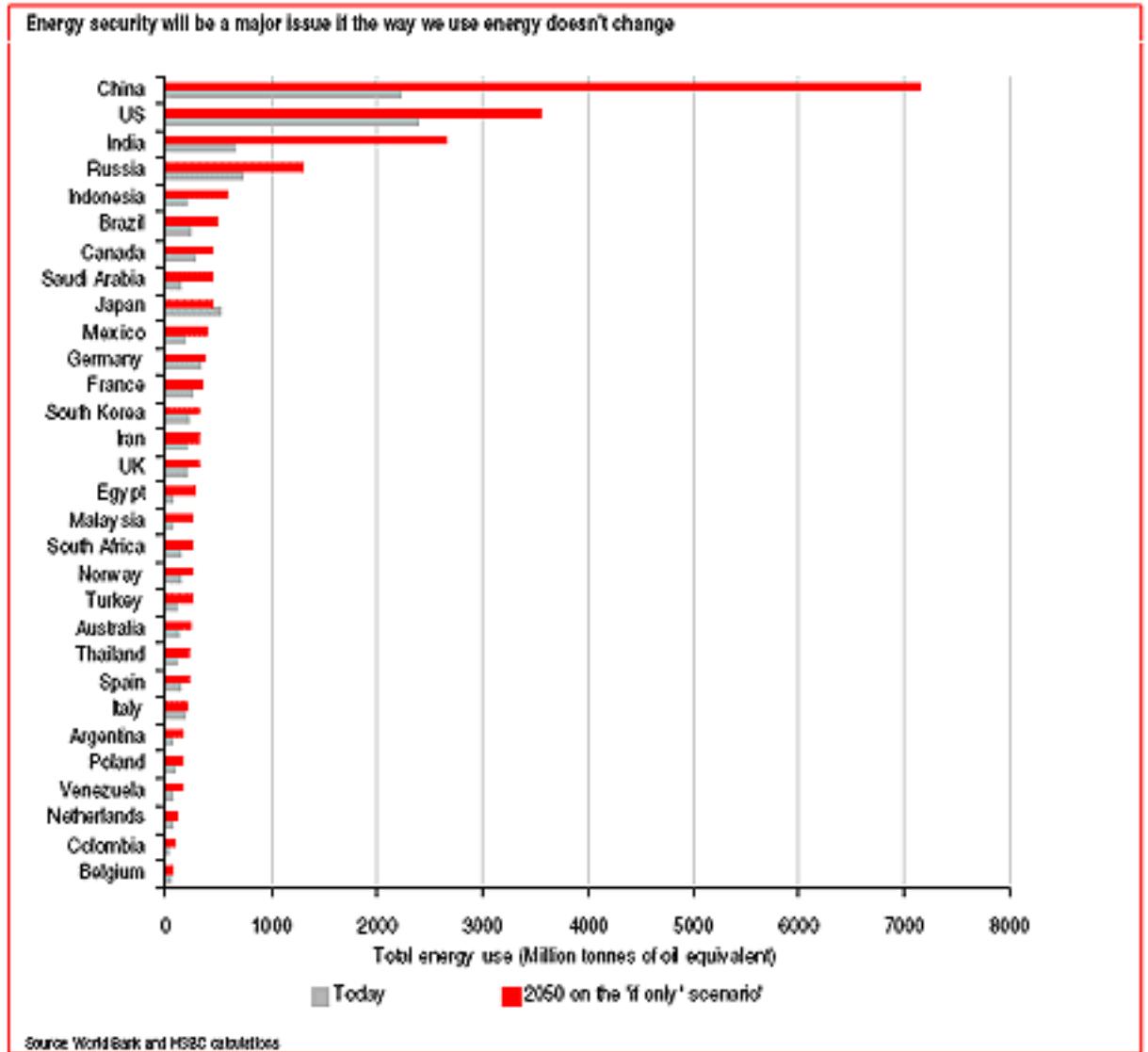
Energija i emisija CO₂

- **Energetske politike i nove tehnologije** vode k smanjenju porasta emisija CO₂ iz energetike – ali ne dovoljno da stavi svijet na sigurnu trajektoriju ugljika
 - Globalni porast emisije se smanjio sa 1,9% u 1990-2010. na 1,2 za 2010-30
 - Emisije u OECD će biti smanjene u 2030. prema 2010. ali taj pad je premašen **rastom u ne-OECD državama**
 - **Globalno najveća mogućnost smanjenja emisija je u proizvodnji električne energije**

Udio 4 faktora na svjetsku emisiju CO₂



Energy in 2050



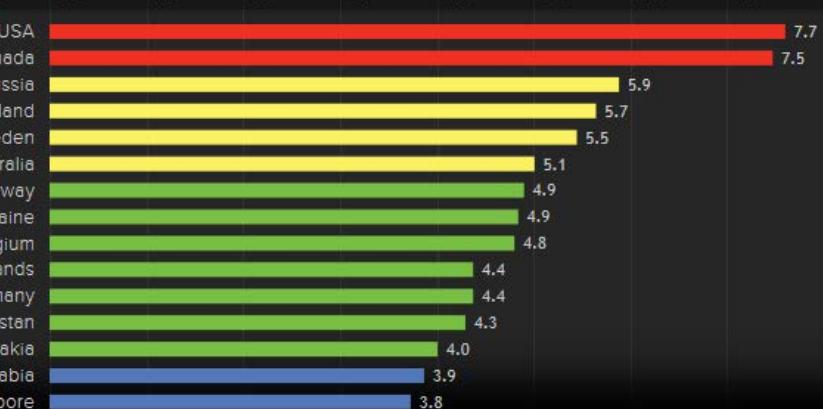
PER CAPITA ENERGY CONSUMPTION

Sort by

CONSUMPTION

COUNTRY

Tonnes of Oil Equivalent



1990

1995

2000

2005

2010

2015



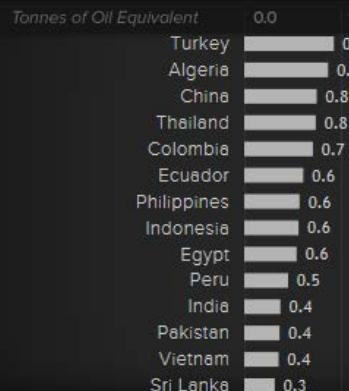
Potrošnja
energije po
stanovniku
1990.

PER CAPITA ENERGY CONSUMPTION

Sort by

CONSUMPTION

COUNTRY



1990

1995

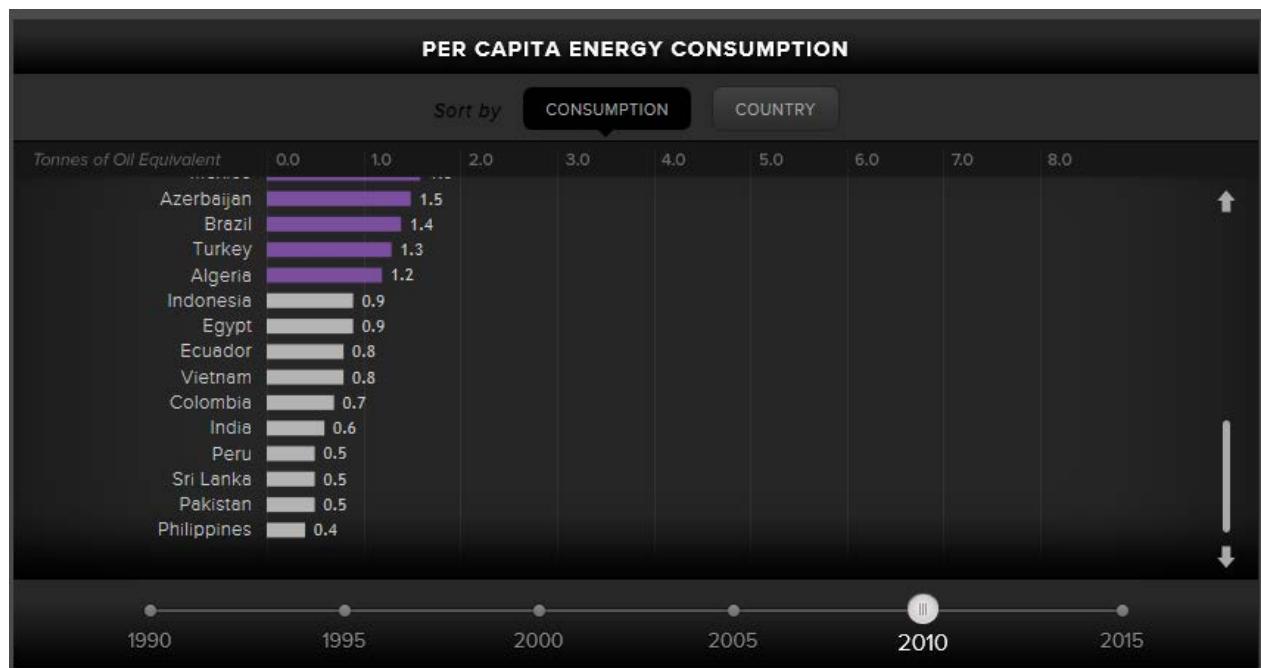
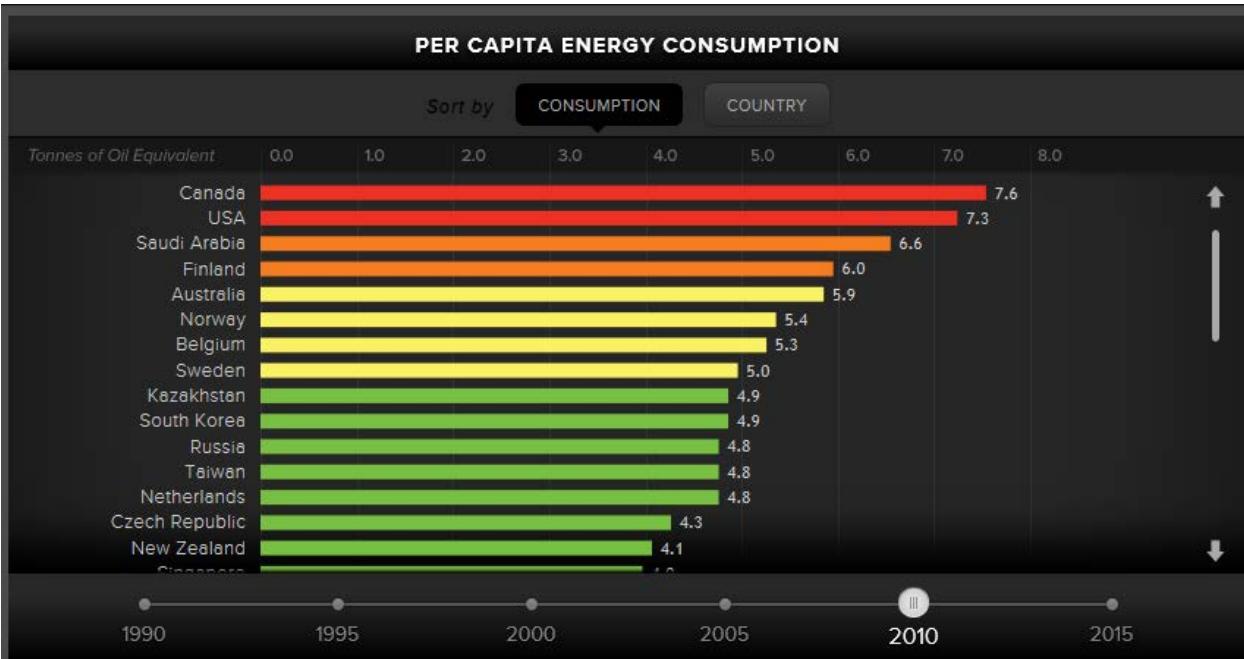
2000

2005

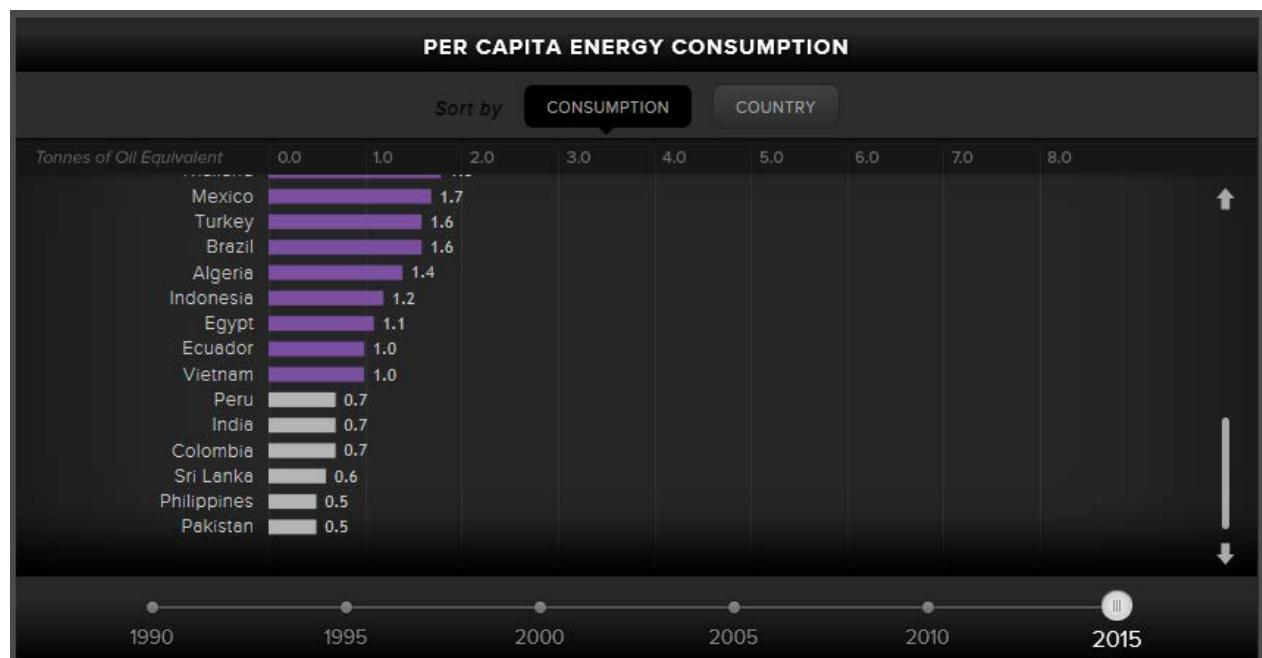
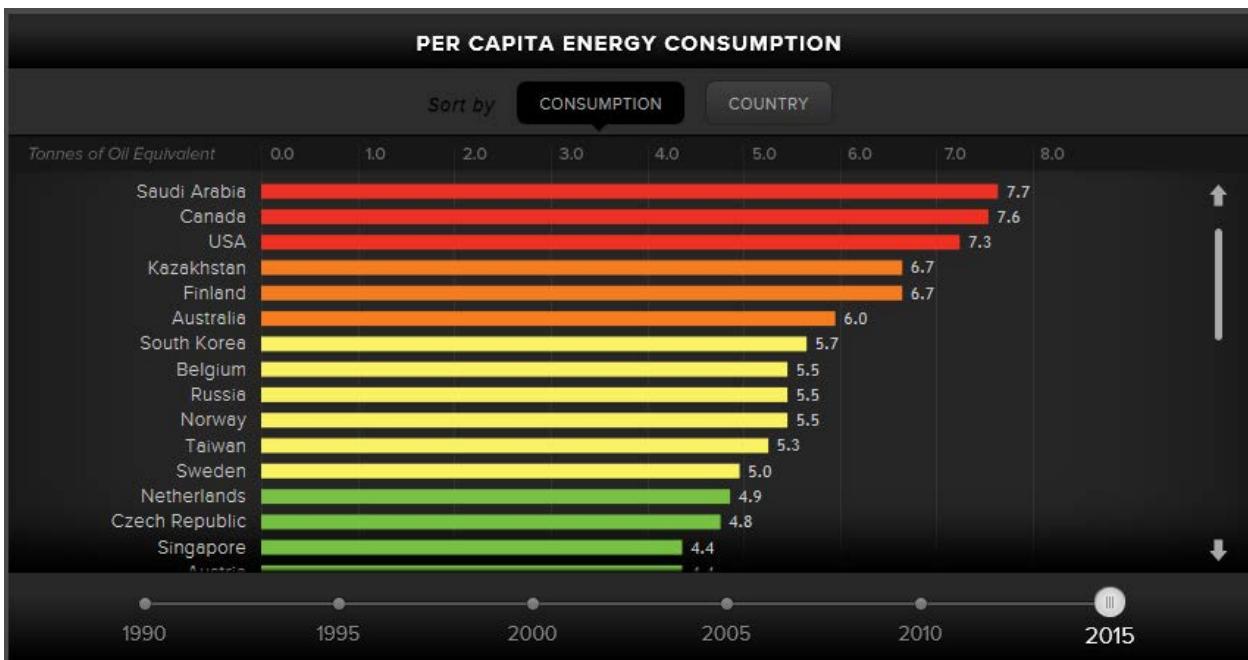
2010

2015

Potrošnja energije po stanovniku 2010.



Potrošnja energije po stanovniku 2015.

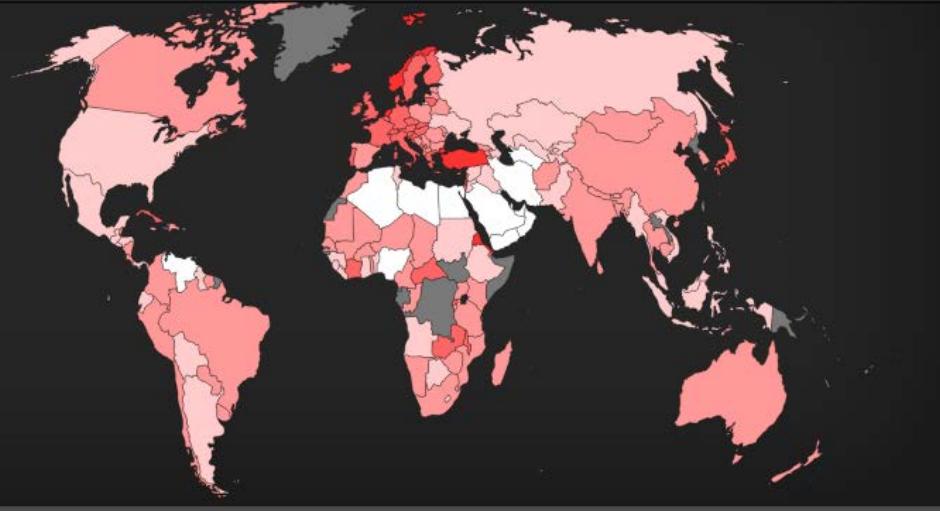


GASOLINE PUMP PRICE AND MOTOR VEHICLES PER 1,000 PEOPLE

Gasoline Price Motor Vehicles

Gasoline
Price per
Gallon
\$ U.S.

- 10.00+
- 8–9.99
- 6–7.99
- 4–5.99
- 2–3.99
- 0–1.99
- No Data



Cijene
benzina
2010.
god.

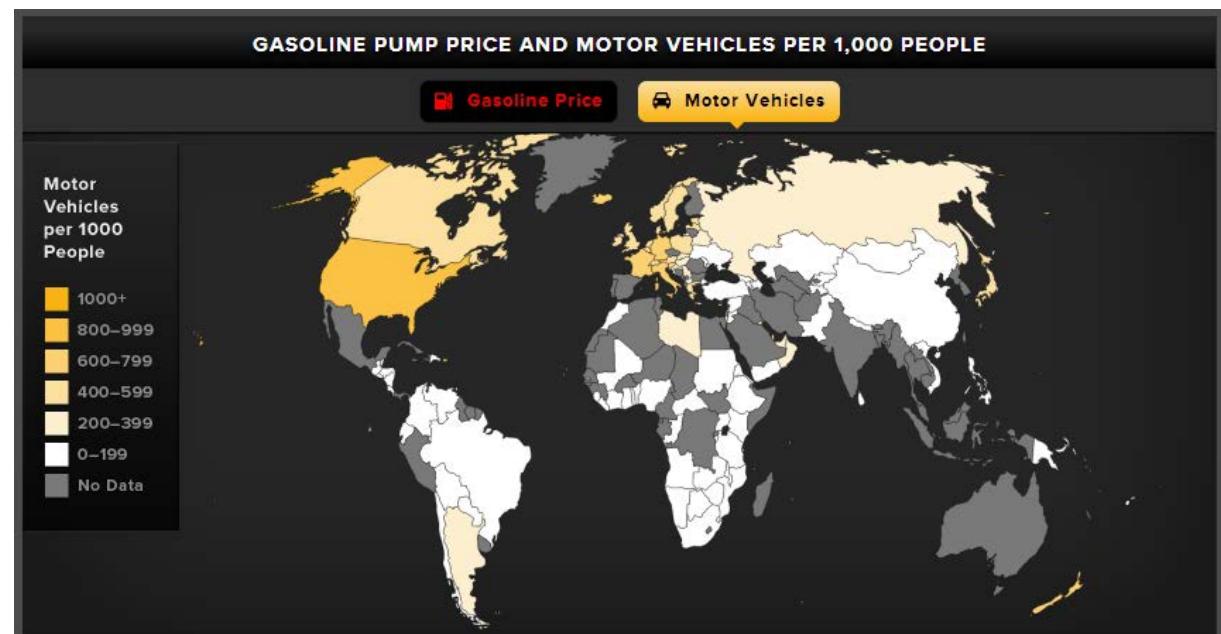
Broj
automobila
na 1000
stanovnika
2010. god.

GASOLINE PUMP PRICE AND MOTOR VEHICLES PER 1,000 PEOPLE

Gasoline Price Motor Vehicles

Motor
Vehicles
per 1,000
People

- 1000+
- 800–999
- 600–799
- 400–599
- 200–399
- 0–199
- No Data



GLOBALNI ENERGETSKI TRENDJOVI

Zaključci

DANAŠNJA ENERGETIKA

- Neke karakteristike:
 - Globalna
 - Tržišna
 - **Geostrateška važnost – energetska sigurnost**
 - **Uska veza s ekologijom (pogotovo globalnom – klimatske promjene)**
 - Međunarodni projekti
 - Energetsko siromaštvo/bogatstvo
 - Financijski intenzivna

Predmet

“Energetika, okoliš i održivi razvoj“

EOOR

Prof.dr.sc. Željko Tomšić

PREDAVANJE:

**ONEČIŠĆENJE ZRAKA
UTJECAJ ELEKTROENERGETSKIH
POSTROJENJA NA OKOLIŠ**

**Emisije u zrak iz TE i mogućnosti
smanjenja emisija**

Onečišćenje zraka

Onečišćenje zraka

- Prema Svjetskoj zdravstvenoj organizaciji, oko **2 milijuna ljudi umire prerano** od utjecaja zagađenog zraka svake godine.
- **Onečišćenje zraka je veliki problem**, i ne samo za ljudе koji žive u smogу u gradovima
- **Globalno zagrijavanje i oštećenje ozonskog omotačа**, ima potencijal da utječu na sve nas.
- **Zagađenje zraka** je očito kada npr. izlazi iz dimnjaka, ali to nije uvijek tako lako uočiti.

Što je zagađenje zraka?

- Zrak nam omogućuje život na planeti kroz disanje.
- **Onečišćenje zraka** je kada je neki plin (ili tekućina) u **dovoljno velikim količinama u zraku** da štetiti zdravlju ljudi ili životinja, biljkama, šteti ili poremetiti neki drugi aspekt okoliša, ili uzrokuje neke druge vrste neprilika (smanjene vidljivosti, ili neugodan miris).
- **Količina** (ili koncentracija) kemikalija u zraku čini razliku između "**bezopasnog**" i "**zagađenja**".
- **Ugljični dioksid** (CO_2), na primjer, je prisutan u zraku oko nas ali **tipične koncentracije su male** od 0,05 % i **udisanje u pravilu ne čini štetu** (iako ga dišemo tijekom cijelog dana), ali ako je u zraku **iznimno visoka koncentracija ugljičnog dioksida** (npr. 5-10 posto) on je otrovan i može usmrtiti u nekoliko minuta.

Prirodna onečišćenja zraka

- Kada pomislimo na onečišćenja, imamo tendenciju da mislimo da je to **problem koji uzrokuju samo ljudi** kroz neznanje ili glupost i to je istina, međutim,
- Važno je zapamtiti da su neke vrste **onečišćenja** zraka posljedica **prirodnih događaja**.
- **Šumski požari, erupcije vulkana**, te plinovi iz radioaktivnog raspada stijena unutar Zemlje su samo tri primjera prirodnih onečišćenja zraka koje može imati strašne posljedice na ljude i planet.



Prirodna onečišćenja zraka

- **Šumski požar** može proizvesti ogromne količine dima koje struje nose daleko.
- **Divovske vulkanske erupcije** mogu izbaciti toliko prašine u atmosferu da dođe do blokiranja značajnih količina sunčeve svjetlosti i uzrokuje da se cijeli planet ohladi na godinu dana ili više.
- Sve ovo su primjeri ozbiljnih **zagađenja zraka** **koje se događaju bez ikakve pomoći čovjeka**, iako se možemo prilagoditi prirodnom onečišćenju zraka, i pokušati smanjiti uzroke poremećaja, mi nikada ne može zaustaviti te događaje u potpunosti.

Top-deset plinova u onečišćenja zraka

- **Mnogi plinovi** mogu se kvalificirati kao **onečišćenja** ako su dosegli dovoljno visoku koncentraciju da uzrokuju štetu.
- **Teoretski**, to znači da **postoje desetine različitih onečišćujućih plinova**.
- U praksi, **desetak različitih tvari izazivaju najveću zabrinutost**

Top-deset plinova u onečišćenja zraka

- **Sumpor dioksid:** ugljen, nafta i druga goriva su često nečista i sadrže sumpor. Kada sumpor gori s kisikom iz zraka, nastaje sumporni dioksid (SO_2). **Ugljene elektrane** su najveći svjetski izvor sumpora dioksida kod onečišćenja zraka, što doprinosi **smogu, kiselim kišama i zdravstvenim problemima** koji uključuju bolesti pluća.
- **Ugljik monoksid:** Ovaj vrlo opasni plin nastaje kada gorivo **izgara uz premalo kisika** i ugljik ne oksidira u potpunosti. Ima ga u **ispušnim plinovima** automobila i također može nastati i do opasne razine **unutar našeg doma**, ako je loše održavan plinski kotao, štednjak.

Top-deset plinova u onečišćenja zraka

- **Ugljik dioksid:** Ovaj plin je središnji u svakodnevnom životu i normalno se ne smatra kao onečišćujuća tvar. Međutim, ugljični dioksid je staklenički plin emitiran od strane motora i elektrana. Od početka industrijske revolucije, u Zemljinoj atmosferi i doprinosi problemu globalnog zatopljenja i klimatskih promjena.
- **Oksidi dušika:** dušikov dioksid (NO_2) i dušik monoksid (NO) nastaju kao neizravna posljedica izgaranja, kada dušik i kisik iz zraka reagiraju zajedno. Zagadjenje dušik oksidom dolazi iz motora vozila i elektrana, i igra važnu ulogu u formiranju **kiselih kiša, razaranju ozona i nastanku smoga**. Kao i ugljični dioksid, dušikovi oksidi su također staklenički plinovi (pridonose globalnom zatopljenju).

Top-deset plinova u onečišćenja zraka

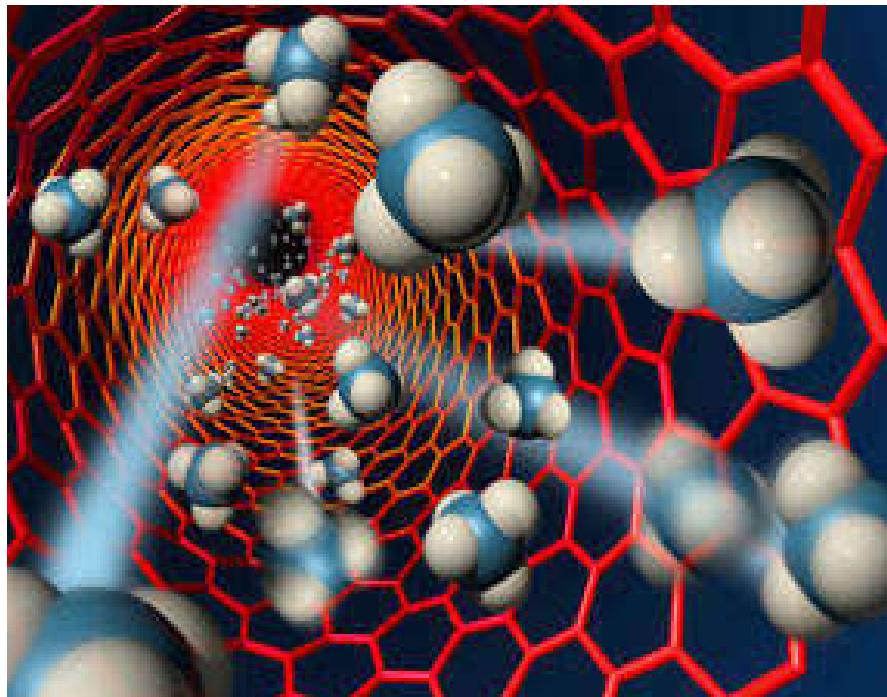
- **Hlapivi organski spojevi (VOC)**: Organske kemikalije na bazi ugljika isparavaju lako na običnim temperaturama i tlakovima, pa odmah postaju plinovi. To je upravo razlog zašto se oni koriste kao otapala u mnogo različitih kućanskih kemikalija, kao što su boje, voskovi i lakovi. Nažalost, oni su također **oblik onečišćenja zraka**: oni su uzročnici dugoročnih (kroničnih) učinaka na zdravlje ljudi i oni također igraju ulogu u formiranju ozona i smoga.
- **Čestice**: To su čađave **čestice** koje onečišćuju zrak koje uzrokuju da zgrade pocrne i imamo poteškoće s disanjem. Čestice različitih veličina često se nazivaju prema slovima nakon čega slijedi broj, pa **PM 10** čestice čađe znači manje od 10 mikrona ($10/1000000$ metra ili $10\mu\text{m}$ u promjeru). U gradovima, većina čestice dolaze iz **prometa i proizvodnje toplinske energije**.

Top-deset plinova u onečišćenja zraka

- **Ozon:** To je vrsta kisika čije su molekule kisika od tri atoma spojenih zajedno (O_3). U stratosferi, "ozonski omotač" nas štiti od štetnih ultraljubičastih zraka Sunca. **Pri zemlji, to je otrovna** onečišćujuća tvar koje može oštetiti zdravlje, a ključni je sastojak **smoga**.
- **Kloroflorougljici (CFC):** Nakon što su smatrani da su bezopasni, ovi plinovi su se naširoko koristili u hladnjacima i aerosolima sprejava, dok nije otkriveno da su **tvar koja oštećuje Zemljin ozonski omotač**.

Top-deset plinova u onečišćenja zraka

- **Neizgoreni ugljikovodici:** nafte i drugih goriva izgrađenih od organskih spojeva na temelju lanaca ugljika i atoma vodika. Kad se spale ispravno, oni se potpuno pretvaraju u bezopasni ugljični dioksid i vodu, kada je izgaranje nepotpuno, mogu stvoriti ugljični monoksid ili plutaju u zraku u neizgorenom obliku, pridonose smogu.
- **Oovo i teški metali:** oovo i drugi otrovni "teški metali" mogu se širiti u zrak ili kao toksični spojevi ili aerosoli (kada su krutine ili tekućine raspršene u zraku) i ima ih kod ispušnih plinova i lebdećeg pepela iz dimnjaka kotlova.



- Foto: Leteće molekule, ako bi mogli vidjeti onečišćenja zraka izbliza, to je ono kako bi izgledalo.

Koji su uzroci onečišćenja zraka?

- Gdje i odakle dolazi moderno onečišćenje zraka?
- Danas i do sada **najveći krivac je promet**, iako elektrane i tvornice i dalje čine značajan doprinos.

Promet

- Gotovo svi automobili su pokretani benzinskim i dizelskim motorima koji izgaraju naftne derivate za oslobođanje energije.
- **Nafta se sastoji od ugljikovodika** (velikih molekula građenih od vodika i ugljika) i u teoriji oni izgore u potpunosti s dovoljno kisika pa treba nastati ništa gore nego **ugljični dioksid i voda**.

Promet

- U praksi, **goriva nisu čisti ugljikovodici** i motori ih **ne spale čisto.**
- Kao rezultat toga, ispuh iz motora sadrži sve vrste zagađenja, posebice čestica (čadi različitih veličina), **ugljik monoksid (CO)**, **dušikove okside (NO_x)**, **hlapive organske spojeve (VOC)**, **te olovo** i neizravno proizvode ozon.
- Pomiješamo sve **ove štetne tvari u koktel** zajedno i uz energiju sa **sunca** i dobijemo ponekad smeđe, a ponekad plavkastu maglu onečišćenja koju zovemo **smog**, koja se može zadržati u gradovima na kraju dana.
- Ponekad zove fotokemijski smog - [energija](#) u sunčevom zračenju izaziva kemijsku reakciju.

Smog

- Uglavnom zbog **svoje razina prometa**, smog pogađa mnoge od svjetskih najprometnijih gradova, uključujući Atenu , Peking , Mexico City, Milan, Tokio i dr.
- **Smog** je kombinacija riječi "**dim**" i "**magla**"



- *Foto: Smeđi smog koji se zadržava iznad Denvera, Colorado*
- Jedan od **najštetnijih sastojaka** smoga je otrovni oblik kisika pod nazivom **ozon**, što može uzrokovati ozbiljne poteškoće s disanjem, pa čak i, ponekad, smrt.
- Kad je smog **bogat ozonom**, tendira da bude **plavkaste boje**, inače je više vjerojatno da će biti smeđe.

Elektrane

- Velika većina električne energije se još uvijek proizvodi **izgaranjem fosilnih goriva** kao što su ugljen, plin i nafta, uglavnom u konvencionalnim elektranama.
- Baš kao i kod automobilskog motora, **elektrane bi teoretski trebale proizvesti ništa gore nego ugljični dioksid i vodu**, u praksi, **goriva su “prljava” i ne izgaraju čisto**, tako elektrane mogu proizvesti niz onečišćujućih tvari, posebno **sumporni dioksid, dušikove okside, i čestice**.
- One također oslobađaju **velike količine ugljičnog dioksida**, koji je ključni uzrok **globalnog zatopljenja i klimatskih promjena**

Industrijska postrojenja i tvornice

- **Industrijska postrojenja** koje proizvode metale kao što su **aluminij i čelik, rafinerije, proizvodnja cementa, proizvodnja plastike**, ili druge kemikalije su među onima koje **mogu proizvesti štetna onečišćenja zraka**.
- Ponekad industrijska postrojenja oslobađaju ogromne iznosa onečišćenja zraka slučajno u vrlo kratkom vremenu.
 - Jedan značajan slučaj dogodio u Bhopalu u Indiji u prosincu 1984, kada je velika kemijska postrojenja tvrtke Unija Carbide objavila da otrovni plinovi (metil izocijanata) koji su nad lokalnim područjem, ubilo oko 3000 ljudi, a ozlijedeno više tisuća.

Ostali uzroci onečišćenja zraka

- Iako je **promet, elektrane, i industrijska postrojenjima proizvode većinu Zemljinog antropogenog onečišćenja zraka**, i mnogi drugi faktori pridonose problemu.
- U nekim dijelovima svijeta, ljudi se još uvijek oslanjaju na **biomasu kao gorivo** za kuhanje i grijanje.
- U nekim područjima, **smeće se nekontrolirano spaljuje**, te to također može proizvesti značajna onečišćenje zraka, osim kod spalionica koje su pravilno dizajnirane za rad na dovoljno visokoj temperaturi i imaju sve potrebne **filtre dimnih plinova**

Kakav je učinak može imati onečišćenje zraka?

- Zagаđenje zraka može
 - štetiti zdravljу ljudi i životinja,
 - dovesti do oštećenja usjeva ili uzrokovati prestanak pravilnog rasta, i
 - učiniti naš svijet neugodan i neprivlačan na razne druge načine.
- Zagаđenje zraka se može dogoditi na svakoj razini, od lokalne do globalne.
- Ponekad su učinci neposredno i vrlo blizu mјesta koje ih je izazvalo, ali oni se također mogu događati danima, mјesecima ili čak godinama kasnije i u drugim gradovima, zemljama ili kontinentima.

Foto: osvježivač zraka ili onečišćivač zraka?



www.explainthatstuff.com

ŠTO JE ZAŠTITA OKOLIŠA?

- **Okoliš** je prirodno okruženje organizama i njihovih zajednica, uključivo i čovjeka, koje im omogućuje postojanje i razvoj.
- Uključuje **zrak, vode, tlo, zemljinu kamenu koru, energiju te materijalna dobra i kulturnu baštinu** kao dio okruženja koje je stvorio čovjek.
- Obuhvaća sve **u svojoj raznolikosti** i ukupnosti uzajamnog djelovanja.
- **Zaštita okoliša** skup je aktivnosti i mjera za sprečavanje opasnosti za okoliš, nastanka šteta i/ili onečišćivanja okoliša, smanjivanja i/ili otklanjanja šteta nanesenih okolišu te povrata okoliša u stanje prije nastanka štete.

UTJECAJ ELEKTROENERGETSKIH POSTROJENJA NA OKOLIŠ

PODRUČJA ANALIZE UTJECAJA NA OKOLIŠ ENERGETSKOG SEKTORA

- kvaliteta zraka
- kvaliteta površinskih i podzemnih voda
- kvaliteta mora
- kvaliteta tla
- procjene emisije u zrak, vodu (more) i tlo
- buka i vibracije
- neugodni mirisi
- vizualni i estetski aspekti
- nezgode s raznim uzrocima i procjena rizika za ljudsko zdravlje i život te okoliš

UTJECAJ NA OKOLIŠ RAZLIČITIH TEHNOLOGIJA ZA PROIZVODNju ELEKTRIČNE ENERGIJE

PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE:

- Neminovno uzrokuje emisije u zrak, odlaganje otpadnih proizvoda u vodu i tlo
- Povećava **kratkotrajne ili dugotrajne** utjecaje: ili odmah nakon ispuštanja zagađivača ili znatno kasnije nakon što je utjecaj napravljen
- Smanjenje i ograničenje emisija ili proizvodnje otpadnih tvari i njihovog utjecaja **ograničeno je ekonomskim i tehničkim faktorima**

UTJECAJ NA OKOLIŠ RAZLIČITIH TEHNOLOGIJA ZA PROIZVODNJU ELEKTRIČNE ENERGIJE

PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE:

- I uz sve mjere **uvijek će postojati određeni rizik** po okoliš kod proizvodnje električne energije
- Priroda i veličina rizika ovisi o
 - **prirodi i količini upotrebljenog goriva,**
 - **tehnologiji pretvorbe,**
 - **nivou kontrolnih tehnologija za emisije i**
 - **učinkovitosti pretvorbe**

EMISIJE U ZRAK

- Problemi onečišćenja zraka vezani su za utjecaje koji se očituju na:
 - globalnoj,
 - regionalnoj i
 - lokalnoj razini.
- **Globalna** onečišćenja teritorijalno se odnose na čitavu Zemlju,
- **Regionalna** onečišćenja na prostor od nekoliko stotina kilometara do čitavog kontinenta,
- **Lokalna** onečišćenja na područja gradova i industrijskih regija.

Utjecaj na okoliš termoelektrana

- Što se dešava sa polutantima u atmosferi
(sudbina polutanta u atmosferi)
- Razlike u posljedicama emisija u okolinu ovise, također, i o
 - **zadržavanju**, to jest, “životnom ciklusu” emitirane onečišćujuće tvari u atmosferi,
 - te o njenim **transformacijama** i **transportima** bilo transformata (sekundarnog polutanta) bilo samog (primarnog) polutanta.

EMISIJE U ZRAK: Veze između pojedinih onečišćujućih tvari i najznačajnijih utjecaja

Utjecaj	Onečišćujuće tvari										
	PM	TM	POO	SO ₂	NH ₃	NO _x	NMVOC	CO	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
LOKALNI (zdravlje)											
REGIONALNI											
- zakiseljavanje											
- eutrofikacija											
- prizemni ozon											
GLOBALNI											
- staklenički efekt (indirektni)											
- staklenički efekt (direktni)											

UTJECAJ NA OKOLIŠ RAZLIČITIH TEHNOLOGIJA ZA PROIZVODNju ELEKTRIČNE ENERGIJE

Emisije:

- **vezane uz samo gorivo** (npr. kao CO₂ kod fosilnih goriva ili radioaktivnost kod nuklearnih procesa)
- **primarne emisije kao plinovi** (SO₂, NO_x itd.)
- **sekundarne emisije**: poslije reakcije u atmosferi mogu rezultirati u sekundarnim polutanim (kao npr. dušični aerosoli), teško ih je točno kvantificirati zbog kompleksnosti mehanizma nastajanja

Utjecaj na okoliš termoelektrana

- Spaljivanje fosilnih goriva utječe na okoliš uglavnom kroz emisije u atmosferu
 - **ugljičnog dioksida (CO_2),**
 - **sumpornog dioksida (SO_2),**
 - **dušičnih oksida (NO_x), te**
 - **krutih čestica (prašine)**
 - **ostali polutanti (teški metali itd.)**

Utjecaj na okoliš termoelektrana

Također, evidentan utjecaj na okoliš je:

- emisije **otpadne topline** bilo kroz rashladne tornjeve bilo direktno u rijeke, jezera ili mora.
- **emisije onečišćujućih tvari u vode** (podzemne i površinske)
 - zbog **kontinuiranih curenja ili**
 - zbog **akcidentalnih ispuštanja** tekućih goriva, te
 - zbog **procjedivanja oborinskih voda** kroz skladišta ugljena na samoj lokaciji termoelektrane.

Utjecaj na okoliš termoelektrana

- ***Utjecaj samog fizičkog smještaja*** - postojanja termoelektrane u prostoru, što nagrđuje pejzažne vrijednosti krajolika u kojem je smještena.
- **Rashladni tornjevi, stupovi vjetroelektrana, dimnjaci**, te ostale građevine od kojih se sastoje termoelektrane vizualno **nagrđuju** kako urbane tako i ruralne cjeline, pogotovo vrijedne dijelove teritorija, kao što su obalna područja i/ili druge prirodne ljepote.
 - arhitektonska rješenja “priateljskog” i “mekog” uklapanja u okolicu

Utjecaj na okoliš termoelektrana

Onečišćenje	Posljedica onečišćenja
ZRAK <ul style="list-style-type: none">• sumporni dioksid (SO_2)• dušikovi oksidi (NO_x)• krute čestice• teški metali• plinovi staklenika: CO_2, CH_4, CFC	kisele kiše ozonske rupe, smog onečišćenje zraka, smog razne bolesti (dišnih putova) globalno zagrijavanje (efekt staklenika)
VODE I MORA <ul style="list-style-type: none">• otpadna toplina, kruti i tekući otpadi• hidrološke promjene vodotokova	degradacija vodenih staništa, cvjetanje voda poremećaj režima podzemnih voda, stradanje usjeva
TLO <ul style="list-style-type: none">• suho i mokro taloženje iz zraka• prodiranje štetnih tvari s deponija opasnog otpada u podzemne vode ili tlo	leteće čestice i kisele kiše, mogućnost prodiranja u prehrambene lance, opasnost po ljudsko zdravlje
OSTALI UTJECAJI <ul style="list-style-type: none">• buka i vibracije, neugodni mirisi,• zauzeće zemljišta infrastrukturom,• estetsko (ne)uklapanje u prirodni okoliš	moguća smetnja lokalnoj zajednici i razvoju turizma

Emisije iz termoenergetskih postrojenja

Proizvodi sagorijevanja fosilnih goriva

- Fosilna goriva čiji su **osnovni sastojci ugljik i vodik** izgaranjem odn. oksidacijom oslobađaju toplinsku energiju.
- Pored osnovnih sastojaka fosilna goriva sadrže još i **niz sagorljivih primjesa**, među kojima je najznačajniji **sumpor**, te vlagu i **nesagorljive primjese (pepeo)**.
- Kada je riječ o utjecaju plinova izgaranja na okoliš od značaja su i **u tragovima prisutni teški metali**, posebno **radioaktivni izotopi uranskog niza**.

Emisije iz termoenergetskih postrojenja

Proizvodi sagorijevanja fosilnih goriva

- U procesu izgaranja fosilnih goriva, koji se odvija u parnim kotlovima ili ložištima plinskih elektrana razvijaju se plinovi izgaranja među kojima je dominantan sadržaj CO_2 i H_2O , a zatim ovisno o **sadržaju sumpora u gorivu i temperaturi izgaranja**, sumporni dioksid SO_2 i dušikovi oksidi NO i NO_2 (obično označavani kao NO_x)
- **Kruta fosilna goriva** sadrže **pretežito ugljik** uz primjese sumpora, vlage i mineralnih sastojaka,
- **Tekuća i plinovita goriva su** smjese ugljikovodika.

Emisije iz termoenergetskih postrojenja

Emisija	Ugljen	Mazut	Plin	Biomasa
	mg/kWh	mg/kWh	mg/kWh	mg/kWh
Čestice	409.1	1.7	0.9	833.2
SO ₂	2392.2	361.3	3.1	20.8
NO _x	1020.5	336.2	350.8	665.4
N ₂ O	64.0	64.0	277.3	64.0
CO	409.1	63.2	39.6	4180.1
CO ₂	742 833.6	314 786.7	219 021,4	433 364.9

SUMPORNI DIOKSID

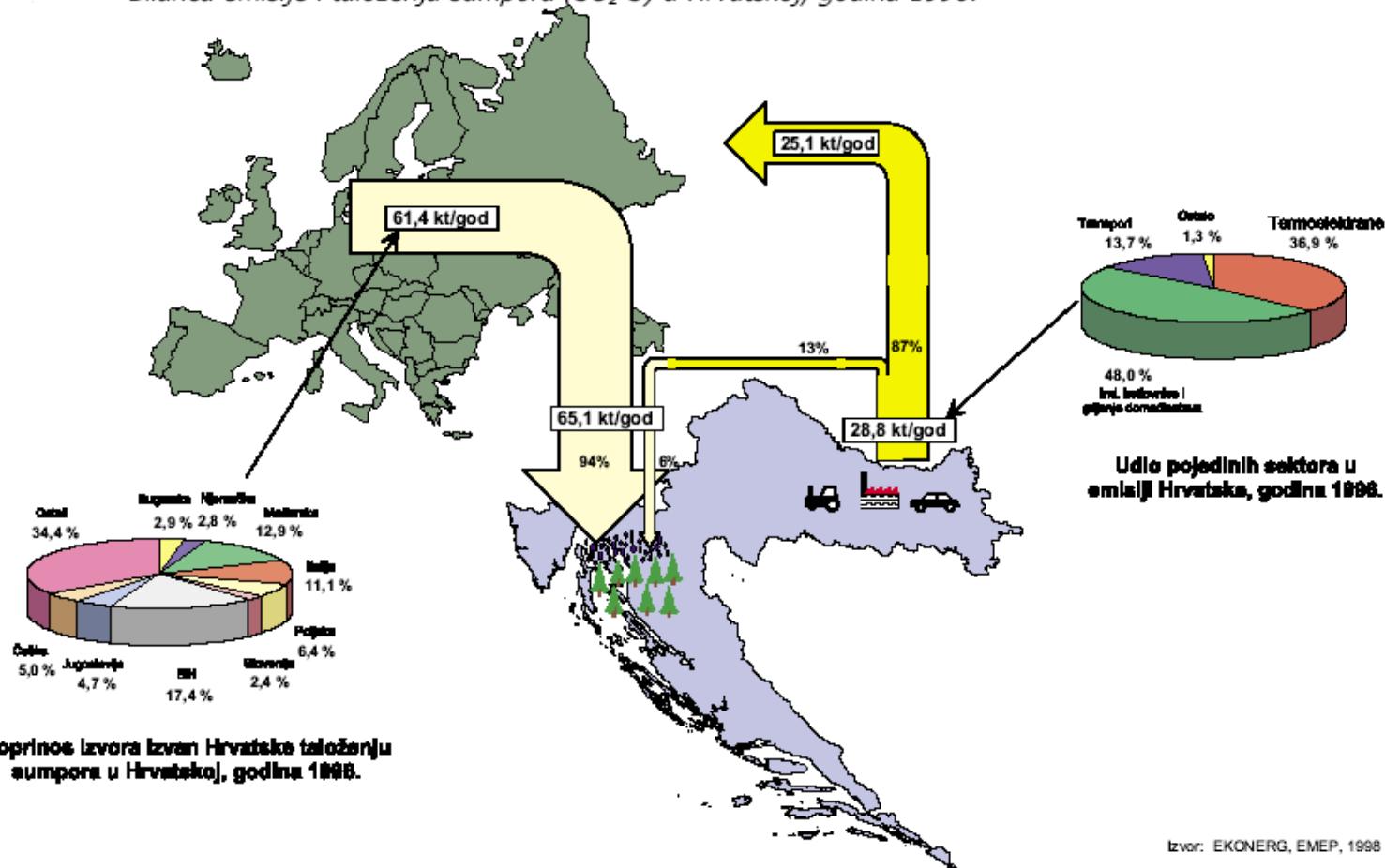
- **SO₂** je uglavnom posljedica **izgaranja mazuta i ugljena** koji, kao i sve organske tvari, sadrže sumpor
- **prirodni izvori** su erupcije vulkana, mora i oceani te neki procesi u tlu
- **najveći porast** emisija sumpora zabilježen je **nakon II svjetskog rata** kada je potrošnja fosilnih goriva rasla čak 10% godišnje
- u Europi se svake godine emitira oko 20 milijuna tona sumpora, od čega je **80% posljedica izgaranja fosilnih goriva**
- više od **dvije trećine zakiseljenja** posljedica je prisustva spojeva sumpora u atmosferi

SUMPORNI DIOKSID

- Djelovanje na čovjeka
 - nadražujući plin
 - koncentracija $0,3\text{-}1 \text{ cm}^3/\text{m}^3$ osjeti po okusu
 - koncentracija oko $3 \text{ cm}^3/\text{m}^3$ osjeti po mirisu
 - koncentracija $6\text{-}12 \text{ cm}^3/\text{m}^3$ nadražuje nos i grlo
 - koncentracija $20 \text{ cm}^3/\text{m}^3$ iritira oči
 - Absorbira disanjem i napada dišne organe
 - paralizira dišni sustav

Bilanca emisije i taloženja SO₂ u Hrvatskoj

Bilanca emisije i taloženja sumpora (SO₂-S) u Hrvatskoj, godina 1996.



DUŠIČNI OKSIDI

- sastoje se uglavnom od dušičnog monoksida (NO) i dušičnog dioksida (NO₂)
- neizbjegna su **posljedica svakog izgaranja**
- većina dušičnih oksida **nastaje u reakciji dušika iz zraka za izgaranje s kisikom, a količina raste s temperaturom izgaranja** (eksponencijalno)
- **dušik iz goriva** također doprinosi emisiji dušičnih oksida
- **najveći izvor emisija dušičnih oksida je promet**
- u Europi se godišnje emitira oko 22 milijuna tona dušičnog dioksida

DUŠIČNI OKSIDI

- smatra se da su se emisije dušičnih oksida udvostručile od 1960. godine, a i dalje su u porastu
- onečišćenje dušikom uzrokuju i neka **umjetna gnojiva**
- **višak dušika ima negativne posljedice po biljke**, a dolazi i do otjecanja dušika iz šuma i polja, što može uzrokovati probleme s vodom za piće i **eutrofifikaciju**

DUŠIČNI OKSIDI

- **Eutrofikacija** je pojava kod koje, zbog prevelike plodnosti, dolazi do pojačanog rasta biljaka u vodi; kad te biljke uvenu, zbog njihovog se raspadanja troši povećana količina kisika, te se, kao posljedica, javlja manjak kisika, što ima negativne posljedice po biljni i životinjski svijet u vodi;
- **Uzročnici eutrofikacije su dušik i fosfor**

PROBLEM ZAKISELJAVANJA

- posljedica je prisustva **dušičnih i sumpornih oksida** u zraku
- **dušični i sumporni oksidi u dodiru s vodom tvore kiseline**
- razlikujemo **suho i mokro taloženje**
 - do suhog taloženja dolazi u neposrednoj blizini izvora emisije;
 - suhi talog također **tvori kiseline u dodiru s vodom**
 - sulfatne i nitratne kiseline **u atmosferi** mogu prevaliti **velike udaljenosti** prije nego konačno padnu **u obliku kiselih oborina**; tako dolazi do zakiseljavanja voda i tla

PROBLEM ZAKISELJAVANJA

- u tlu **vapnenac** ima glavnu ulogu u održavanju **prirodne pH vrijednosti**
- u slučaju da **pH vrijednost tla padne**, dolazi do **oslobađanja prvenstveno aluminija**, a u manjoj mjeri i **kadmija, cinka i olova** koji **uništavaju korijenje drveća**, a mogu dospijeti i u podzemne ili površinske vode, gdje, uz zakiseljenje, predstavljaju glavni uzrok nestanka ribe

Kisele kiše

- Kada pada **kiša kroz zagađeni zrak**, može pokupiti neke od onečišćenja i mogu **nastati kiseline** što je poznato kao **kisele kiše**.
- **Jednostavno govoreći, onečišćenje zraka pretvara kišu u slabu kiselinu.**
- Čista voda nije ni kisela niti alkalna već potpuno **neutralna** (mi kažemo da je razina kiselosti ili pH od **7.0**).
- **Obična kišnica je malo više od toga kisela**, otprilike iste kiselosti kao i banane (oko pH 5,5), ali ako kiša pada preko onečišćenja od sumpornog dioksida može biti mnogo više kiselosti (s pH 4,5 ili niže, što je isto kiselosti kao sok od naranče ili limuna).

Kisele kiše

- Kada se kisele kiše **nakupljaju u jezerima ili rijekama**, postupno se okreće cijela voda k više kiselosti.
- To je pravi problem, **jer riba** može rasti samo u vodi koja je neutralna ili blago kisela (obično s pH 6,5-7,0).
- **Nakon što je kiselost ispod oko 6,0, riba uskoro počinje ugibati, a ako pH padne na oko 4,0 ili manje, sve ribe će uginuti.**
- **Kisele kiše** su izazvale velike probleme u jezerima diljem Sjeverne Amerike i Europe.
- **Kisele kiše** također uzrokuju **smrt šuma**, smanjuje plodnost tla, a i štete na zgradama, izjedaju kamen (na primjer mramor na US Capitol u Washingtonu, DC je ugrožen od kiseline-kiše).



pH skala kiselosti

- **Kiselost** vode se mjeri u pH skali
 - pH skala ima vrijednosti od 0 (**max kiselost**) do 14 (**max. lužnatost**)
 - **Sredina skale 7 predstavlja neutralnu točku**
 - **Skala je logaritamska** i razlika za 1 jedinicu pH predstavlja desetorostruku promjenu, npr. ako uzorak ima pH 5 onda je kiselost 10 puta veća od uzorka s pH 6
 - Razlika 2 jedinice od npr. 6 do 4 znači da je kiselost veća 100 puta itd.
-
- **Normalna kiša ima pH 5.6 – malo kisela** zbog ugljičnog dioksida pokupljenog u atmosferi s kišom
 - **Najveća vrijednost kiselosti kiše u Los Angelesu 1.5**

pH skala kiselosti

Rezultat utjecaja	pH skala	Tvar	Nivo kiselosti
	0		Povećanje kiselosti
	1	Kiselina u akumulatoru	
Najkiselija kiša-LA	1.5		
	2	Sok od limuna	
Umiranje odraslih riba	3	Ocat	
Utjecaj na reprodukciju riba	4.5	Sok od rajčice	
U blizini urbanih sredina	4		
Normalni nivo padalina	5.5		
	6	Mlijeko	
	7		Neutralno
	7.5		
	8		
	9	Morska voda, kuhinjska soda	
	10		
	10.5	Mlijeko od magnezija	
	11		
	12		
	12.5	Amonijak	
	13		
	13.5	Lužina	
	14		



Povećanje kiselosti



Povećanje lužnosti

Kisele kiše

- Jedna od najvećih teškoća **u rješavanju kiselih kiša** je da se **mogu dogoditi na vrlo velikim udaljenostima.**
- U jednom slučaju na primjer, onečišćenje zraka sumpornim dioksidom proizvedenim **u elektranama u Velikoj Britaniji** je krivo za izazivanje kiselih kiša koja su **pale na skandinavske zemlje**, kao što je Norveška, uzrokujući štete na šumama i smrt tisuće riba u zakiseljenim jezerima.
- Britanska je vlada odbila priznati problem.

Utjecaji na ljudsko zdravlje

- **Lokalne emisije polutanata** izazivaju **zdravstvene probleme**, često povećavajući **rizik od kancerogenih oboljenja** i za dva reda veličine, u područjima s velikim zagađenjem.
- Ponajprije to su **emisije čestica, ozona, NO_x, CO**, ali i mnogih drugih spojeva, koji su **nusprodukt energetskih transformacija, u prometu i energetici**.
- Tako npr. prosječni Amerikanac ima šansu 1:100 000 da oboli od raka kao posljedice zagađenja zraka, dok stanovnik velikih gradova živi s **20 puta većim rizikom, 1:5000**, da tako oboli.

UTJECAJ NA VODE I MORE

Utjecaj na vode i more energetskih objekata:

- **toplinski utjecaj** kao rezultat **otpadne topline** termoelektrana
- **ispuštanje** u vode i more otpadnih voda
- onečišćenje voda i mora kao **posljedica nezgode** pri prijevozu goriva ili nezgode drugog uzroka (najopsanije havarije s tekućim gorivom)

UTJECAJ NA VODE I MORE

Toplinski utjecaj energetike je najznačajniji

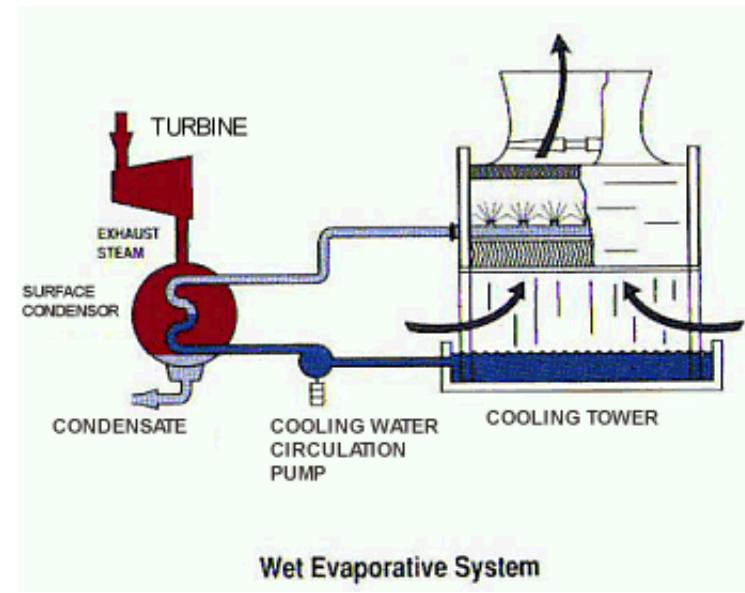
- prilikom pretvorbi energije goriva u električnu energiju **veliki dio energije odbacuje u okoliš s pomoću rashladne vode**
- ukupno dovedena energija s gorivom dijeli na 3 dijela:
 - dio je proizvedena **električna energija**,
 - dio odlazi u atmosferu putem **dimnih plinova** i izravnim zračenjem objekta, a
 - **dio odlazi s rashladnom vodom u rijeku ili more**
- što **veći stupanj djelovanja to manja** količina otpadne topline

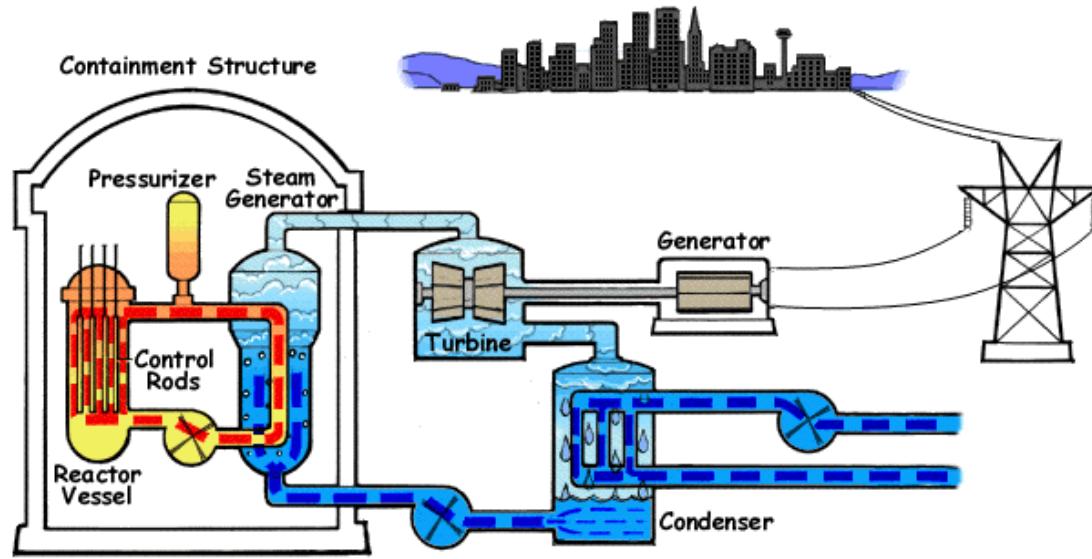
UTJECAJ NA VODE I MORE

Tip elektrane	Energija u gorivu	Proizvedena el. Energija	Energija predana u atmosferu	Energija odvedena rashladnom vodom
Nuklearna	100	33	2	65
Klasična TE	100	40	10	50
Plinska turbina	100	30	70	
Kombi plinska elektrana	100	50-60	10-15	30-35

UTJECAJ NA VODE I MORE

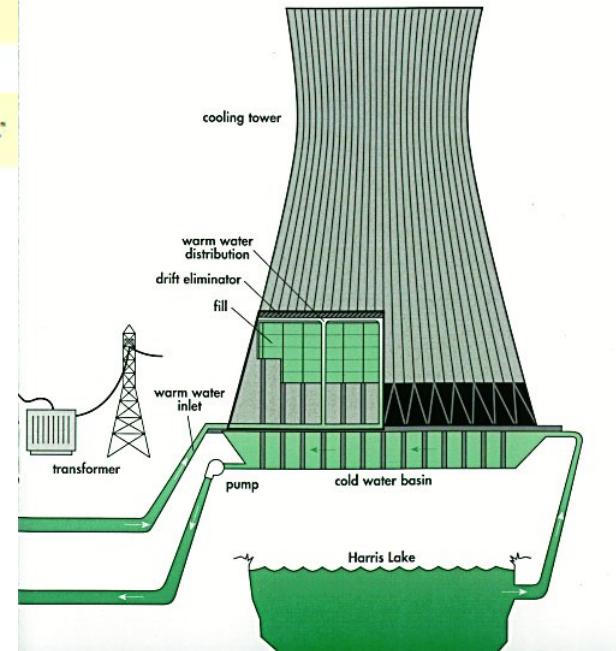
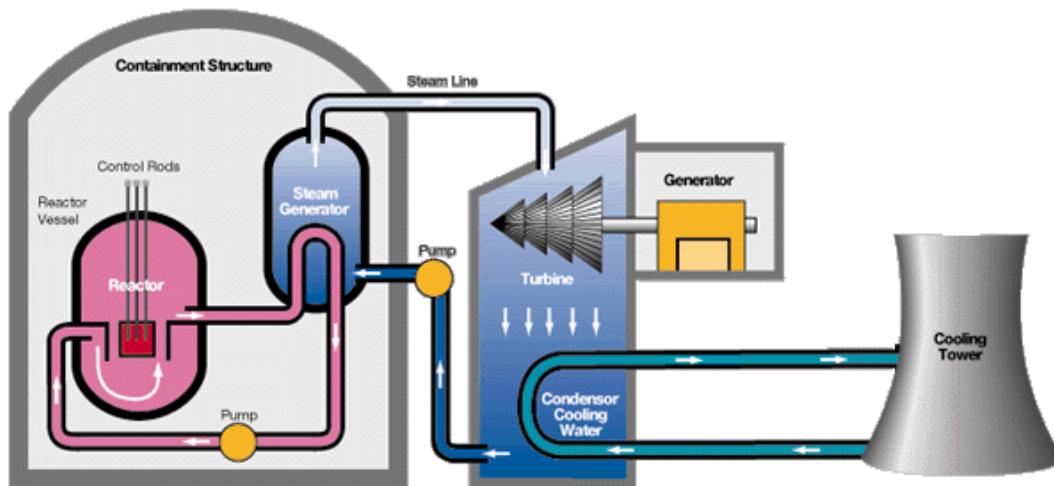
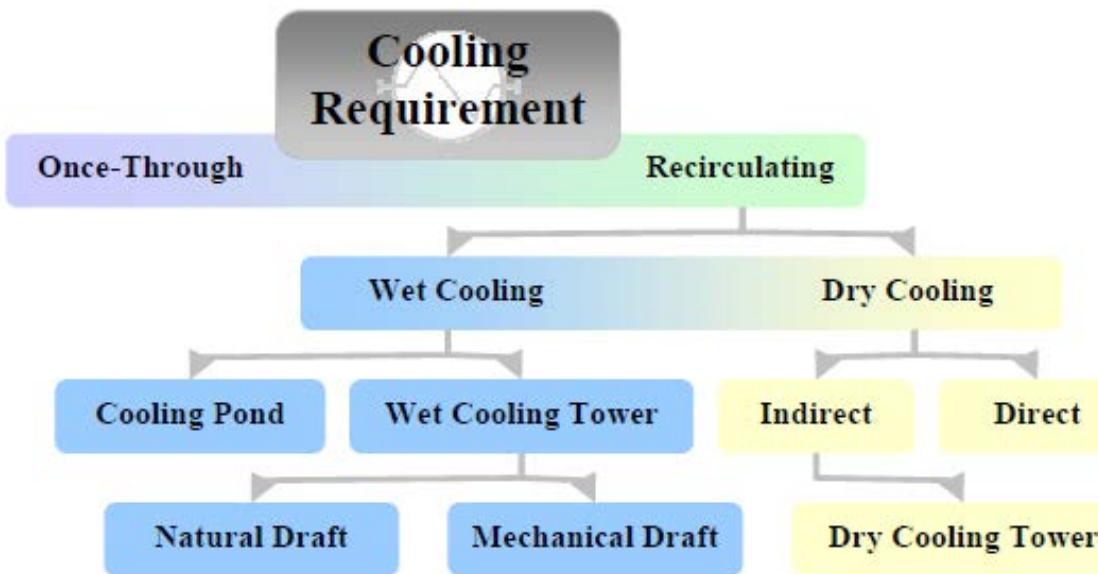
- Rashladna voda nema štetnih tvari osim što je zagrijana pa može štetno djelovati na neke životne zajednice u vodi – **ograničava količina ispuštenih rashladnih voda**
- Zatvoreni i otvoreni (protočni) sustav





**VODA JE POTREBNA ZA
HLAĐENJE U
TERMOELEKTRANAMA**

Vrste sustava za hlađenje



Oblak pare kod rashladnog tornja



Tipični rashladni toranj sa prirodnom cirkulacijom





Chinon B, Francuska, rashladni toranj sa forsiranim strujanjem, niskog profila



Toranj s forsiranom cirkulacijom zraka



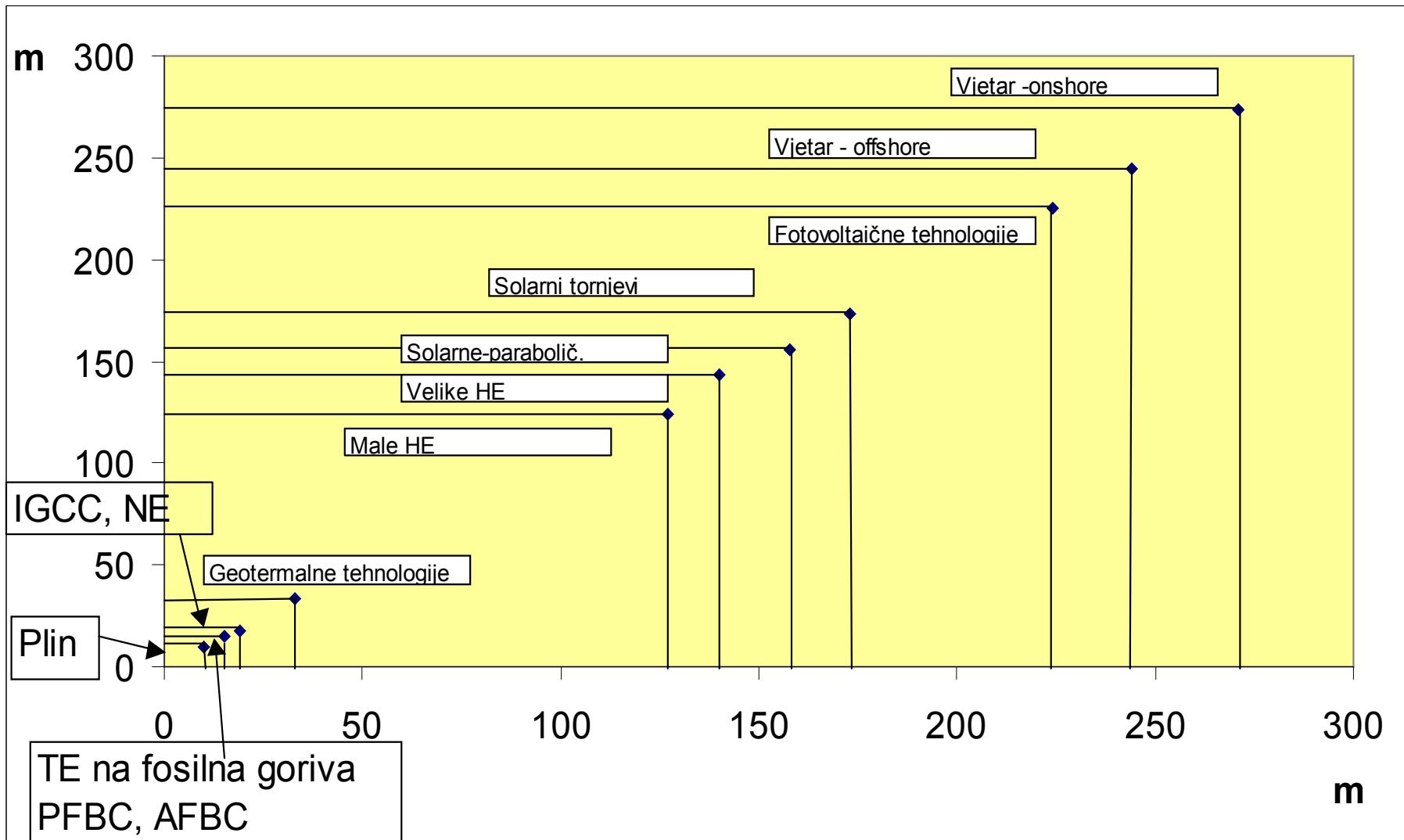
UTJECAJ NA VODE I MORE

- U Hrvatskoj skoro sve termoelektrane s protočnim sustavom hlađenja osim PTE Jertovec
- Otpadana toplina iz TE u Hrvatskoj
 - TE Rijeka 400 MJ/s
 - TE Sisak 600 MJ/s
 - TE-TO Zagreb 150 MJ/s
 - NE Krško 1200 MJ/s

UTJECAJ NA TLO ENERGETSKOG SEKTORA

- **utjecaj vezan za zauzeće terena objektima i infrastrukturom**
- izravni utjecaj na tlo suhim i mokrim taloženjem iz zraka
- posredni utjecaj opasnog otpada koji nastaje u energetskim objektima
- **Zauzeće terena energetskim objektima i infrastrukturom može biti veliko**
 - sukob s lokalnom zajednicom
 - hidroelektrane zauzimaju velike površine pretežno obradivog zemljišta (više hektara za 1 MW, termoelektrane oko 0,01 ha/MW)
 - **infrastruktura:** dalekovodi, naftovodi plinovodi, parovodi

Zauzeće zemljišta po MW instalirane snage



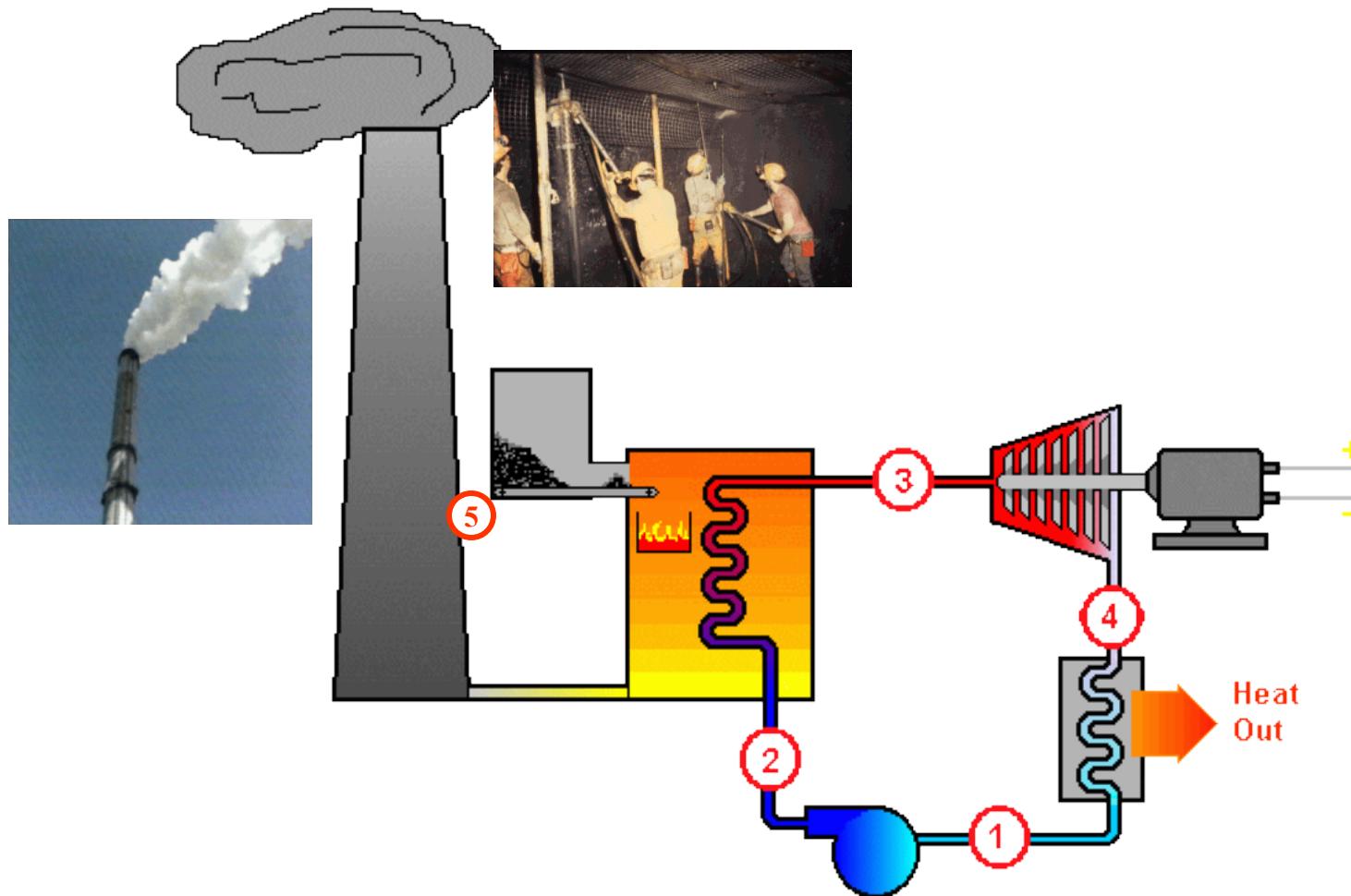
UTJECAJ NA TLO ENERGETSKOG SEKTORA

- Izravni utjecaj na tlo energetskih objekta:
 - posljedice hidroloških promjena vodotoka uz hidroelektrane (promjene režima podvodnih voda i lokalne mikroklimatske promjene)
- Opasni otpad koji nastaje u energetskom sustavu je značajan
 - najveći doprinos daju objekti prerade nafte i proizvodnje goriva
 - promet sa svim servisnim i drugim radionicama
 - i u manjoj mjeri objekti elektroenergetskog sektora (otpadna ulja, otpadno gorivo)

DRUGI MOGUĆI UTJECAJI ENERGETSKOG SUSTAVA NA OKOLIŠ

- Osim klasičnih utjecaja na zrak, vodu i tlo u posljednje vrijeme i neki drugi utjecaji:
- **buka** postoje izvori buke kao npr. plinske turbine i dizelski motori,
 - buka u energetskim objektima uglavnom može primjereno prigušiti (najveći izvori buke najčešće u zatvorenom prostoru)
- **neugodni mirisi** nisu veliki problem u energetici u usporedbi s nekim drugim industrijskim objektima

Emisije u zrak i mogućnosti smanjenja emisija



- INSTRUMENTI ZAŠTITE OKOLIŠA
- TEHNOLOGIJE ZA SMANJENJE EMISIJA IZ TERMOELEKTRANA
 - SO_x
 - NO_x
 - Čestice
 - CO_2 ?

ZAŠTITA OKOLIŠA

Državi na raspolaganju stoje sljedeće mjere za zaštitu okoliša:

- **MJERE REGULATIVE I KONTROLE**
 - standardi kvalitete okoliša,
 - standardi kvalitete proizvoda,
 - emisijski standardi,
 - tehnološki standardi,
 - sigurnosni propisi itd.
- **EKONOMSKE MJERE**
 - politika cijena,
 - subvencije,
 - ekološki porezi,
 - emisijske pristojbe i kazne,
 - emisijske dozvole i tržište eksternalijama,

ZAŠTITA OKOLIŠA

Državi na raspolaganju stoje i još mjere za zaštitu okoliša:

- **DJELOVANJE NA JAVNOST**
 - edukacija,
 - propaganda.

Tehnologije za smanjenje emisija iz termoelektrana

- Danas u svijetu postoji čitav niz tehnologija koje služe za smanjenje emisija štetnih tvari u zrak.
- Tehnologije se dijele općenito prema njihovom relativnom **smještaju prema ložištu i kotlu**.

Tehnologije za smanjenje emisija iz termoelektrana

- Tehnologije za smanjenje emisija iz termoelektrana mogu se podijeliti na
 - Tehnologije koje se primjenjuju **prije izgaranja** – uglavnom uključuju čišćenje ugljena
 - Tehnologije koje se primjenjuju **na mjestu izgaranja** – to uključuje plamenike s niskom emisijom NO_x , ubrizgavanje upijača
 - Tehnologije koje se primjenjuju **poslije izgaranja** (mokro i suho odsumporavanje, selektivna i neselektivna katalitičku redukciju, elektrostatski filtri, vrećasti filtri itd.)

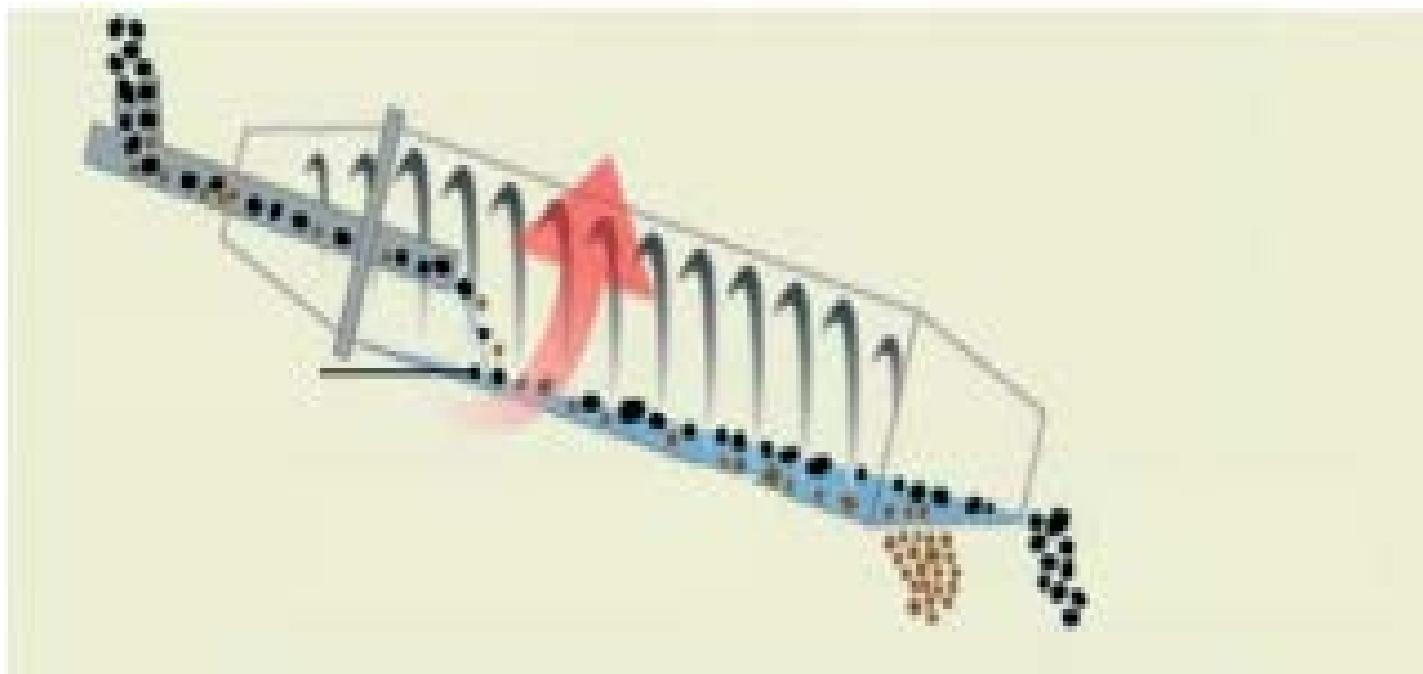
Pregled tehnologija za smanjenje emisija u zrak

Tehnologija	Mjesto djelovanja	SO _X	NO _X	Čestice	Toksične tvari
Čišćenje ugljena	prije izgaranja	✓		✓	
plamenici s niskom emisijom NO _x	na mjestu izgaranja		✓		
ubrizgavanje upijača u ložište	na mjestu izgaranja	✓			
ubrizgavanje u kanal dimnih plinova	poslije izgaranja	✓			
mokro odsumporavanje dimnih plinova	poslije izgaranja	✓			✓
suho odsumporavanje dimnih plinova	poslije izgaranja	✓			✓
selektivna nekatalitički red.	poslije izgaranja				
selektivna katalitička red.	poslije izgaranja				
kombinirano SO ₂ /NO _X	poslije izgaranja	✓	✓		✓
elektrostatski taložnici	poslije izgaranja		✓	✓	✓
vrećasti filtri	poslije izgaranja		✓	✓	✓
čišćenje vrućih plinova	poslije izgaranja		✓	✓	✓

Kontrola ispuštanje sumpornog dioksida

- **PRIJE IZGARANJA**
- **Sagorijevanje ugljena s niskim udjelom sumpora**
 - to bi bilo posebno korisno za nova industrijska i energetska postrojenja smještена blizu nalazišta takvog ugljena
- **Uklanjanje sumpora iz ugljena**
 - trenutno se, uglavnom **pranjem, uklanja 20-50%**, ali se znanstvenici nadaju razvoju bakterija koje bi sumpor uklanjale jeftinije i efikasnije
- **Pretvaranje ugljena u tekuće ili plinovito gorivo**
 - nedostatak ovakvog pristupa je nizak prinos energije

Ispiranje ugljena



- Koristi na mjestu pridobivanja ugljena

TEHNOLOGIJE ZA SMANJENJE EMISIJA SO₂

TIJEKOM IZGARANJA

- ***Uklanjanje sumpora za vrijeme izgaranja ugljena u fluidiziranom ležištu***
 - na dno ložišta ulazi struja zraka
 - temperatura ložišta se diže na 400-500°C pomoću plamenika na mazut, zatim se **ubacuje fino granulirani ugljen**, koji se sam zapali, pri čemu se podiže temperatura na 800-900°C
 - **kako se s ugljenom ubacuje i vapno, izgaranjem se odstranjuje oko 90% sumpora.**
 - glavna prednost ovog sustava izgaranja goriva, osim smanjenja emisije SO₂, sastoji se i u smanjenju emisije NO_x zbog relativno niskih temperatura izgaranja

TEHNOLOGIJE ZA SMANJENJE EMISIJA SO₂

NAKON IZGARANJA

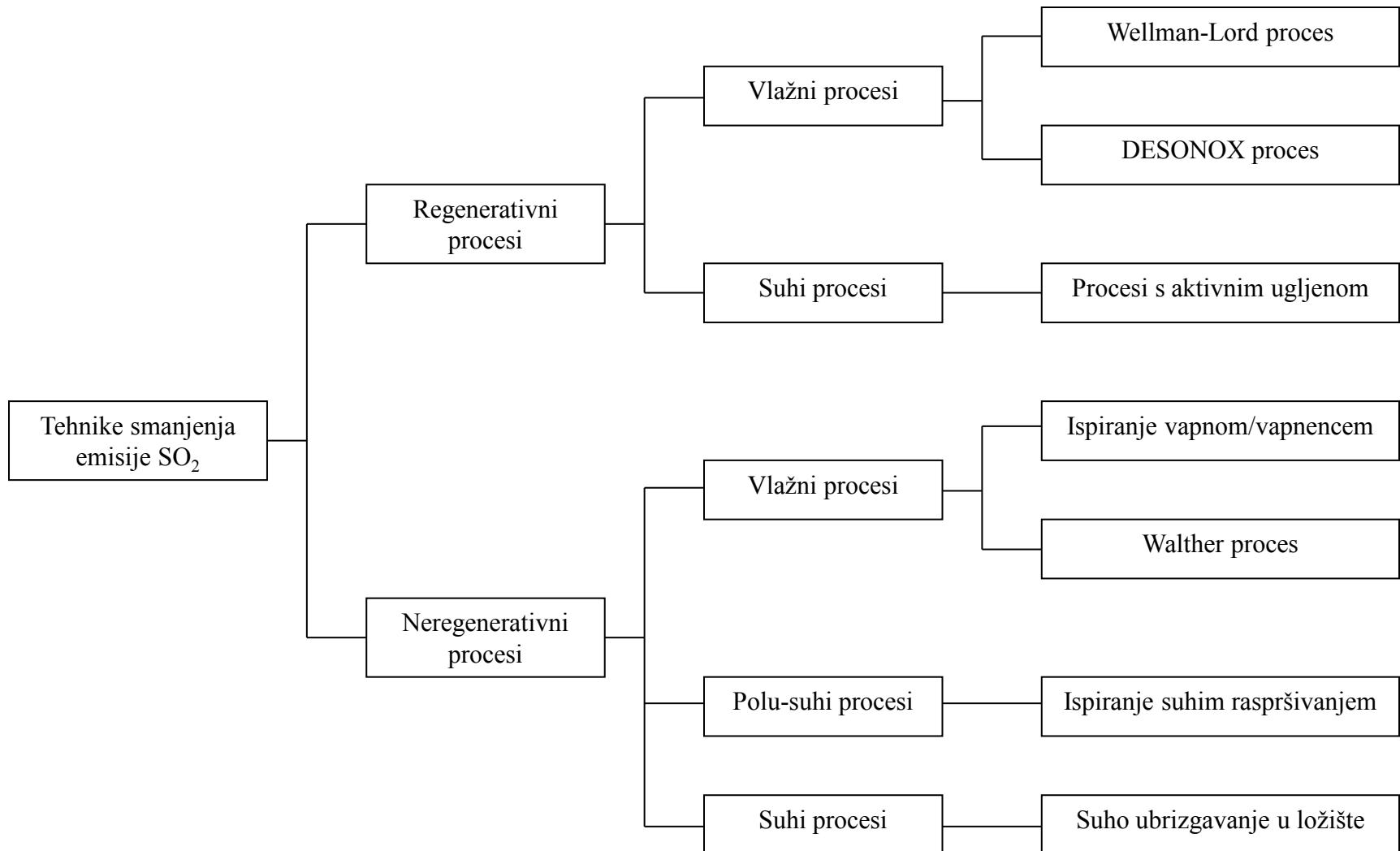
- **Korištenje dimnjaka viših od sloja temperaturne inverzije**
 - na taj način smanjuje se zagađenje u blizini postrojenja, ali raste u područjima koja se nalaze niz vjetar
- **Mokro odsumporavanje dimnih plinova**
 - dimni plinovi ulaze u veliku posudu gdje im se dodaje **mješavina vapna i vode**
 - kalcij iz otopine reagira sa SO₂ i tvori kalcijev sulfit ili kalcijev sulfat
 - krute se tvari slijеžu i stabiliziraju miješanjem s pepelom i vapnom te se odlažu na sanitarna odlagališta ili koriste u drugim procesima
 - **uobičajena efikasnost uklanjanja SO₂ putem mokrog odsumporavanja je 80-90%, a taj postotak raste za 5-10% kada se vapnu dodaju aditivi (npr. magnezij)**

TEHNOLOGIJE ZA SMANJENJE EMISIJA SO₂

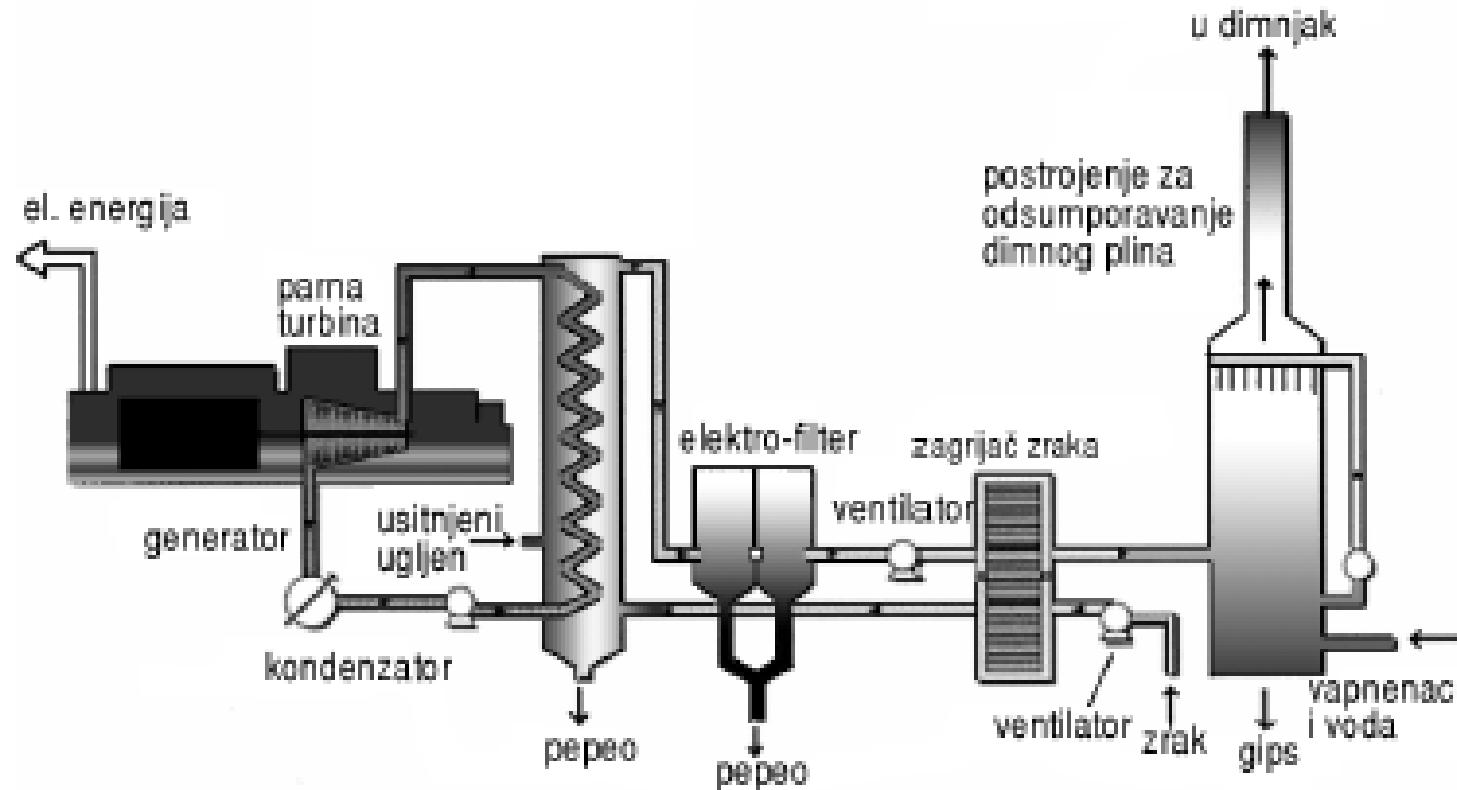
NAKON IZGARANJA

- **Suhoo dsumporavanje dimnih plinova**
 - mješavina vapna i vode atomizira se i raspršuje u dimnim plinovima, gdje kapljice isparavaju i reagiraju s SO₂
 - tako dobivena suha tvar sakuplja se na dnu posude i u opremi za uklanjanje čestica
 - **efikasnost postupka pri izgaranju ugljena s niskim udjelom sumpora je 70-90%**
- **Oporezivanje svake ispuštene jedinice SO₂**
 - na taj način potiče se razvoj i primjena efikasnijih i jeftinijih metoda za kontrolu ispuštanja štetnih tvari
 - tome se protivi industrija jer takav pristup košta više nego izgradnja visokih dimnjaka i zahtijeva od zagađivača da snose veći dio troškova koje sada snosi društvo
 - 1990. Francuska je postala prva zemlja koja je primijenila takav porez

Tehnike smanjenja emisije SO₂



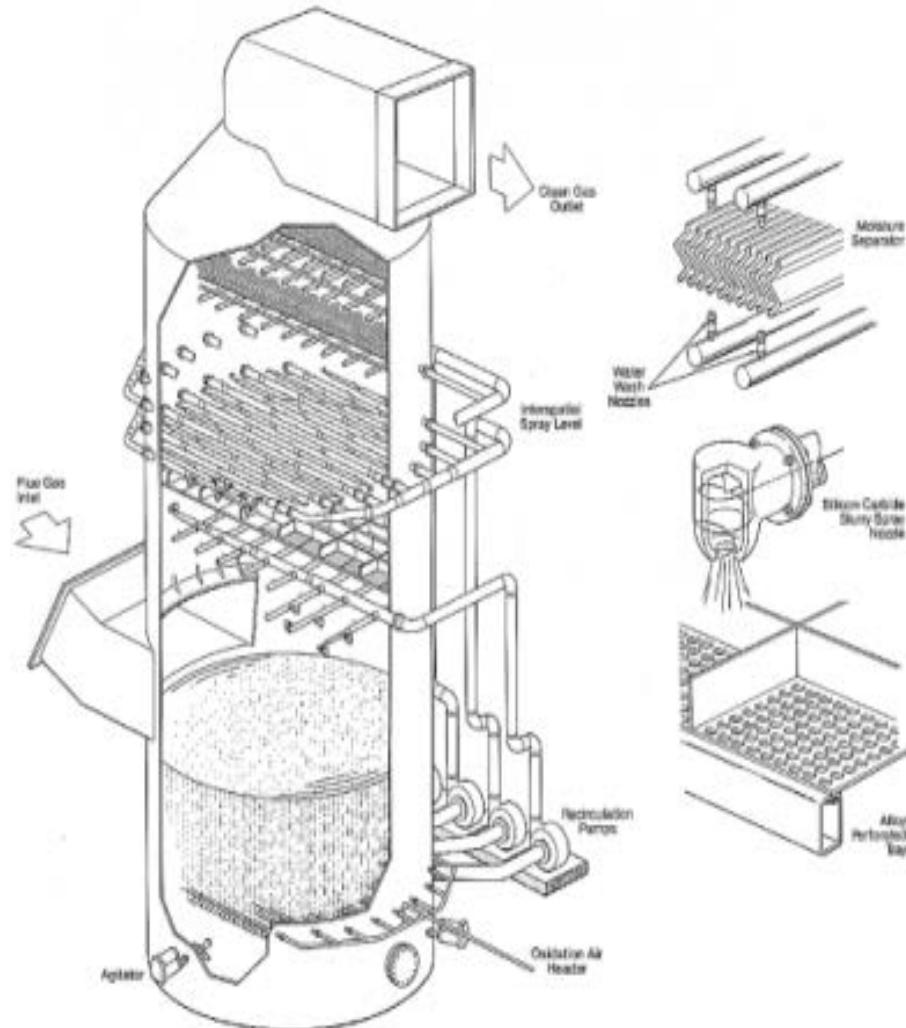
TEHNOLOGIJE ZA SMANJENJE EMISIJA SO₂



Tipična elektra na ugljen sa odsumporavanjem dimnih plinova

TEHNOLOGIJE ZA SMANJENJE EMISIJA SO₂

MOKRO
ODSUMPORAVANJE
DIMNIH PLINOVA



Utjecaj uređaja za mokro odsumporavanje na značajke TE Plomin 1

Postotak sumpora u gorivu		0,5	1,0	1,5
Donja ogrjevna moć goriva	MJ/kg	23,79	23,39	23,39
Elektrana bez uređaja za odsumporavanje				
Snaga na pragu elektrane		98	98	98
Neto efikasnost elektrane	%	30,654	30,654	30,654
Isporučena električna energija	GWh	539	539	539
Uredaj za odsumporavanje (WFGD)				
Efikasnost odsumporavanja	%	90	90	90
Potrošnja reagenta	t/h	0,71	1,45	2,18
Ukupna potrebna snaga za odsump.	kW	916,44	1206,48	1492,09
Elektrana s uređajem za odsumporavanje				
Ukupni gubitak snage na pragu elektrane	MW	1,63	1,92	2,21
Promjena efikasnosti zbog uređaja za odsumporavanje	%	- 1,667	- 1,963	- 2,254
Isporučena električna energija nakon ugradnje uređaja za odsumporavanje	GWh	530,035	528,440	526,85
Manje isporučeno električne energije	MWh	8.965	10.560	12.155

MEHANIZMI STVARANJA NO_x

Dušični oksidi (NOx) nastaju u ložištu na tri načina:

1. **NOx iz goriva koje nastaje oksidacijom dušika koji se nalazi u gorivu.** Količina NOx u dimnim plinovima ovisi o sadržaju dušika u gorivu, količini kisika za izgaranje i o temperaturi.
2. **Termički NOx koji nastaje oksidacijom dušika iz zraka za izgaranja.** Količina ovog NOx ovisi najviše **o temperaturi** plamena. Što su temperature više, to je veće i nastajanje NOx (kod temperatura preko 1 300 °C nastajanje NOx na ovaj način značajno raste).
3. **Trenutni NOx stvara se iz dušika u zraku za izgaranje,** a u prisutnosti slobodnih radikala ugljikovodika. **Nastaje kada je smjesa bogata gorivom i kod nižih temperatura.** Budući da su temperature u ložištu relativno visoke, koncentracija slobodnih radikala ugljikovodika je vrlo mala pa na ovaj način ne dolazi do značajnijeg stvaranja NOx .

Kontrola emisija NO_x

- Emisija NO_x može se smanjiti na sljedeće načine:
 - izborom goriva;
 - konstrukcijom ložišta;
 - primarnim mjerama (promjenama u izgaranju);
 - odušičivanjem dimnih plinova;
 - naprednim tehnologijama izgaranja

MEHANIZMI STVARANJA NO_x i mjere za smanjenje emisije

Vrsta	termalni NO _x	promptni NO _x	NO _x iz goriva
Porijeklo	molekularni dušik iz zraka za izgaranje	molekularni dušik	dušik organski vezan u gorivu
Uvjeti nastajanja	porast iznad 1300°C	s hidrokarbonskim radikalima, nije značajan za energetska postrojenja	oksidacijom goriva, jako ovisi o koncentraciji goriva, a slabo o temperaturi
Mjere za smanjenje	smanjenje temperature izgaranja, smanjenje vremena zadržavanja u područjima visokih temperatura	ne koriste se	smanjenje dovoda O ₂

TEHNOLOGIJE ZA SMANJENJE EMISIJE NO_x



TEHNOLOGIJE ZA SMANJENJE EMISIJE NO_x

- ***Uklanjanje NOx za vrijeme izgaranja u fluidizirajućem ležištu***
 - tako se može ukloniti 50-75% NO_x
- ***Smanjenje emisije NO_x snižavanjem temperatura izgaranja***
 - proizvodnja NO_x smanjila za 50-60%
 - tako bi se smanjila i efikasnost energetske pretvorbe, što bi povećalo proizvodnju CO₂
- ***Nakon izgaranja***
 - ***Uklanjanje NO_x putem selektivne nekatalitičke reakcije***
 - **u dimne plinove** ubacuje se **urea ili amonijak** što NO_x prevodi u elementarni dušik i vodu
 - udio NO_x u dimnim plinovima može se smanjiti **za 35-60%**

TEHNOLOGIJE ZA SMANJENJE EMISIJE NO_x

- Znatnu redukciju emisije dušikovih oksida može se ostvariti već primarnim mjerama, tijekom izgaranja, što se postiže **odgovarajućom konstrukcijom plamenika i stupnjevitim dovođenjem zraka i goriva.**
- Time se **smanjuju maksimalne temperature** u jezgri plamena i smanjuje se koncentracija kisika u zoni izgaranja.
- Količinu proizvedenog NOx na taj se način može smanjiti na vrijednost manju od 300 mg/m³ (do 40 %).

TEHNOLOGIJE ZA SMANJENJE EMISIJE NO_x

- **Sekundarne mjere** za smanjenje emisije NOx, koje se primjenjuju **iza zone izgaranja**, uključuju **selektivnu nekatalitičku redukciju** (SNCR) kojom se **amonijak** uvodi u generator pare na mjestu gdje vladaju temperature dimnih plinova od 850 °C do 900 °C.
- Time se postiže **smanjenje emisije od oko 70 %**.
- Uvođenjem **katalizatora** ostvaruje se selektivna katalitička redukcija (SCR) kojom se može ostvariti **smanjenje emisije NOx do 90 %**.
 - Tim je postupkom do sada stečeno i najveće iskustvo.
- **Oporezivanje svake ispuštene jedinice NOx**

ISPUŠTANJE ČESTICA

- Tokom izgaranja ugljena, **nesagorene mineralne tvari** (neorganske nečistoće) **tvore pepeo**.
- Dio pepela se **ispusti kroz dno ložišta**.
- **Čestice pepela koje se nalaze u struji dimnih plinova su poznate kao leteći pepeo.**
- Čestice se općenito označavaju kao “PM”, “PM 10”, “PM 2,5” (što znači čestice ekvivalentnog promjera od 10 mikrona ili manje, odnosno 2,5 mikrona ili manje).
- **Količina i karakteristike letećeg pepela i raspodjela veličine čestica ovisi o mineralnoj tvari u ugljenu, sistemu izgaranja i uvjetima rada kotla.**

ISPUŠTANJE ČESTICA

- **Mineralni sastav ugljena** i količina ugljika u letećem pepelu određuju količinu, specifični otpor i kohezivnost letećeg pepela.
- **Tehnologija izgaranja uglavnom određuje razdiobu veličina čestica i time konačnu emisiju čestica.**

ISPUŠTANJE ČESTICA

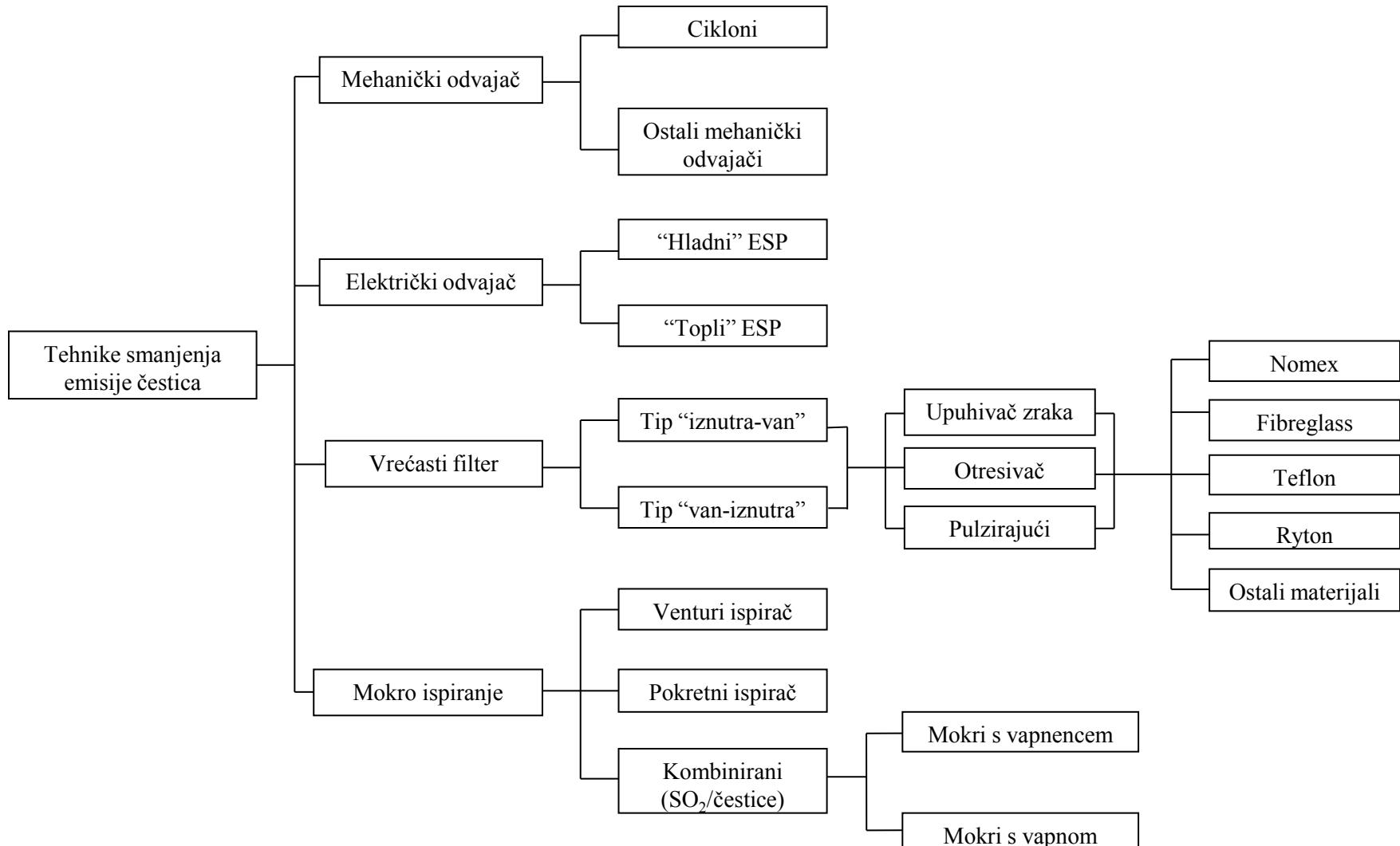
- Mjere za uklanjanje čestica iz dimnih plinova su u primjeni dugi niz godina i bile su **prve mjere smanjenja emisija u okoliš termoelektrana.**
- Emisije čestica mogu se smanjiti **preventivnim mjerama ili kontrolnim tehnologijama.**
- **Preventivne mjere**, su često troškovno efikasnije od kontrolnih tehnologija.
- U **preventivne mjeru spadaju: poboljšanje efikasnosti rada, dobro održavanje, izbor goriva, čišćenje goriva i izbor tehnologije itd.**
- **Poboljšanjem efikasnosti izgaranja**, količina letećeg pepela i produkata nekompletног izgaranja može se znatno smanjiti.

ISPUŠTANJE ČESTICA

- Emisija čestica u zrak mogu se znatno smanjiti **izborom čišćeg goriva.**
- Izgaranje **prirodnog plina** emitira neznatno malo čestica.
- Izgaranje **tekućih goriva** proizvodi relativno malu emisiju čestica u usporedbi s ugljenom.
- **Ugljen sa malo količinom pepela** sadrži malo nesagorivih mineralnih tvari i time nastaje manje emisija čestica.
- **Izbor goriva je određen mogućnošću dobave i cijenom.**
- Smanjenje pepela čišćenjem ugljena znatno smanjuje emisije čestica.

ISPUŠTANJE ČESTICA

Osnovne tehnologije za smanjenje emisije čestica



KONTROLNE MJERE ZA UKLANJANJE ČESTICA

Prije izgaranja

- **Pretvaranje ugljena u tekuće ili plinovito gorivo**
 - postupak je skup, a prinos energije malen.

Nakon izgaranja

- **Elektrostatski taložnici**
 - dimni se plinovi propuštaju između parova elektroda
 - čestice se prilikom električnog pražnjenja nanelektriziraju i sakupljaju na pločastoj elektrodi
 - efikasnost iznosi između **95 i 99%**
- **Vrećasti filtri**
 - čestice i dimni plinovi odvajaju se u vrećastim filtrima
 - glavna razlika između vrsta filtara je u izvedbi vreće za čišćenje
 - moguće je uklanjanje preko 99% čak i za čestice dimenzija 0,05-1,0 μm
- **Oporezivanje svake jedinice ispuštenih čestica**

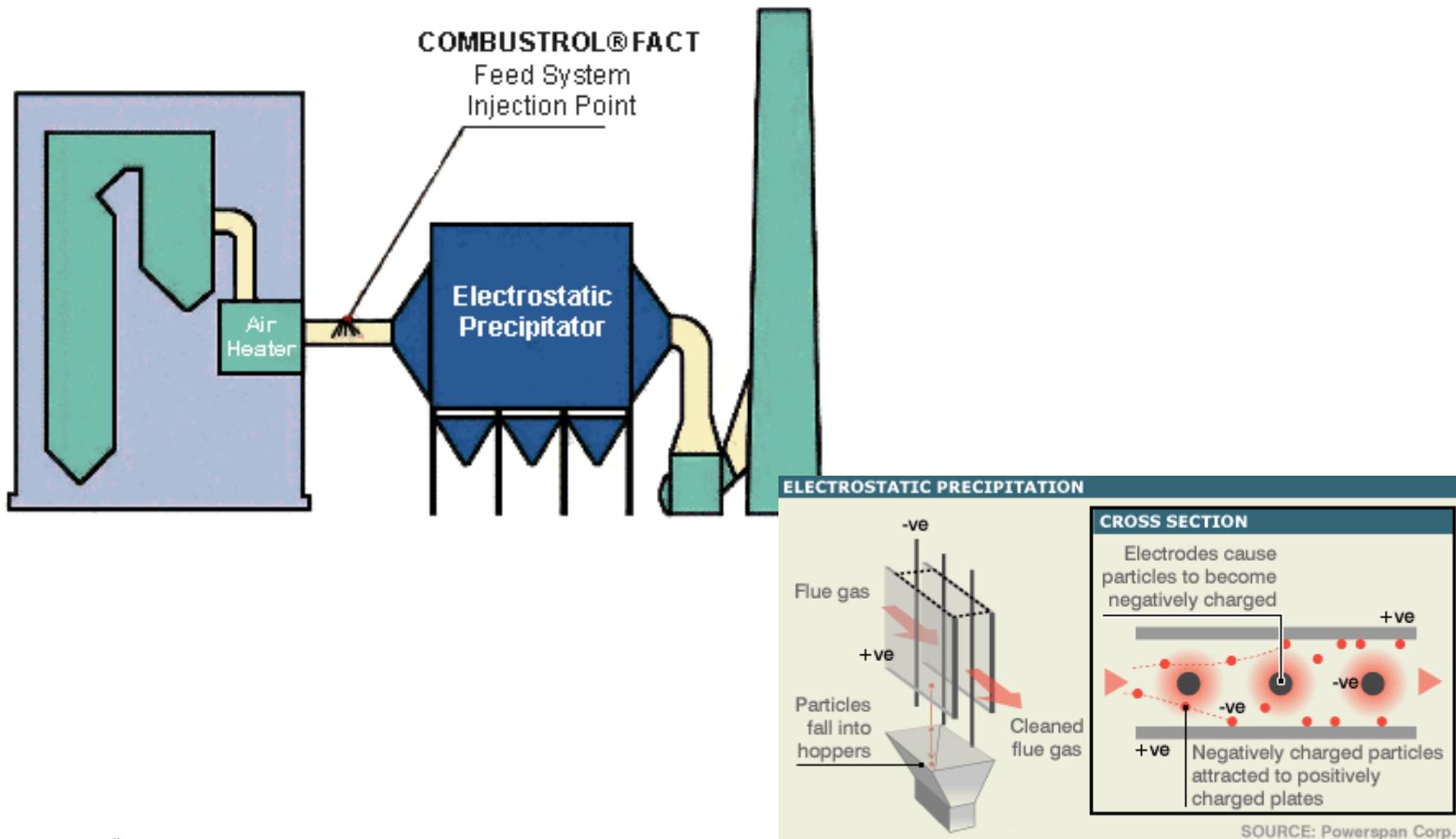
KONTROLNE MJERE ZA UKLANJANJE ČESTICA

ELEKTROSTATSKI TALOŽNICI

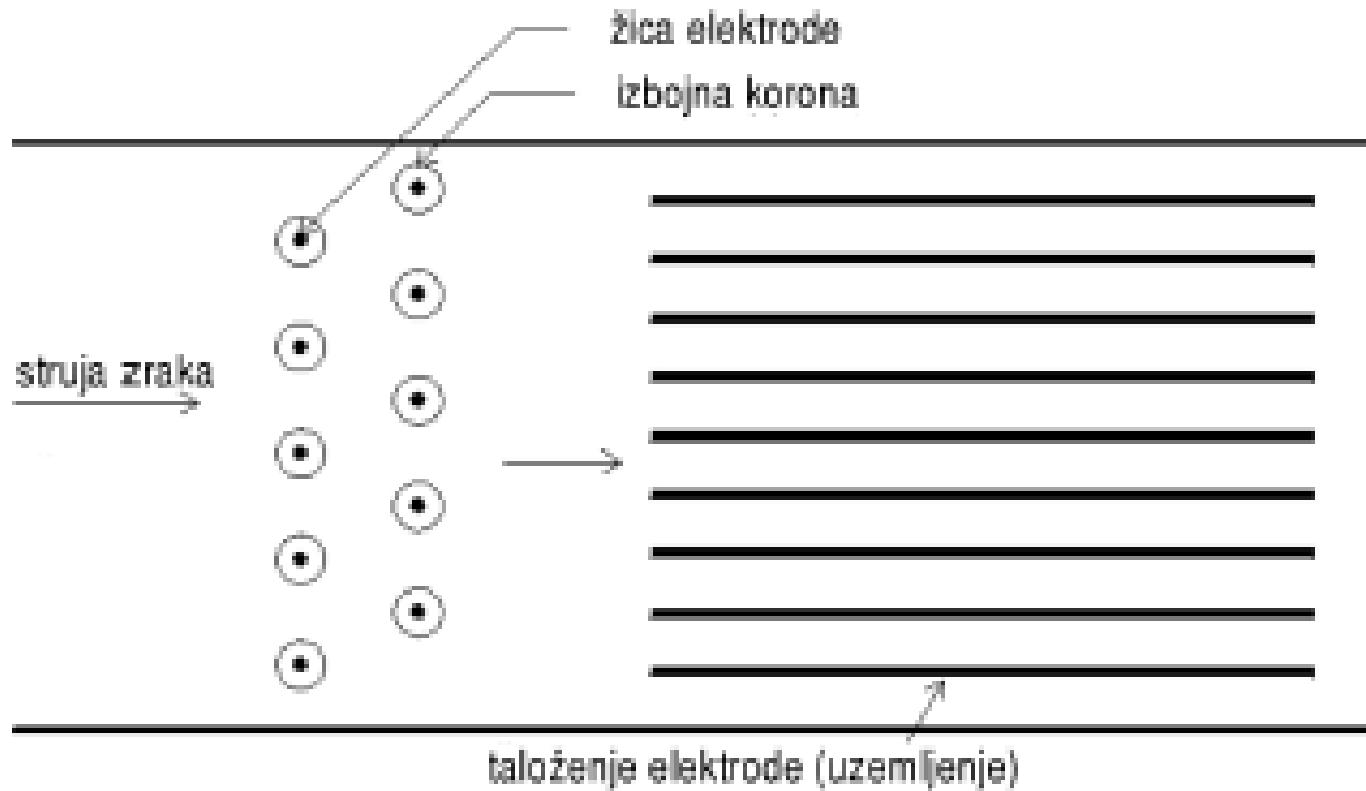
- Elektrostatski taložnik je uređaj za odstranjivanje čestica (npr. letećeg pepela, prašine i dr.) iz struje zraka ili drugih plinova koja ima veliki stalni protok.
- Elektrostatski taložnik je razvio američki kemičar **Frederic Gardner Cottrell (1877-1948)** i **koristi se od 1923. godine za smanjenje emisija čestica.**

KONTROLNE MJERE ZA UKLANJANJE ČESTICA

ELEKTROSTATSKI TALOŽNICI



KONTROLNE MJERE ZA UKLANJANJE ČESTICA



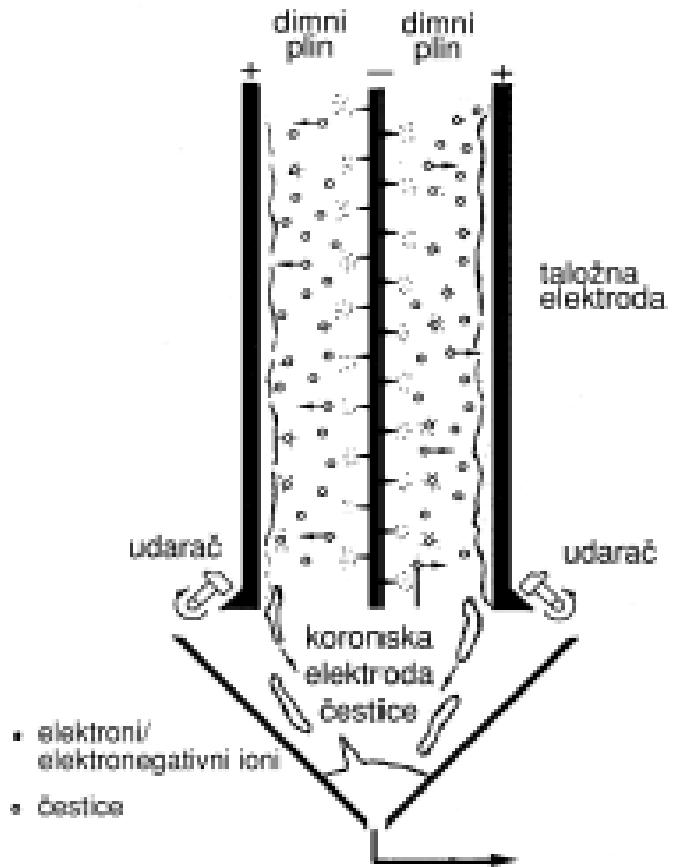
Principjelna shema elektrostatskog taložnika

KONTROLNE MJERE ZA UKLANJANJE ČESTICA

Tehnologija elektrostatskih taložnika

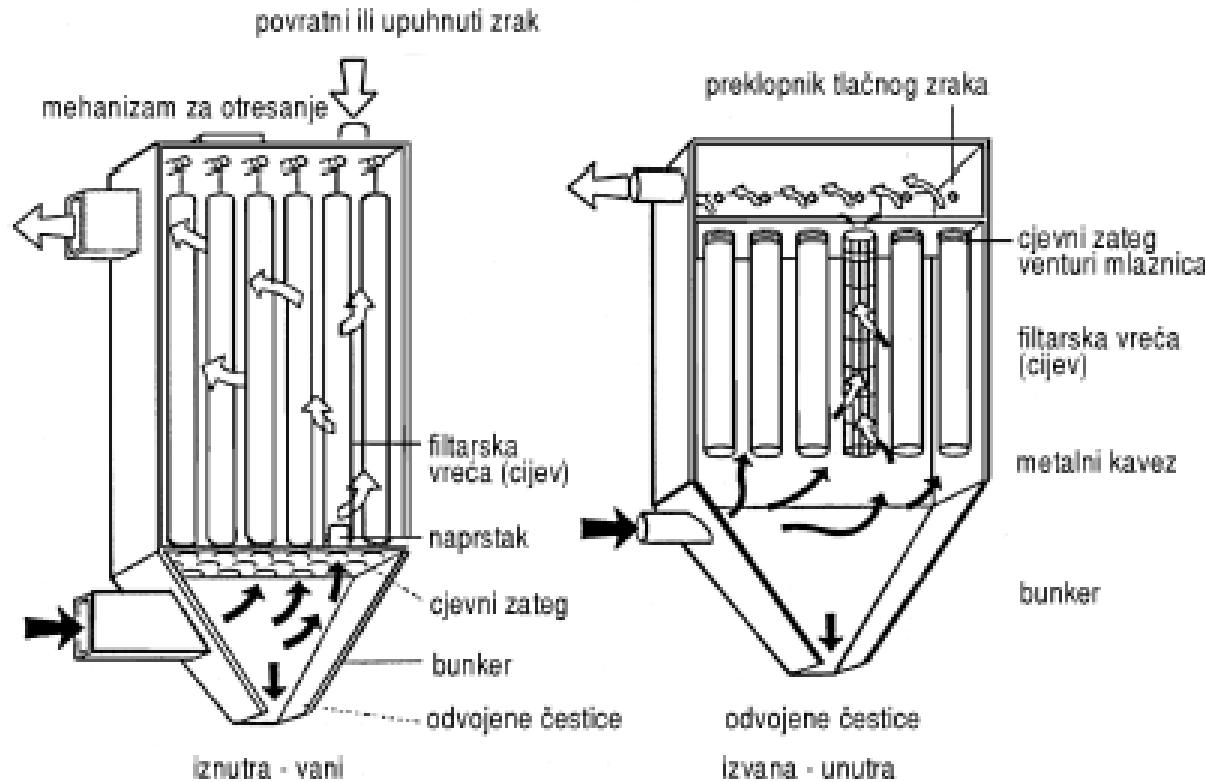
- Elektrostatski taložnici postižu izuzetno visoku **učinkovitost** i to obično **preko 99,5 %** (a može biti i veća od 99,9%) i bitno ne ovisi o kvaliteti ugljena i tipu ložišta i zbog toga mogu udovoljiti i najstrožim emisijskim standardima za čestice, a **jedino ograničenje su raspoloživi prostor i financijska sredstva.**
- Elektrostatski taložnici s velikom efikasnošću skupljanja imaju i **veliku efikasnost skupljanja čestica svih veličina**, tako da s dobro konstruiranim i održavanim elektrostatskim taložnikom može se postići **odličan nivo redukcije čestica PM-10 i PM-2,5.**
- Osim letećeg pepela **elektrostatski taložnici također smanjuju i emisije opasnih tvari** kao što su većina metala (**osim žive čija je većina emisije u obliku pare**).

KONTROLNE MJERE ZA UKLANJANJE ČESTICA



Prikaz pločastog elektrostatskog taložnika

KONTROLNE MJERE ZA UKLANJANJE ČESTICA



Principi izvedbe vrećastih filtara s obzirom na smjer strujanja dimnih plinova

Pregled tehnologija za smanjenje štetnih plinova u okoliš

Tehnologija	Karakteristike				Investicijski troškovi	
	% Efikasnost	% SO _x uklonjen	% NO _x uklonjen	% Čestica uklonjeno	Postojeća elektrana (\$/kW)	Nova elektrana (\$/kW)
Tehnologije primjenjive prije procesa izgaranja						
Fizičko čišćenje ugljena	-	10-40	Ništa	30-60 % smanjenje letećeg pepela do 70% smanjenje letećeg pepela	1-5\$/t ugljena	1-5\$/t ugljena
Napredno čišćenje ugljena	-	30-70	Ništa		5-10\$/t ugljena	5-20\$/t ugljena
Tehnologije primjenjive na procese termičke konverzije						
Uzgaranje ugljene prašine						
• Subkritikal	34-37	-	-	-	-	800-1000;
• Superkritikal	39-42	-	-	-	-	850-1050
• Ultrasuperkritikal	40-43	-	-	-	-	1000-1200
Plamenici s niskom emisijom NO _x (LNB)	-	Ništa	40-60	Ništa	5-10	1-3
LNB+OFA	-	Ništa	50-70	Ništa	10-25	3-10
Ponovno izgaranje	-	Ništa	40-70	Ništa	20-50	10-30
Ubrizgavanje upijača u ložište	-	30-60	Ništa	Ništa	50-80	70-100
Ubrizgavanje upijača u kanal dim. plinova						
• Prije elektrostatskog taložnika	-	30-70	Ništa	Ništa	60-120	50-100
• Poslije- elektrostatskog taložnika	-	70-90	Ništa	Ništa	100-200	80-170

Pregled tehnologija za smanjenje štetnih plinova u okoliš

Tehnologija	Karakteristike				Investicijski troškovi	
	% Efikasnost	% SO _X uklonjen	% NO _X uklonjen	% Čestica uklonjeno	Postojeća elektrana (\$/kW)	Nova elektrana (\$/kW)
Tehnologije primjenjive na procese termičke konverzije						
Izgaranje ugljena u fluidiziranom sloju na atmosferskom tlaku	34-37	70-95	50-80	99,9	Ovisno o lokaciji	1000-1300
Izgaranje ugljena u fluidiziranom sloju pod tlakom	38-45	80-95	50-80	99,9	Ovisno o lokaciji	1150-1250
Rasplinjavanje ugljena i upotreba dobivenog plina u kombiniranom plinsko-parnom procesu (IGCC)	38-45	90-99.9	60-90	99,9	-	1200-1400

Pregled tehnologija za smanjenje štetnih plinova u okoliš

Tehnologija	Karakteristike				Investicijski troškovi	
	% Efikasnost	% SO _X uklonjen	% NO _X uklonjen	% Čestica uklonjeno	Postojeća elektrana (\$/kW)	Nova elektrana (\$/kW)
Tehnologije za smanjenje emisija iz dimnih plinova						
Napredni elektrostatski taložnici (ESP)	-	Ništa	Ništa	Do 99,9	40-60	40-60
Vrećasti filtri	-	Ništa	Ništa	Do 99,9	50-70	50-70
Mokro odsumporavanje dimnih plinova (FGD)	-	90-99	Ništa	Ništa	100-150	70-150
Suho odsumporavanje dimnih plinova (FGD)	-	70-90	Ništa	Ništa	140-210	110-165
Kombinirano NO _X -SO _X	-	80-95	80-90	Moguće	300-400	300-400
Selektivna nekatalitička redukcija (SNCR)	-	Ništa	30-50	Ništa	10-30	10-20
Selektivna katalitička redukcija (SCR)	-	Ništa	50-95	Ništa	50-100	50-100
Čišćenje vrućih plinova	-	Ništa	Ništa	Do 99.9	-	-

Napredne tehnologije za uporabu ugljena u elektroenergetici

Do danas su razvijene i dobriim dijelom i praktično ispitane tehnologije:

- **Izgaranje ugljena u fluidiziranom sloju**
 - pod atmosferskim tlakom
 - pod tlakom većim od atmosferskog
- **Rasplinjavanje ugljena** i upotreba plina u kombiniranom plinsko-parnom procesu

Tehnologije izgaranja ugljena u fluidiziranom sloju

- U procesu izgaranja ugljena uvijek jedan mali dio sumpora ostane vezan za neizgorjeli anorganski ostatak (troska i pepeo).
- Nastojanje da se ovaj dio poveća dovelo je do razvijanja **značajnih modifikacija ložišta i procesa izgaranja**, uz dodavanje vapna ili vapnenca u samom ložištu za neutralizaciju sumpora.
- Jedan od tih procesa je i **proces izgaranja u fluidiziranom sloju**.
- On se u principu može primijeniti na sve vrste industrijskih ložišta, s tim što **mala i srednja ložišta mogu raditi pod atmosferskim tlakom** (Atmospheric Fluidized-Bed Combustion - ABFC), dok se kod **velikih ložišta besprijeckorna fluidizacija postiže samo pod tlakom višim od atmosferskog** (Pressurized Fluidized-Bed Combustion - PBFC).

Tehnologije izgaranja ugljena u fluidiziranom sloju

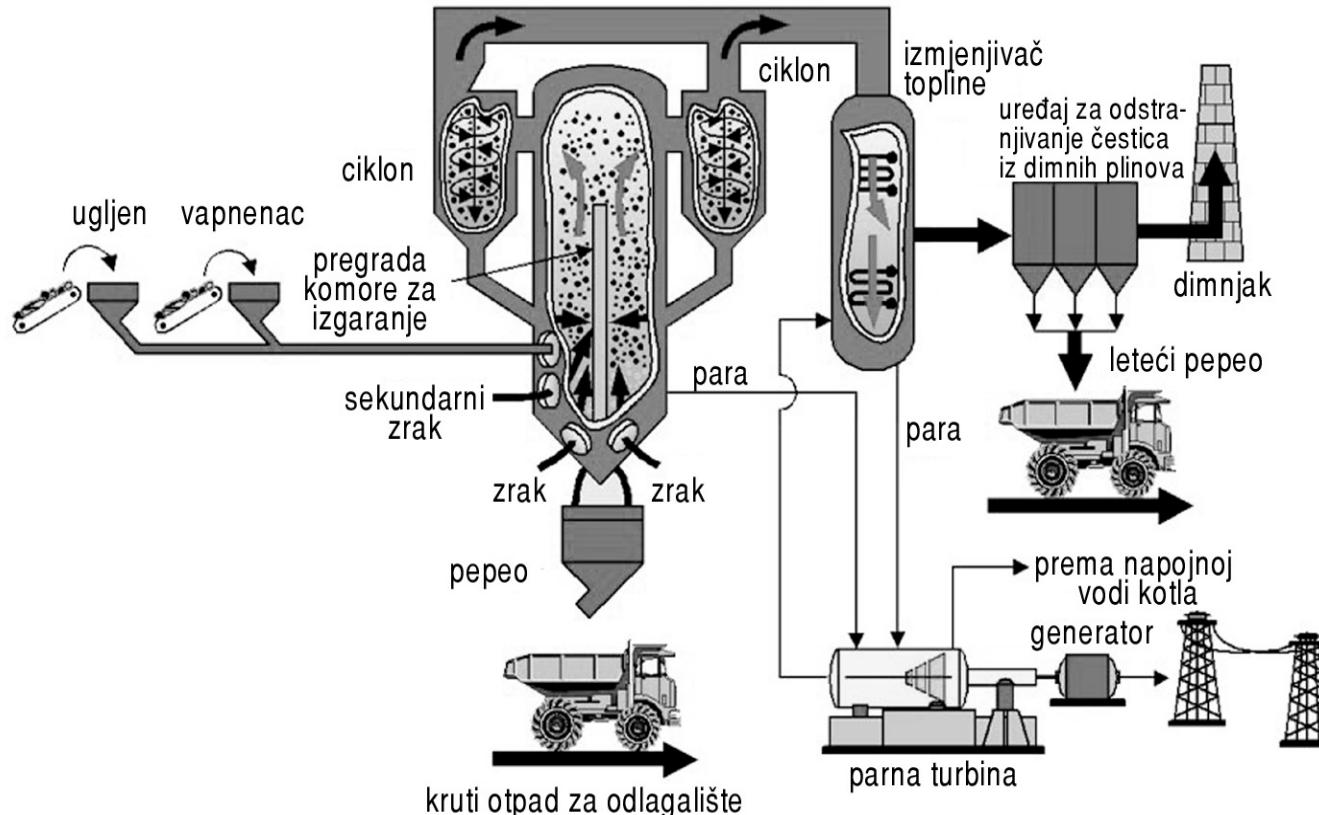
- Osnovna ideja tehnologije izgaranja ugljena u fluidiziranom sloju je **u upotrebi ložišta kotla kao bitnog elementa za smanjenje emisija štetnih tvari** u dimnim plinovima.
- **Sumporni dioksid koji nastaje izgaranjem sumpora se u ložištu kotla veže s kalcijevim karbonatom** (vapnenac) koji se prije ulaza u kotao miješa s drobljenim ugljenom.
- Temeljne kemijske reakcije u ložištu kotla relevantne za proces odstranjivanja sumpora su :
 - $\text{CaCO}_3 \Rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$
 - $\text{CaO} + \text{SO}_2 + 1/2 \text{O}_2 \Rightarrow \text{CaSO}_4$
- **Sumporni dioksid koji nastaje izgaranjem sumpora sadržanom u ugljenu se veže s vapnom u gips.**
- Gips nije štetan za okoliš i upotrebljiv je u građevinarstvu.

Tehnologije izgaranja ugljena u fluidiziranom sloju

Izgaranje ugljena u fluidiziranom sloju pod atmosferskim tlakom

- Najveći dio postrojenja koja su danas u pogonu (riječ je o nekoliko stotina postrojenja) primjenjuju izgaranje ugljena u fluidiziranom sloju na atmosferskom tlaku
- Ako se izgaranje ugljena u fluidiziranom sloju vrši na atmosferskom tlaku u elektrani se uz takvo izgaranje primjenjuje **klasični parni kondenzacijski ciklus**
- **Stupanj toplinske učinkovitosti elektrane** je viši nego kod boljih postrojenja klasične izvedbe u kojima izgara ugljena prašina (**38-40%**).
- Bolja se učinkovitost očekuje uz primjenu pare superkritičnih parametara.

Tehnologije izgaranja ugljena u fluidiziranom sloju



Elektrana s izgaranjem ugljena u atmosferski cirkulirajućem fluidiziranom sloju kotla

IZGARANJE UGLJENA U FLUIDIZIRANOM SLOJU POD TLAKOM S KOMBINIRANIM PARNO-PLINSKIM CIKLUSOM

- Za razliku od izgaranja ugljena u fluidiziranom sloju pod atmosferskim tlakom u **fazi razvoja je tehnološki postupak za primjenu takvog načina izgaranja pod tlakom višim od atmosferskog.**
- Tim se postupkom **pored čišćenja dimnih plinova u ložištu postiže i poboljšanje učinkovitosti pretvorbe toplinske u električnu energiju**
- Kod upotrebe ugljena kao energenta je moguća primjena kombiniranog procesa (Braytonovog i Rankineovog procesa) **upotrebom parne i plinske turbine.**
- Tu su od većih postrojenja TE Tidd 70 MW u SAD te elektrane slične snage u Japanu (TE Wakarmatsu) i u Španjolskoj (TE Escatron).
- Prototipna postrojenja su u razvoju i u Švedskoj (ABB), Finskoj (Tampella Power Inc.) te Njemačkoj (Krupp)

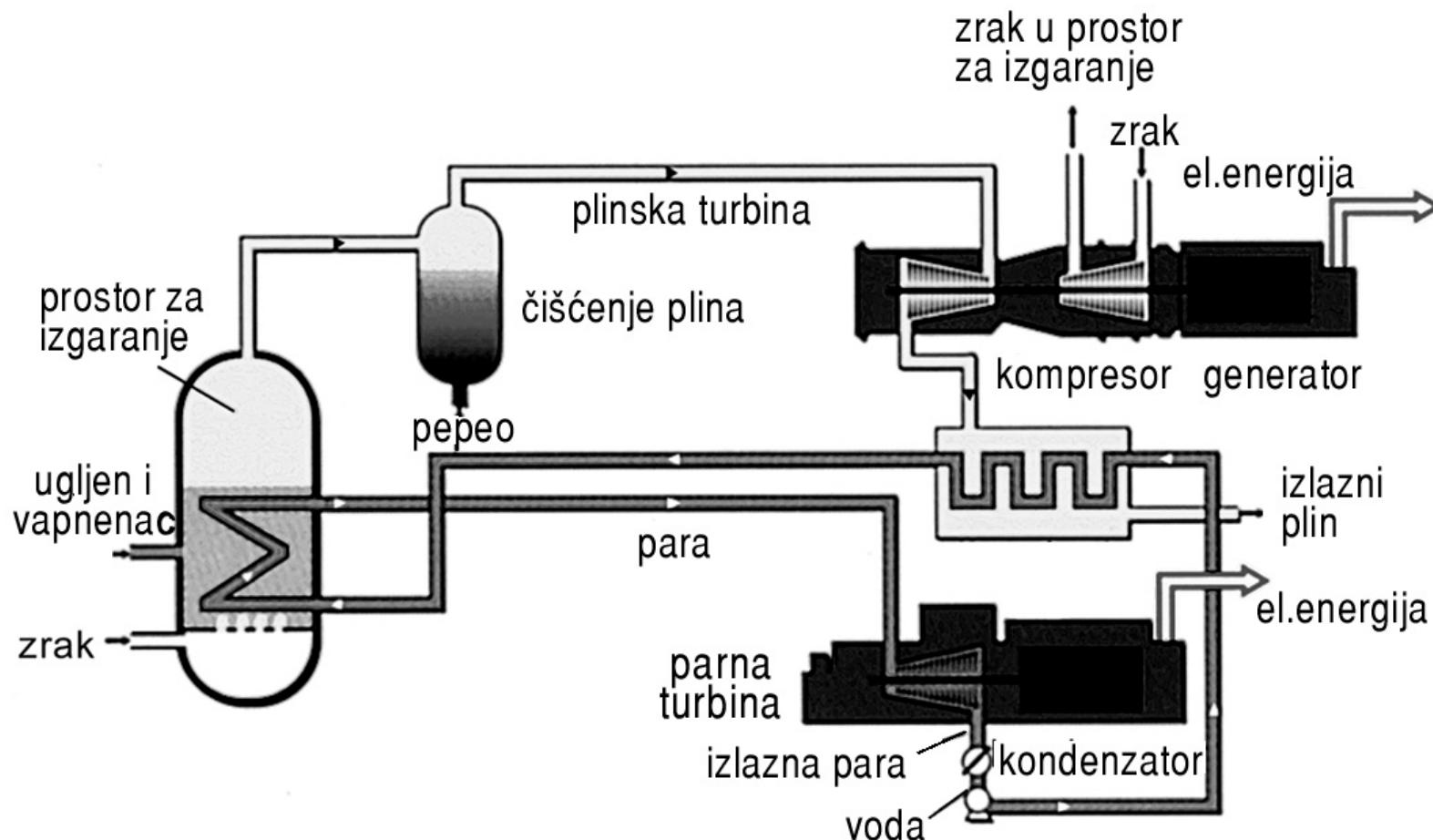
IZGARANJE UGLJENA U FLUIDIZIRANOM SLOJU POD TLAKOM S KOMBINIRANIM PARNO-PLINSKIM CIKLUSOM

- **U kotlu se proizvodi para za pogon parne turbine** (cijevi s vodom i parom prolaze kroz fluidizirani sloj koje ujedno i reguliraju temperaturu izgaranja) i dimni plinovi pod tlakom za pogon plinske turbine.
- Zbog povišenog tlaka **dimenzije kotla su relativno male** pa je i mu je i cijena povoljnija nego kod kotlova za izgaranje ugljena u fluidiziranom sloju na atmosferskom tlaku.

IZGARANJE UGLJENA U FLUIDIZIRANOM SLOJU POD TLAKOM S KOMBINIRANIM PARNO-PLINSKIM CIKLUSOM

- Temeljni tehnološki problem pogona ovih postrojenja je **pouzdano rješenje problema odstranjenja letećeg pepela iz vrelih dimnih plinova prije njihovog propuštanja u plinsku turbinu**
- Trenutno su PFBC sustavi ispitani i primjenjivi za postrojenja snage manje od 100 MW, a imaju **efikasnost oko 42%**
- Za filtriranje dimnih plinova se zbog visoke temperature moraju upotrebljavati keramički materijali.
- **Filteri su izrađeni u obliku keramičkih cijevi**

IZGARANJE UGLJENA U FLUIDIZIRANOM SLOJU POD TLAKOM S KOMBINIRANIM PARNO-PLINSKIM CIKLUSOM



Kombinirani ciklus izgaranja ugljena u fluidiziranom sloju pod tlakom

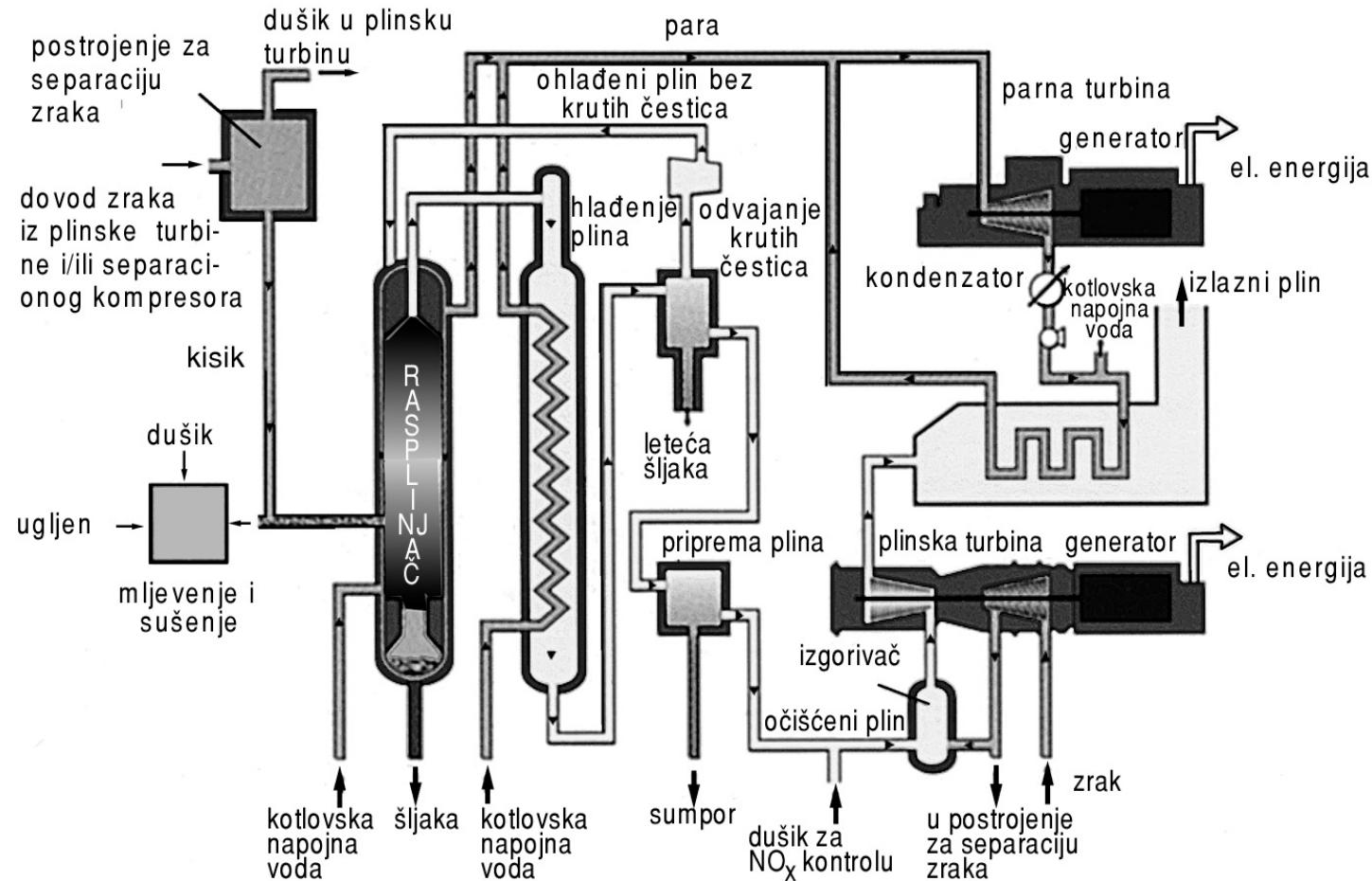
RASPLINJAVANJE UGLJENA S KOMBINIRANIM PLINSKO PARNIM TOPLINSKIM CIKLUSOM

- Temelj ove tehnologije se sastoji rasplinjavanju ugljena te korištenje dobivenog plina u kombiniranom plinsko parnom toplinskom ciklusu.
- Termoelektrane s integralnim rasplinjavanjem ugljena i kombiniranim plinsko parnim ciklusom (**IGCC**) za pretvorbu toplinske u električnu energiju su danas dostigle stupanj razvoja koji dozvoljava da ih se tretira kao tehnički i komercijalno zrela postrojenja za primjenu u elektroprivredi
- **Postrojenje elektrane se sastoji iz tri osnovna dijela:**
 - Postrojenje za proizvodnju pročišćenog plina kao goriva za plinsku turbinu
 - Postrojenje za separaciju zraka
 - Postrojene kombiniranog plinsko-parnog ciklusa.

RASPLINJAVANJE UGLJENA S KOMBINIRANIM PLINSKO PARNIM TOPLINSKIM CIKLUSOM

- Kombinirani proces s integralnim rasplinjavanjem ugljena (Integrated Gasification Combined Cycle, IGCC) zamjenjuje uobičajeno ložište na ugljen rasplinjačem i plinskom turbinom.
- **Preko 99% sumpora uklanja se prije izgaranja plina.**
- Toplina na izlazu iz plinske turbine koristi se za proizvodnju pare za konvencionalnu parnu turbinu.
- Plinska i parna turbina rade zajedno u kombiniranom ciklusu.

RASPLINJAVANJE UGLJENA S KOMBINIRANIM PLINSKO PARNIM TOPLINSKIM CIKLUSOM



Integrirana jedinica kombiniranog postupka s rasplinjavanjem ugljena

RASPLINJAVANJE UGLJENA S KOMBINIRANIM PLINSKO PARNIM TOPLINSKIM CIKLUSOM

- **Energetska bilanca postrojenja je slijedeća:**
- Od **100%** toplinske energije koje u postrojenje unosi ugljen:
 - **75%** energije se iz rasplinjača odvodi **proizvedenim plinom**,
 - **25%** parom (kojom se hlađe vreli plinovi u rasplinjaču) a
 - **10 % su gubici u procesu rasplinjavanja** i čišćenju plinova (šljaka, sumpor i toplinski gubici).
- Od **90% energije** (plin+para) koje se dovodi kombiniranom ciklusu
 - **47% se pretvara u električnu energiju** na generatoru (to je ujedno i bruto iskoristivost elektrane) a
 - **ostatak (43%)** se (s izuzetkom toplinskih gubitaka) **odvodi u kondenzator parne turbine i dimnjak ispušnih plinova**

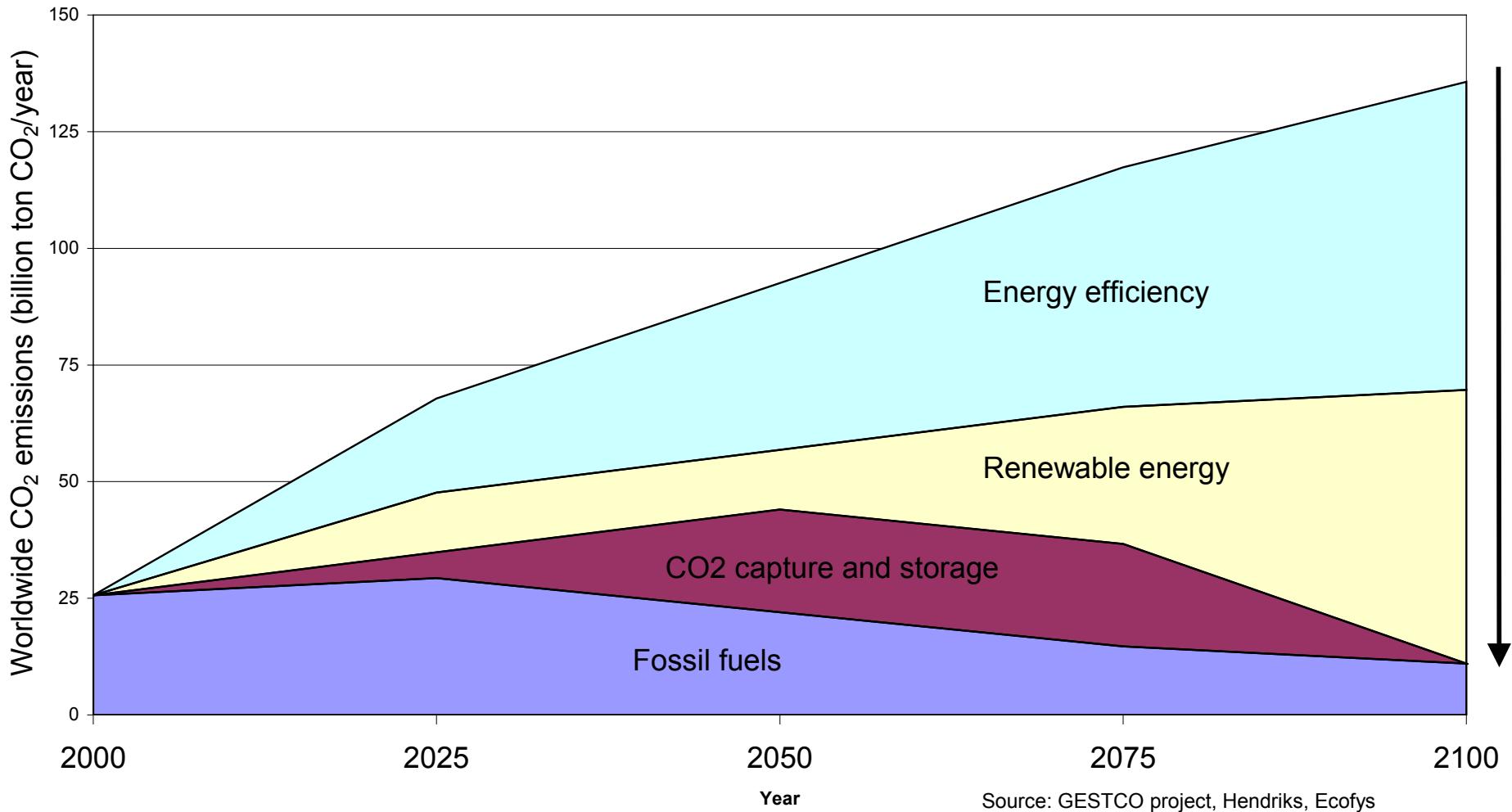
Dekarbonizacija fosilnih goriva



Kako smanjiti emisije?

- Danas je postalo jasno da zajedničkim djelovanjem porasta energetske učinkovitosti i primjene obnovljivih izvora energije **nije moguće na vrijeme** postići potrebnu razinu smanjenja emisija.
- Djelotvorno ograničavanje globalne promjene klime zahtijeva i primjenu **hvatanja (capture) i skladištenja (storage) CO₂, (engl. CCS - Carbon Capture and Storage)** u podzemnim geološkim formacijama.

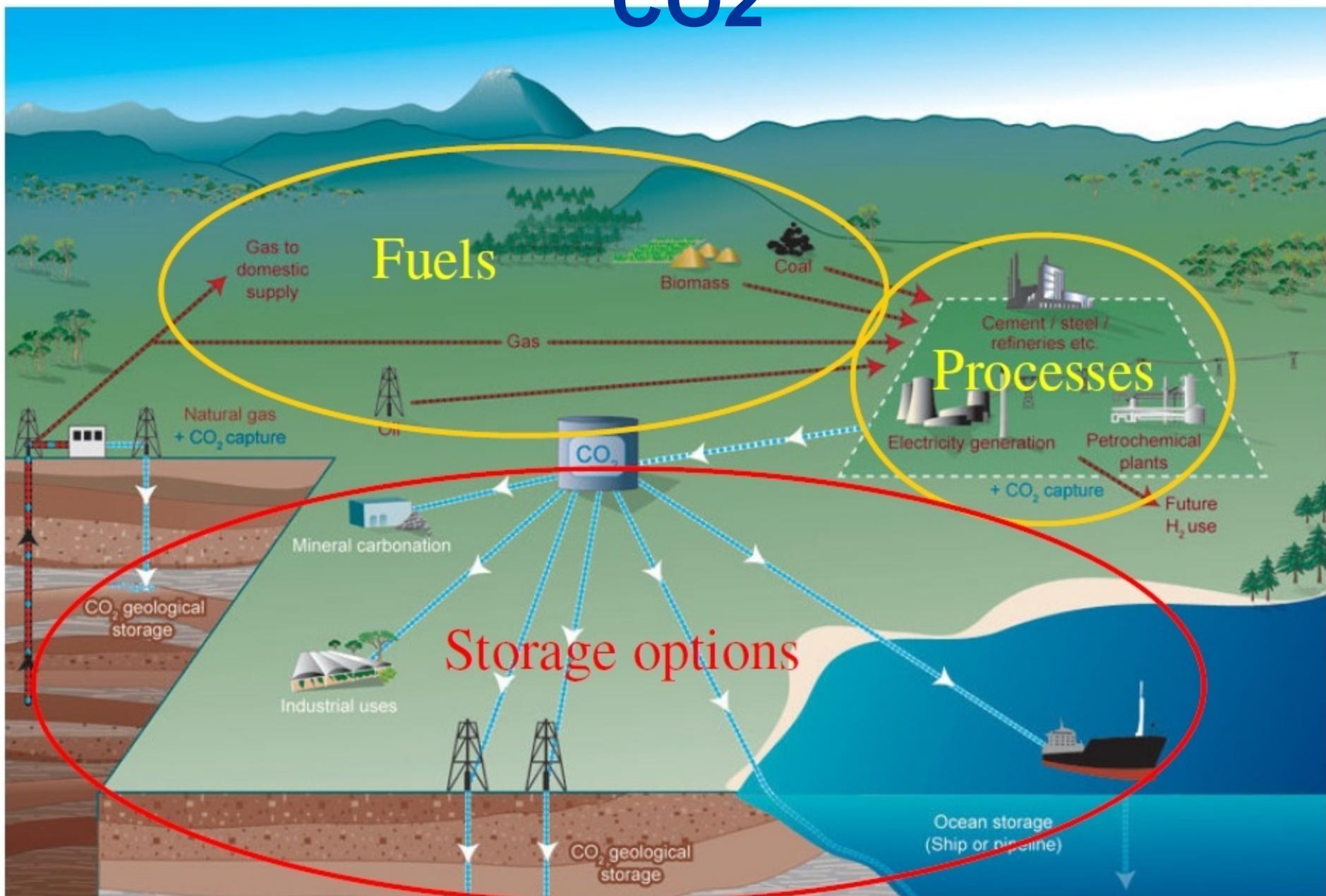
Mogućnosti smanjenja emisija



Mogućnosti smanjenja emisija

- Primjena CCS tehnologije bit će učinkovita podrška postupnom prijelazu od sadašnjeg sustava korištenja fosilnih goriva prema novom sustavu dobave energije, čija će raznolikost zadovoljavati zahtjeve minimalnog utjecaja na klimatske promjene.
- Naš sadašnji sustav dobave energije u prijelaznom razdoblju ostat će u najvećoj mjeri nepromijenjen, ali uz obavezu izgradnje nove infrastrukture.

Sutav hvatanja i spremanja CO₂



Što je hvatanje i uskladištenje CO₂ ?

- Sva fosilna goriva sadrže ugljik.
- Prilikom izgaranja, ugljik se spaja s kisikom iz zraka stvarajući CO₂.
- Uklanjanjem ugljika **prije ili poslije procesa izgaranja**, npr. u termoelektranama, sprječava se ispuštanje CO₂ u atmosferu.
- Uređaj za uklanjanje CO₂ tako postaje izvor **koncentriranog CO₂, kojeg treba transportirati u podzemno ležište.**

Što je hvatanje i uskladištenje CO₂ ?

- Podzemno ležište može biti:
 - iscrpljeno ležište nafte ili plina,
 - duboki slojevi ugljena ili
 - vodonosnici (stijene ispunjene slanom vodom).
- Nove termoelektrane i velika industrijska postrojenja **treba opremiti uređajima za hvatanje CO₂ i cjevovodima za njegov transport do mesta utiskivanja u podzemna skladišta.**

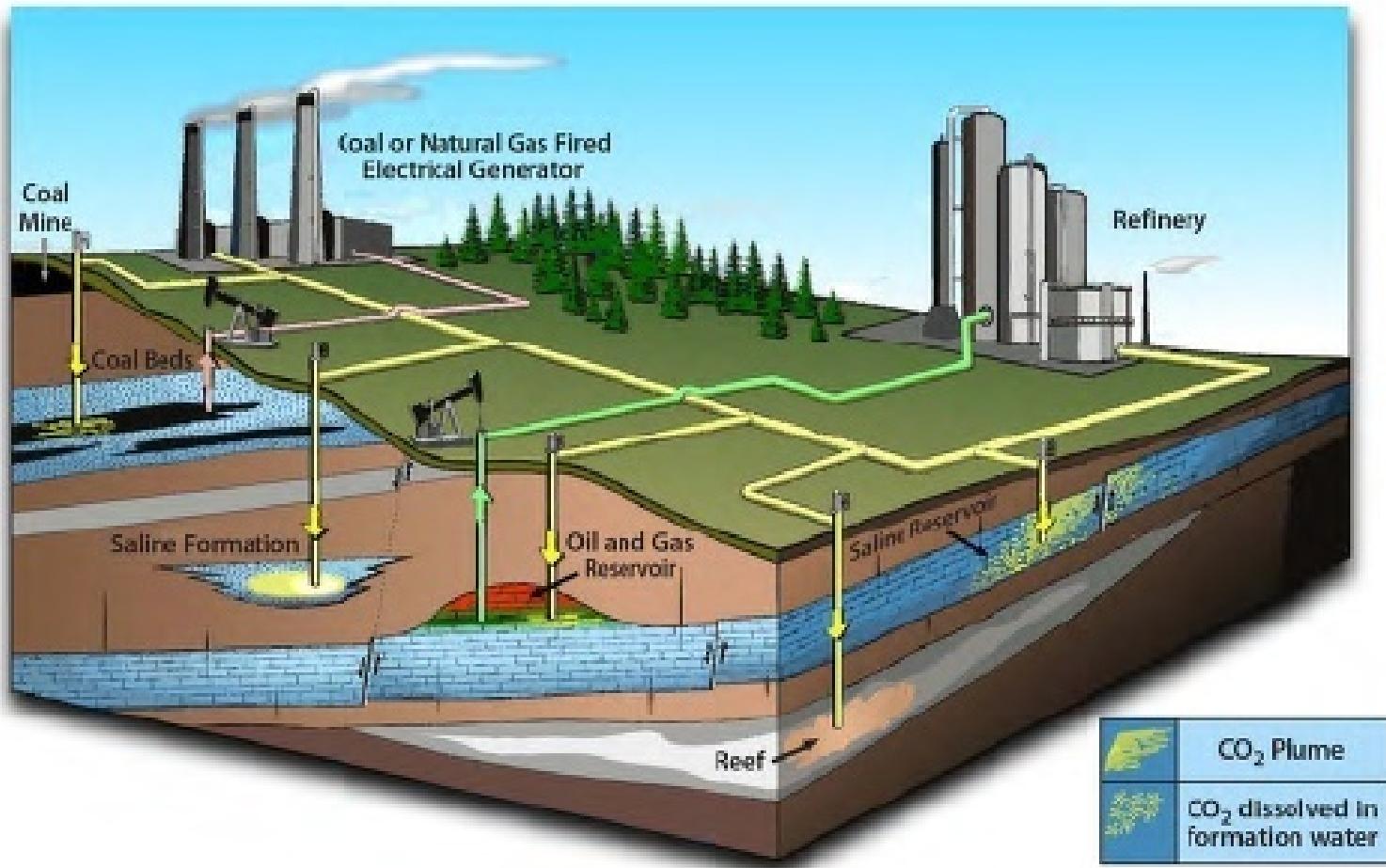
Gdje i kako "uhvatiti" CO₂ ?

- Oko 60% emisija CO₂ ljudskog porijekla događa se na velikim stacionarnim izvorima (tzv. Točkasti izvori), kao što su termoelektrane, rafinerije, postrojenja za pročišćavanje prirodnog plina, tvornice cementa i druga industrijska postrojenja.
- U okviru većine tih industrijskih procesa, otpadni, dimni plin sadrži od 5% do 15% CO₂.
- Jedna mogućnost je **odvojiti CO₂ od ostalih sastojaka** u dimnom plinu, i tako dobiti plin koji sadrži više od 90% CO₂.

Gdje i kako "uhvatiti" CO₂ ?

- Drugi način je **uklanjanje ugljika iz goriva prije izgaranja**, kao u slučaju kada se iz prirodnog plina (metan, CH₄) proizvodi smjesa vodika, H₂ i CO₂.
- Tehnologija hvatanja CO₂ iz struje otpadnih plinova dobro je poznata i uhodana u različitim industrijskim procesima.
- Sada se izdvojeni CO₂ uglavnom ispušta u atmosferu, dok se samo **male količine**, nakon dodatnog pročišćavanja, koriste u **industriji gaziranih napitaka**.
- Postojeće tehnologije i procesi uklanjanja CO₂ još nisu prilagođeni velikim razmjerima primjene, koje zahtijevaju emisije iz termoelektrana.

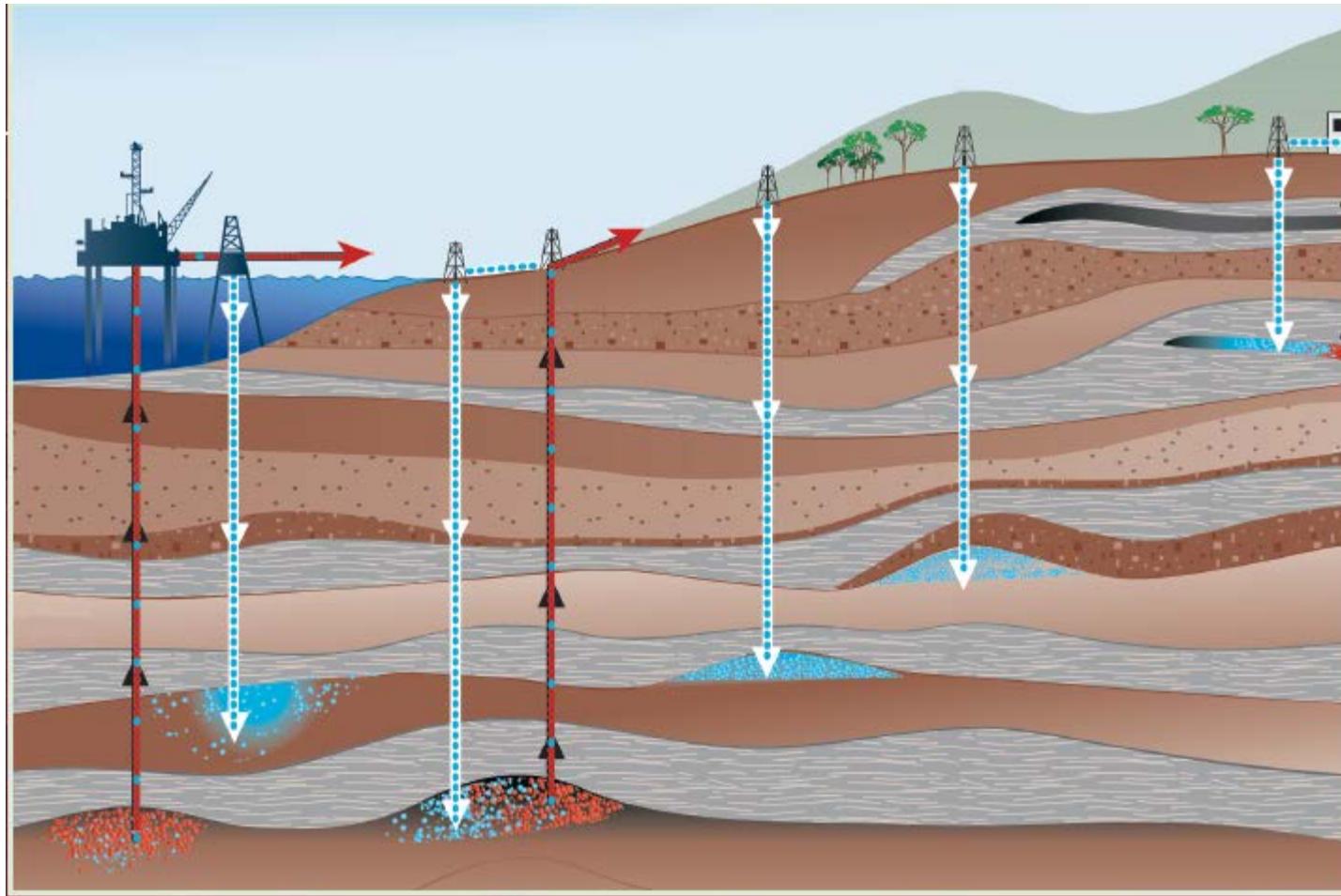
Gdje uskladišiti CO₂?



Gdje uskladištitи CO₂?

- Nakon hvatanja, CO₂ se može **uskladištitи ili ponovno koristiti**, npr. u industriji napitaka ili u staklenicima za poticanje rasta biljaka.
- Tržište za ovaku komercijalnu uporabu CO₂ **jako je ograničено**, tako da najveći dio prikupljenog CO₂ **treba permanentno, zauvijek uskladištitи u geološkim formacijama**, koje uključuju iscrpljena naftna i plinska ležišta, duboke vodonosnike te duboke i za eksploataciju nedostupne slojeve ugljena.
- CO₂ se također može ukloniti kemijskim vezanjem u minerale.

Gdje uskladišiti CO₂?



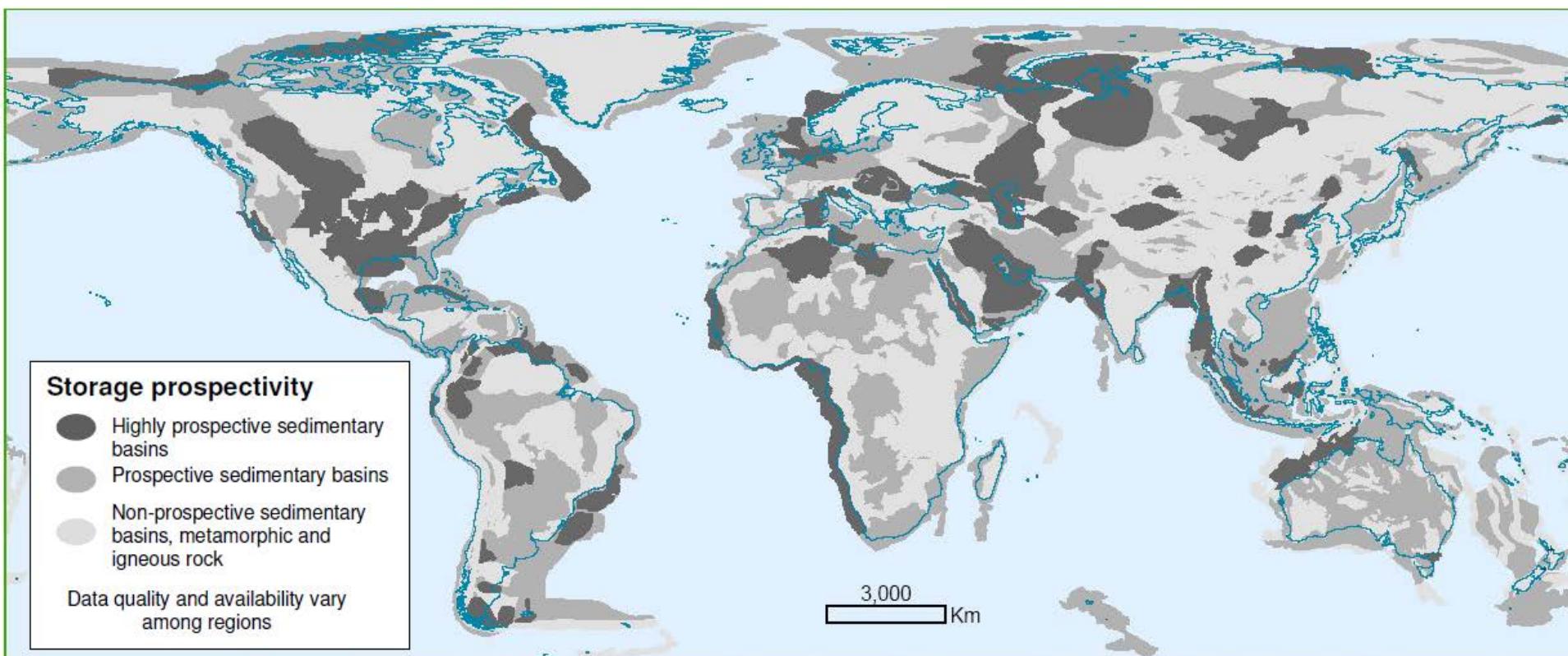
Gdje uskladištitи CO₂?

**Globalni kapacitet mogućeg geološkog
skladištenja CO₂ (1 Gt = 1 milijarda tona)**

Opcija	Kapacitet skladištenja u Gt CO ₂
Duboki slani vodonosnici (geološki slojevi ispunjeni slanom vodom)	400 - 10 000
Iscrpljena naftna i plinska polja	930
Slojevi ugljena	30
Emisije CO ₂ u svijetu	25 Gt godišnje

Izvor: IEA-GHG, 2004

Perspektivna podzemna skladisti



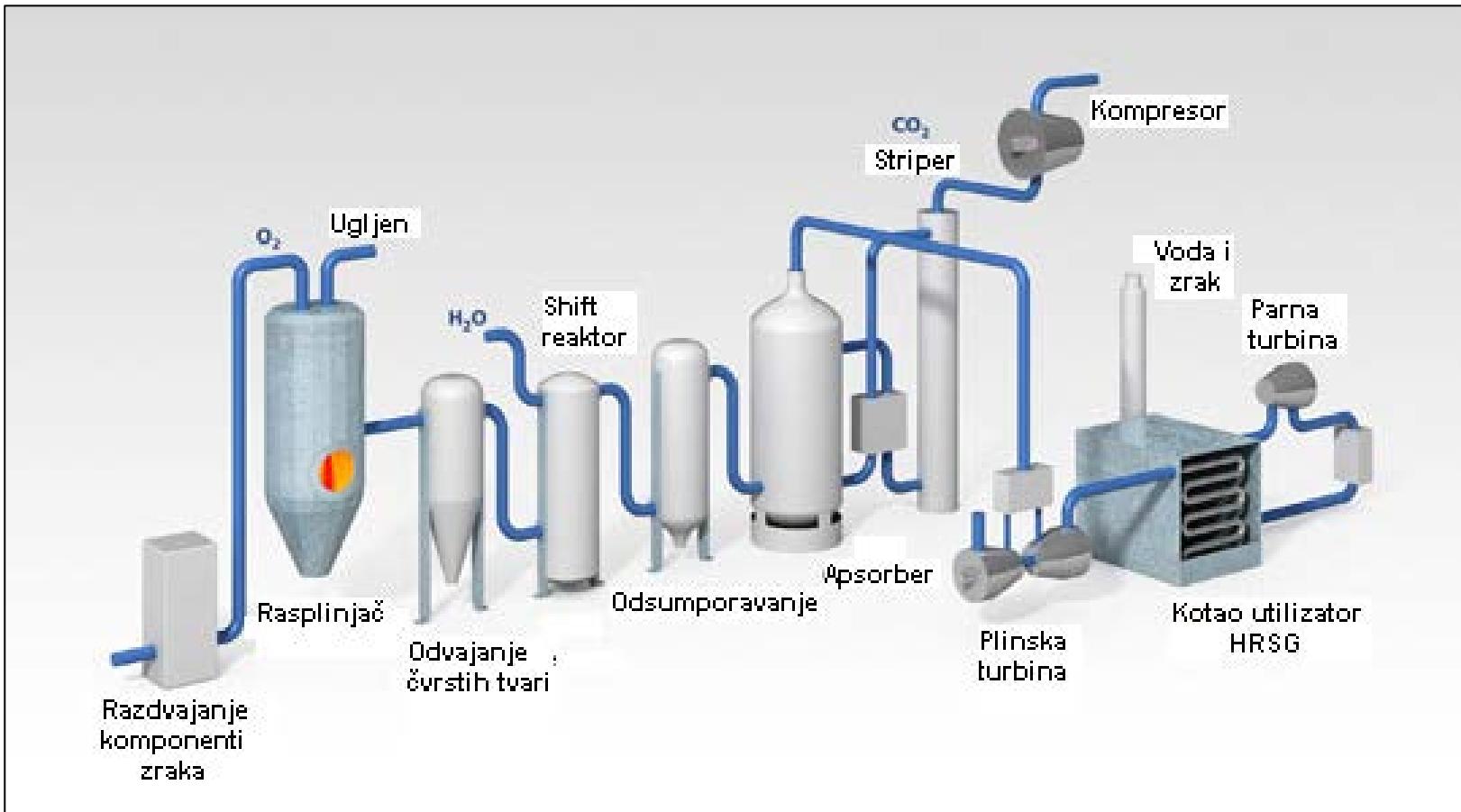
Lokacije na kojima se planiraju ili provode značajne aktivnosti za spremanje CO₂



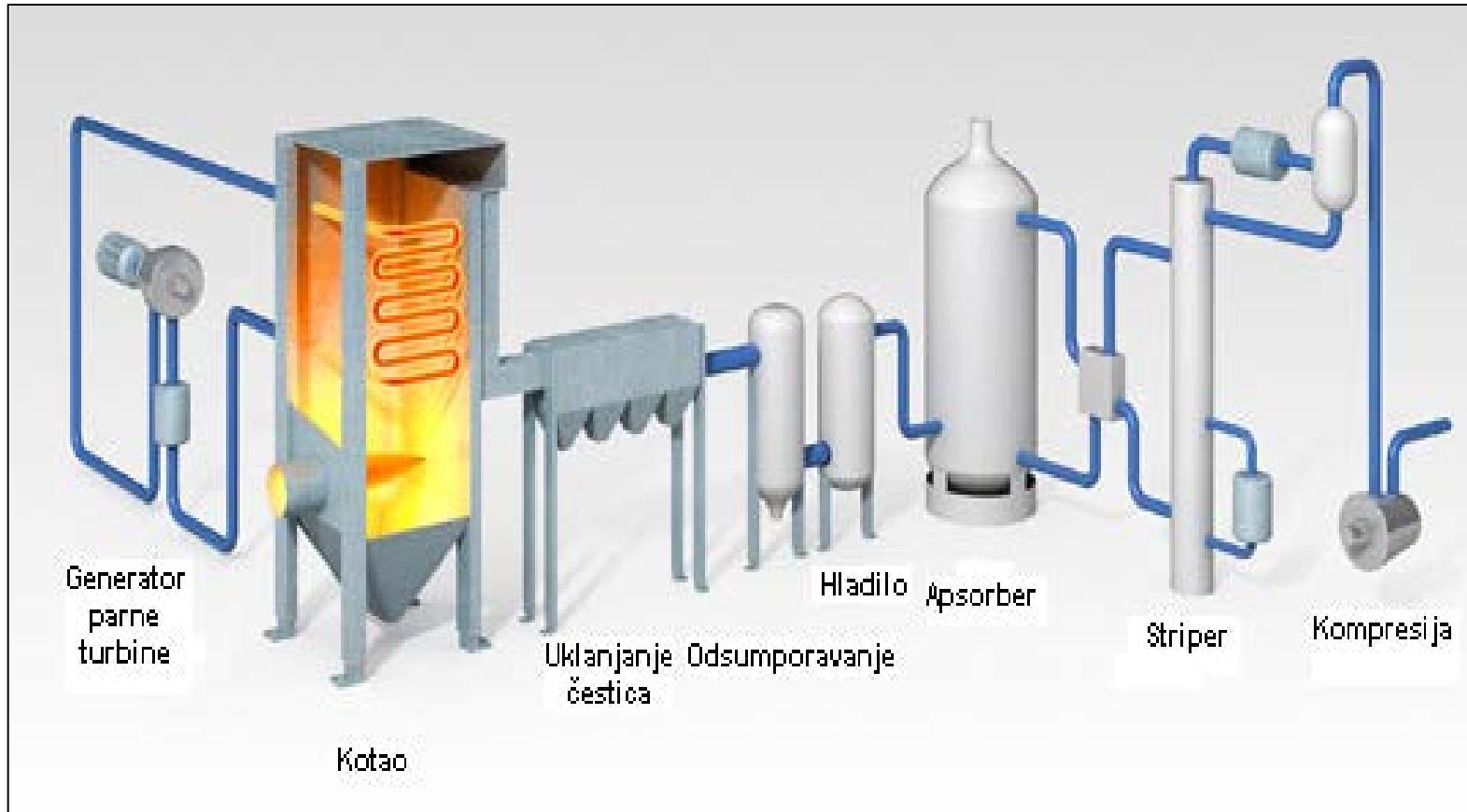
Sustavi hvatanja CO₂ iz dimnih plinova

- Tri moguće izvedbe u sustavu termoelektrana na ugljen:
 - Hvatanje CO₂ **prije izgaranja** (*Pre-combustion capture*)
 - Hvatanje CO₂ **iz sustava izgaranja** u struji kisika (*oxy-fuel*)
 - Hvatanje CO₂ nakon izgaranja (*post combustion capture*)

Hvatanje CO₂ prije izgaranja



Hvatanje CO₂ nakon izgaranja

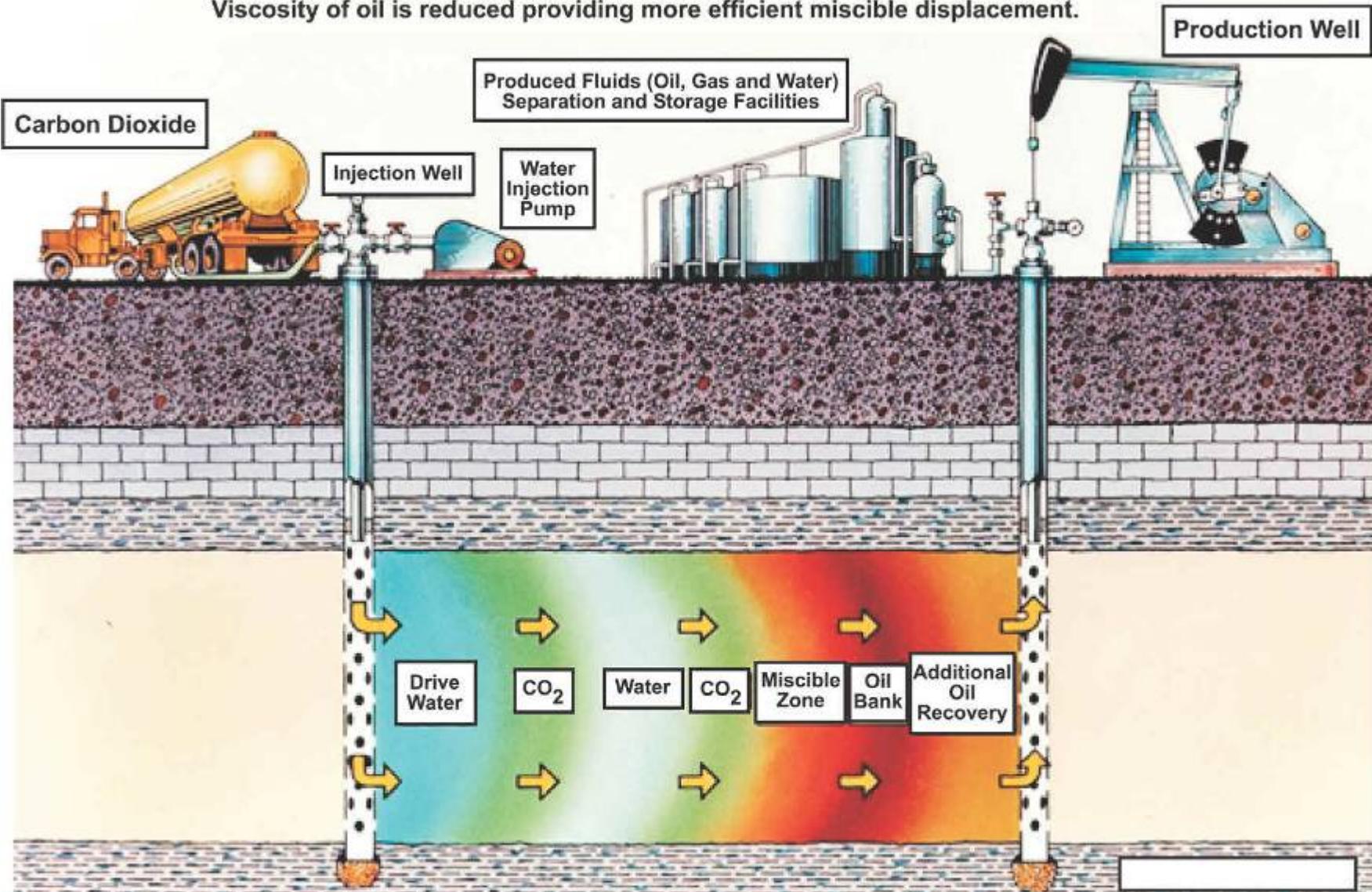


Ležišta nafte i plina

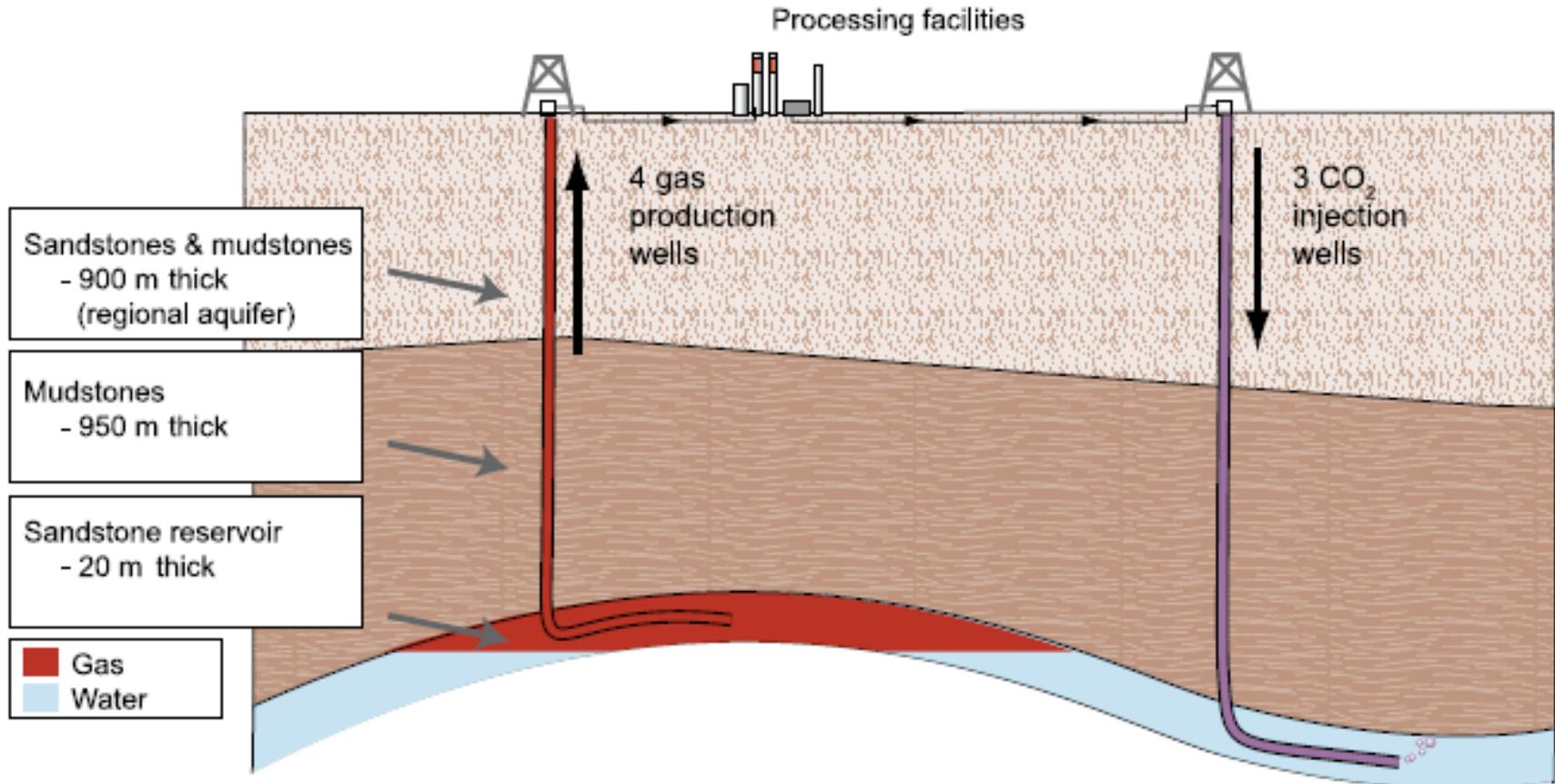
- Ležišta nafte i plina su dobro istražena i smatraju se pouzdanim kandidatima za uskladištenje CO₂, jer su **milijunima godina zadržavala naftu, plin a često i CO₂.**
- Utiskivanje CO₂ u nekim će ležištima **potaknuti dodatnu proizvodnju zaostale nafte ili plina.**
- Prihodi od dodatne proizvodnje mogu smanjiti troškove uskladištenja CO₂.
- Ovi postupci, nazvani **metodama povećanja iscrpka nafte ili plina** (eng I.**EOR**), primjenjuju se u SAD već nekoliko desetljeća.
- Dosadašnja svrha utiskivanja CO₂ nije bila njegovo uskladištenje nego povećanje proizvodnje nafte.

Poboljšano crpljenje nafte

Viscosity of oil is reduced providing more efficient miscible displacement.



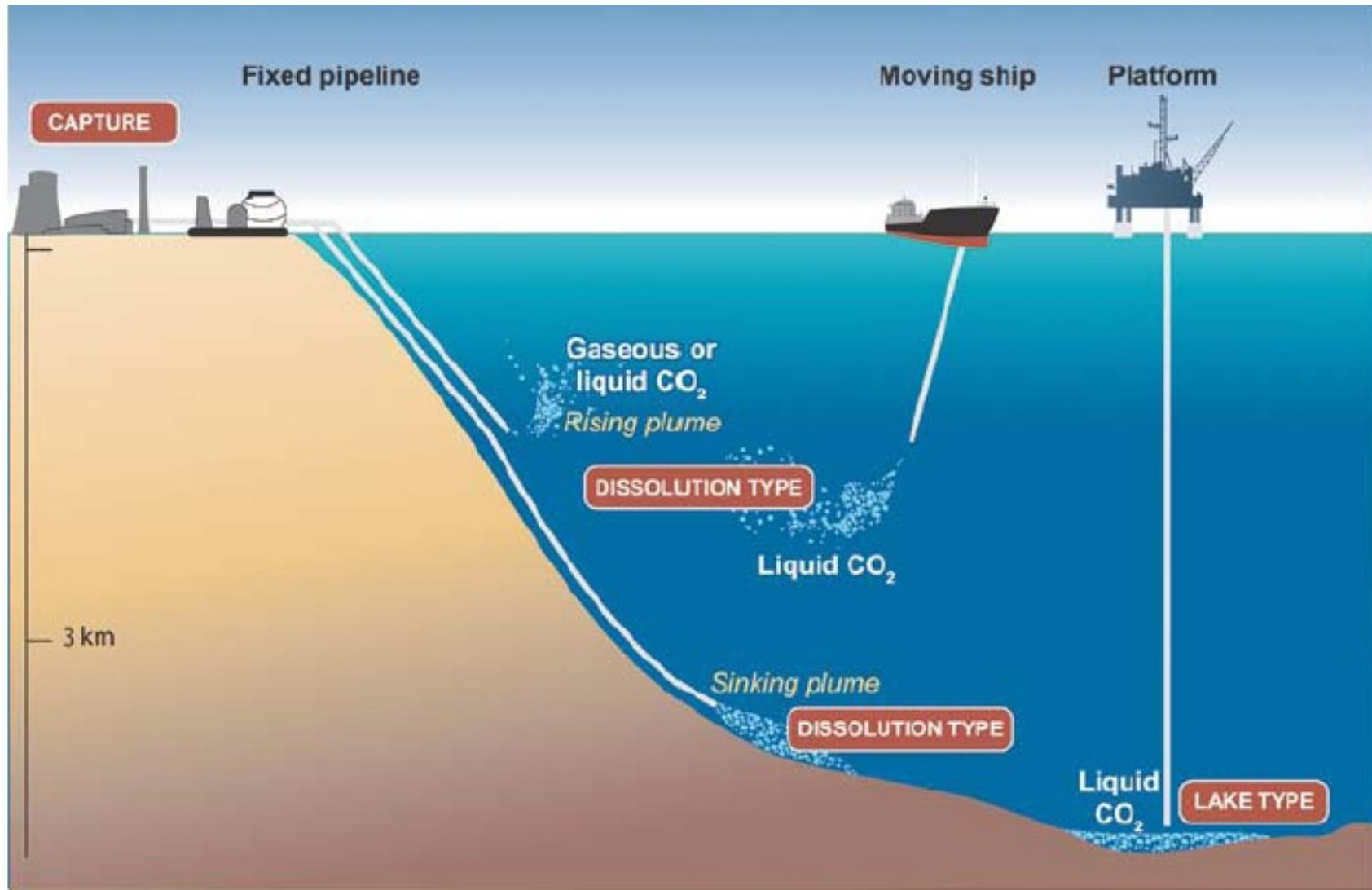
Poboljšano crpljenje plina



Duboki slani vodonosnici

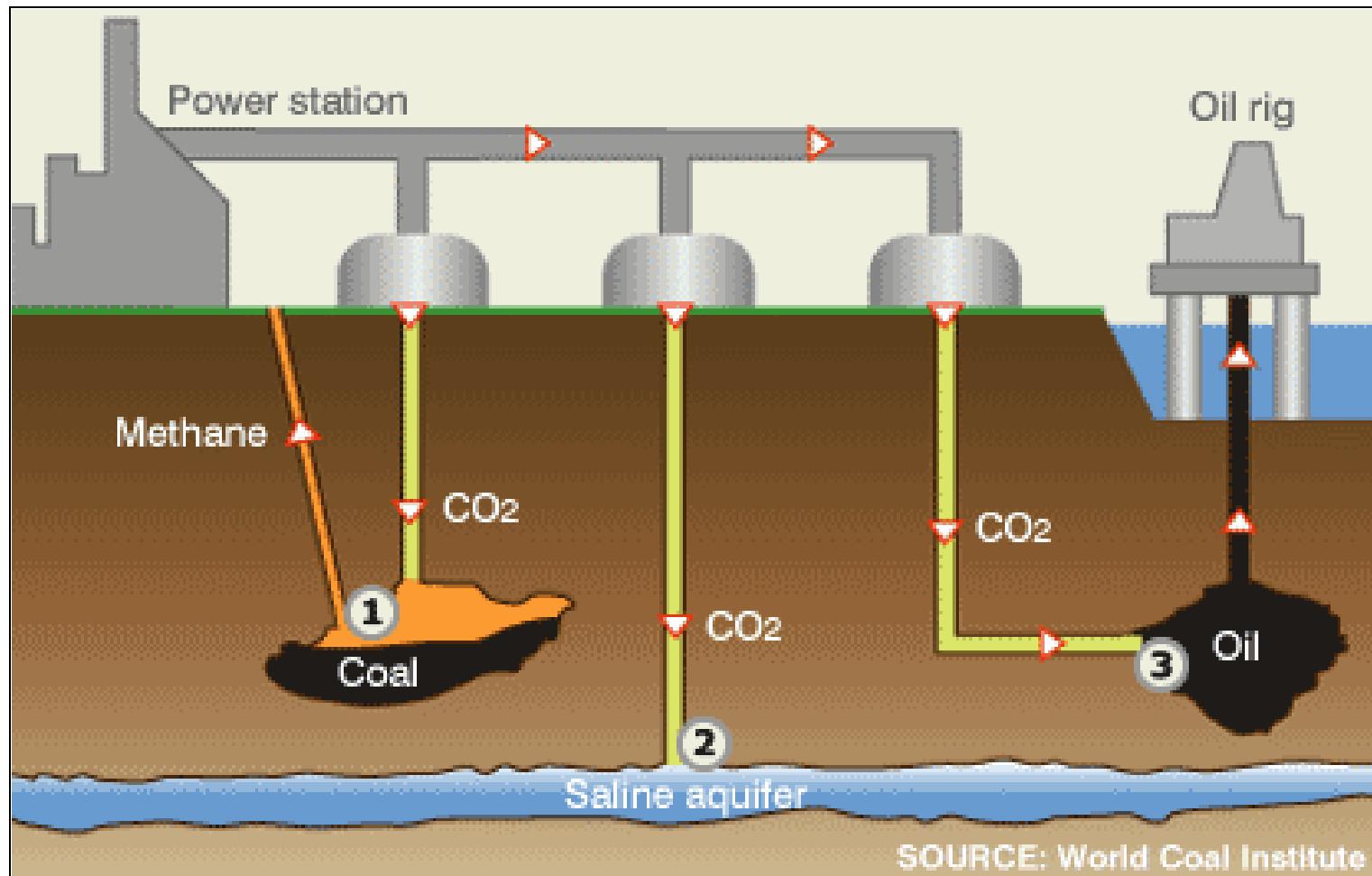
- **Duboki slani vodonosnici** podzemne su geološke formacije stijena, tipično pješčenjaka, koje sadrže slanu vodu.
- Te formacije predstavljaju golem potencijal uskladištenja CO₂: ima ih u većini industrijaliziranih zemalja, obično su vrlo velike, a često se nalaze u blizini velikih industrijskih izvora CO₂.
- Utiskivanje CO₂ u vodonosnike slično je utiskivanju u plinska i naftna ležišta.
- Prvi komercijalni projekt utiskivanja CO₂ u podzemlje je norveški projekt Sleipner, gdje se godišnje utiskuje oko 1 milijun tona u vodonosnik ispod dna Sjevernog mora.

Spremanje u oceane



Slojevi ugljena

- Slojevi ugljena katkada se ne mogu iskorištavati jer su ili pretanki ili se nalaze na prevelikoj dubini.
- Naslage ugljena obično sadrže različite količine metana.
- Pokazalo se tijekom utiskivanja CO₂ u slojeve ugljena, ugljikov dioksid pričinjava uz površinu ugljena i istiskuje metan.
- To znači da tijekom skladištenja CO₂ u slojevima ugljena dolazi do proizvodnje metana.
- Prihod od prodaje metana može smanjiti troškove uskladištenja CO₂.



Koji su troškovi hvatanja, transporta i uskladištenja CO₂?

- Izdvajanje CO₂ iz struje dimnih plinova termoelektrane zahtijeva **dodatni utrošak energije**, što utječe na **proizvodnu cijenu električne struje**.
- Stupanj rasta cijene ovisi o vrsti termoelektrane (plinske elektrane ili elektrane na ugljen) kao i o cijeni goriva.
- Razne studije, između ostalih ona u okviru Greenhouse Gas istraživačko-razvojnog programa Međunarodne agencije za energiju (I EA) pokazuju da postupak hvatanja CO₂ povećava cijenu proizvodnje struje za **1.3 do 3 Eurocenta po kWh**.

Koji su troškovi hvatanja, transporta i uskladištenja CO₂?

- Drugi način iskazivanja dodatnih troškova je količina anulirane (**izbjegnute**) emisije CO₂.
- **Sadašnja cijena hvatanja CO₂, je od 25 do 60 € po toni izbjegnutog CO₂.**
- Očekuje se da će rezultati tekućih istraživanja preploviti ove troškove.

Koji su troškovi hvatanja, transporta i uskladištenja CO₂?

- Cijene transporta su relativno male: transport CO₂ na udaljenosti preko 100 km cjevovodom stajat će od 1 do 4 € po toni CO₂
- Troškovi uskladištenja jako ovise o vrsti podzemnog ležišta u koji se utiskuje CO₂.
- Cijene utiskivanja u vodonosnike i iscrpljena plinska i naftna ležišta kreću se od 10 do 20 € po t CO₂.
- Ako je utiskivanje CO₂ popraćeno dodatnom proizvodnjom nafte ili plina, troškovi mogu biti manji od 0 €/t.
- Drugim riječima, u tim slučajevima skladištenje CO₂ bit će zapravo unosan pothvat.

Koji su rizici prilikom podzemnog uskladištenja CO₂ ?

- Primjena bilo koje tehnologije uključuje rizike.
- U slučaju primjene tehnologije podzemnog uskladištenja CO₂, treba dati odgovore na sljedeća pitanja:
 - a) jesu li rizici geološkog uskladištenja CO₂ prihvatljivi,
 - b) jesu li ti rizici usporedivi s rizicima drugih mogućnosti smanjivanja emisija CO₂.
- Prilikom podzemnog skladištenja glavni rizik predstavljaju transport i samo uskladištenje u geološkim formacijama.
- Podzemno ležište za uskladištenje treba biti dovoljno udaljeno od seizmički aktivne zone, što jamči stabilnost stijena.

Koji su rizici prilikom podzemnog uskladištenja CO₂ ?

- Kod transporta velikih količina CO₂ cjevovodom može u principu **doći do nezgoda**.
- Međutim, **kontrolom i primjenom sigurnosnih mjera**, koje se u mnogim europskim zemljama već godinama uspješno primjenjuju pri transportu prirodnog plina cjevovodom, rizici transporta CO₂ ne mogu biti veći od onih, kada se radi o prirodnom plinu.
- Budući da **CO₂ nije zapaljiv ni eksplozivan** poput prirodnog plina, posljedice eventualnog propuštanja cjevovoda s CO₂ bit će znatno blaže.

Koji su rizici prilikom podzemnog uskladištenja CO₂ ?

- **Pri skladištenju CO₂**, glavni rizik je neispravnost utsne bušotine, što može dovesti do propuštanja utiskivanog CO₂.
- Mogućnost **iznenadnog izlaska CO₂** iz podzemnog ležišta veoma je mala i usporediva je s erupcijama prirodnog plina iz plinskih ležišta, koje su jako rijetke.

Potrebni poticaji

- Zbog **velikih investicija**, potrebnih za dodatnu tehnologiju, izlazak CCS tehnologije na tržište zahtijeva **poticaje energetskim tvrtkama**.
- Treba uspostaviti cjenik za ugljik, u obliku poreza na CO₂ ili sustava trgovanja ugljikom.
- U komercijalnom sustavu, tržište za CO₂ stvara se određivanjem maksimalne kvote emisija CO₂ za svaku zemlju i izdavanjem dozvola (tzv. CO₂ krediti) "proizvođačima" emisija.

Potrebni poticaji

- Ako se razvojem CCS tehnologije postignu **cijene od 20 ili manje € po toni izbjegnutog CO₂**, a sama tehnologija pokaže sigurnim i održivim postupkom smanjivanja emisija stakleničkih plinova, tijekom **sljedećih desetak godina moglo bi doći do njene komercijalne primjene**, uz uvjet da se istovremeno uredi i **fiskalna i normativna regulativa**.

Hvatanje CO₂ nakon izgaranja

- Brojne tehnologije u razvoju
- Kemijjska apsorpcija s aminima najpogodnija:
 - Pogodna za plinske struje s manjim konc. CO₂
 - Dokazana tehnologija komercijalno dostupna
 - Sustav djeluje pri uobičajenim uvjetima tlaka i temperature
 - Velika ulaganja u razvoj ove tehnologije

Cijena proizvodnje električne energije i cijena izbjegnutog CO₂

	JEDINICA	TEP C	TEP C + CCS
Investicija	Milijun US\$	975	1236
Pogonski troškovi	Milijun US\$/god	25,9	41,9
Troškovi goriva	Milijun US\$/god	115,9	115,9
Godišnji trošak investicije	Milijun US\$/god	92,8	117,6
Ukupni godišnji trošak	Milijun US\$/god	234,6	275,4
Godišnja proizvodnja el. energije	MWh/god	3.607.720	2.847.872
Specifična emisija CO ₂	t/MWh	0,725	0,092
Cijena el. energije	US\$/MWh	65,02	96,70
Cijena izbjegnutog CO₂	US\$/t CO₂	50,1	
Cijena izbjegnutog CO₂	€/t CO₂	38,5	

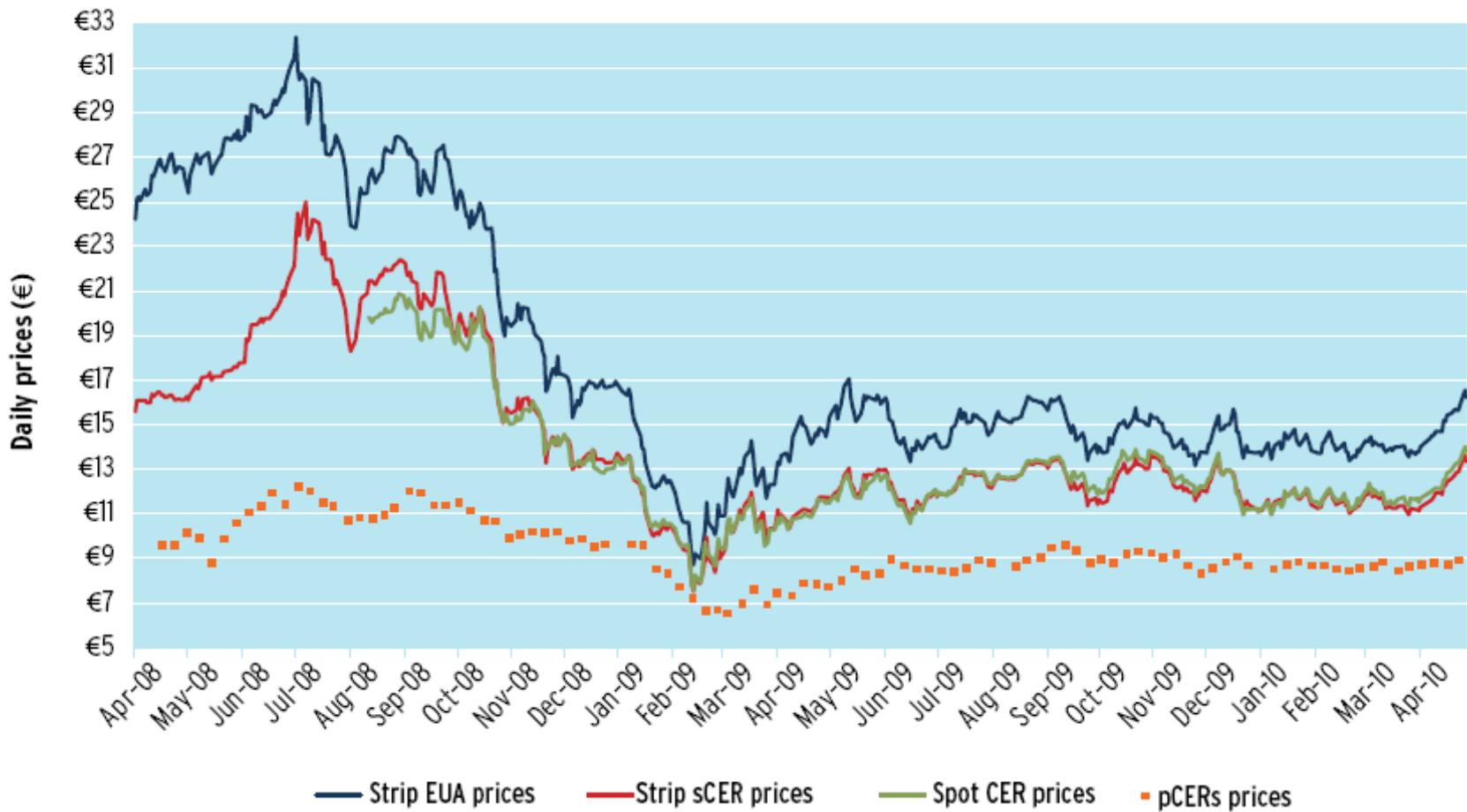
Zaključak

- Sustav za hvatanje CO₂ kemijskom apsorpcijom s otopinom monoetanolamina je energetski intenzivan te **značajno smanjuje neto snagu elektrane** → smanjenje proizvodnje električne energije
- **Značajni investicijski i pogonski troškovi**
- Ukoliko bi se sustav ugrađivao naknadno bez pripreme elektrane (elektrana nije “capture ready”) → veće smanjenje neto snage, veći troškovi

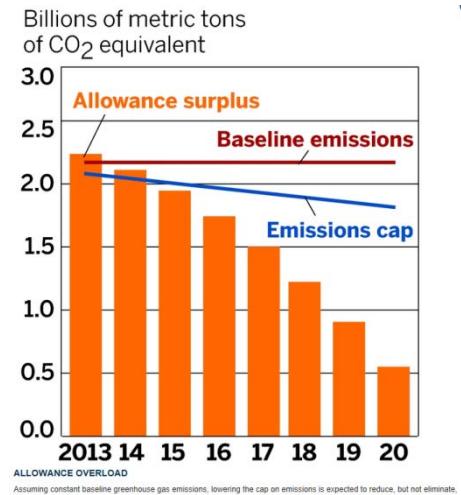
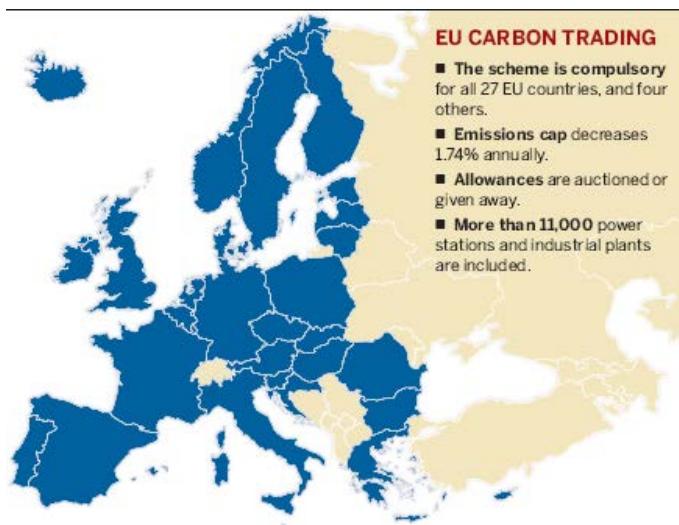
Zaključak

- Zajedno s ostale 2 komponente CCS sustava (**transport i skladištenje**):
 - > 50 €/t izbjegnutog CO₂
- Sustav ekonomski isplativ: **cijena izbjegnutog CO₂ niža od cijene emisijskih jedinica (emisijskih prava) na dražbi (ETS)**
- **Cijena emisijskih jedinica teško predvidljiva** (očekivano kretanje: 20 – 40 €/t CO₂)

Kretanje cijena emisijskih jedinica CO₂ (2008. - 2009.)



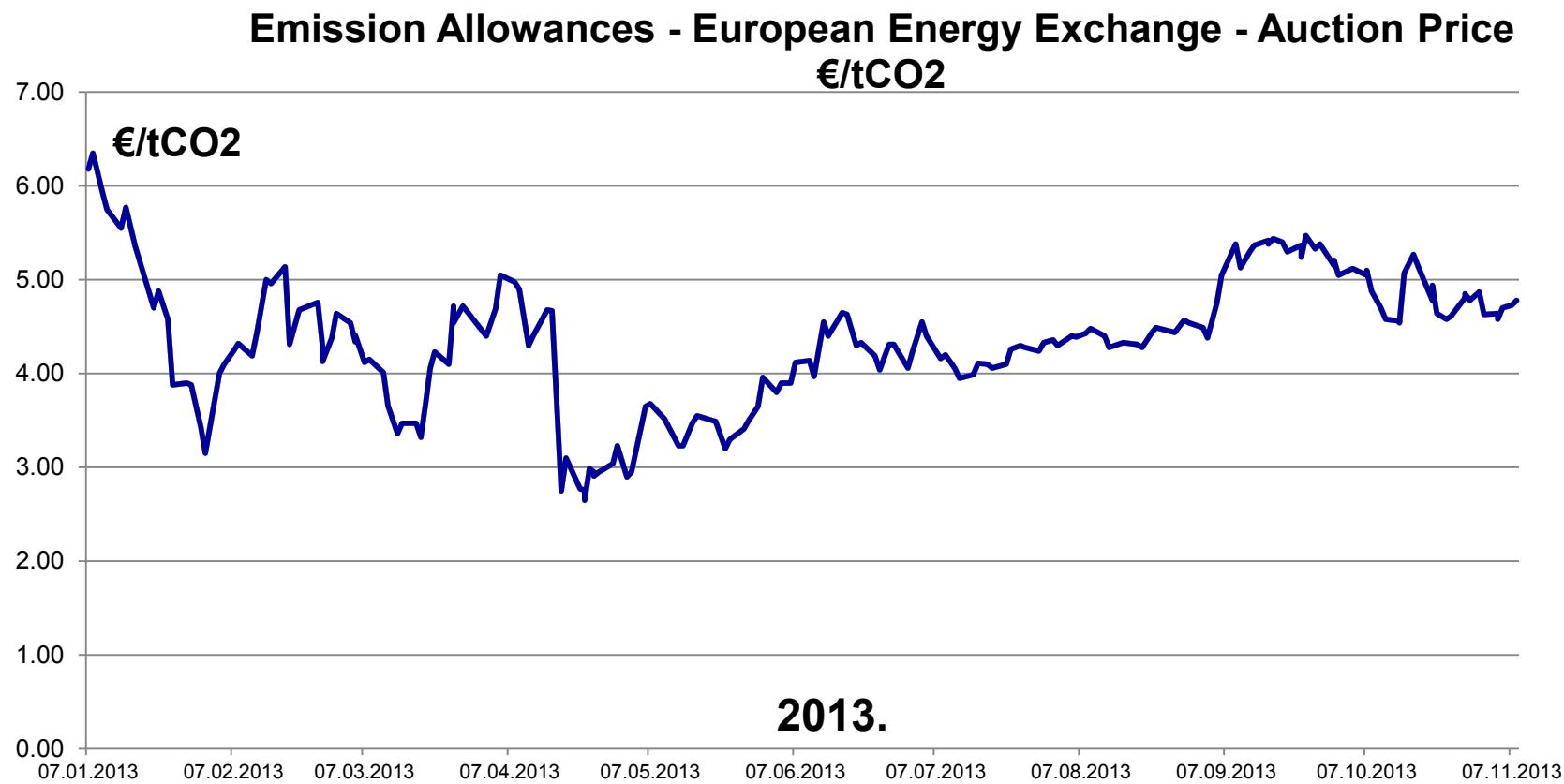
Kretanje cijena emisijskih jedinica CO₂ (2008. - 2013.)



TRENDING DOWNWARD

The price of carbon allowances in the EU system has fallen steadily. Prices are through Feb. 6. SOURCE: Thomson Reuters Point Carbon

Kretanje cijena emisijskih jedinica CO₂ (2013.)



Izvedeni sustavi za CCS



CO₂ hvatanje nakon
izgaranja na plinskoj
elektrani u Maleziji



CO₂ hvatanje prije izgaranja u elektrani za
rasplinjavanje ugljena
u North Dakota, USA

Energetika, okoliš i održivi razvoj

- nuklearni dio (1 od 3)

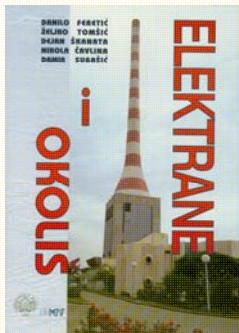
Prof. dr. sc. Nikola Čavlina

Fakultet elektrotehnike i računarstva - Zavod za visoki napon i energetiku

Unska 3, HR-10000 Zagreb Tel: 01/ 6129 907, Fax: 01/ 6129 890 E-mail: zvne@fer.hr URL: <http://www.zvne.fer.hr/>

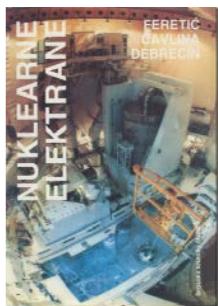
Literatura:

1. D. Feretić, Ž. Tomšić, D. Škanata, N. Čavlina, D. Subašić: Elektrane i okoliš, Element, Zagreb, 2000.

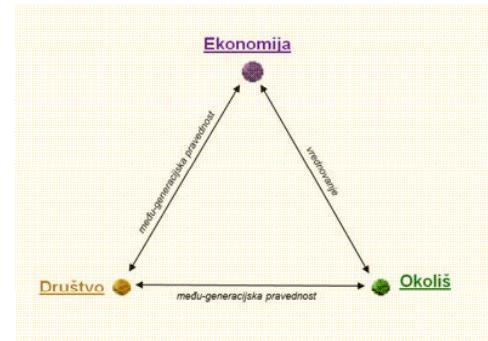


- poglavlje 9
Sigurnost nuklearnih elektrana i njihov utjecaj na okoliš
- poglavlje 12
Kruti i tekući otpad iz elektrana (12.2. Radioaktivni otpad)

- dodatno:



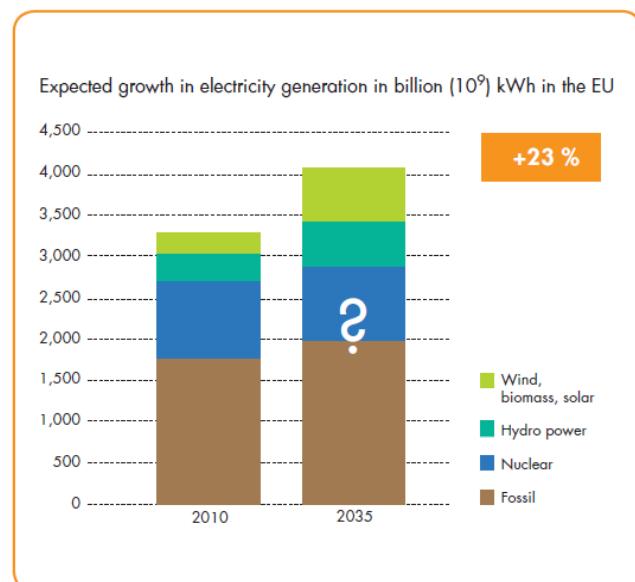
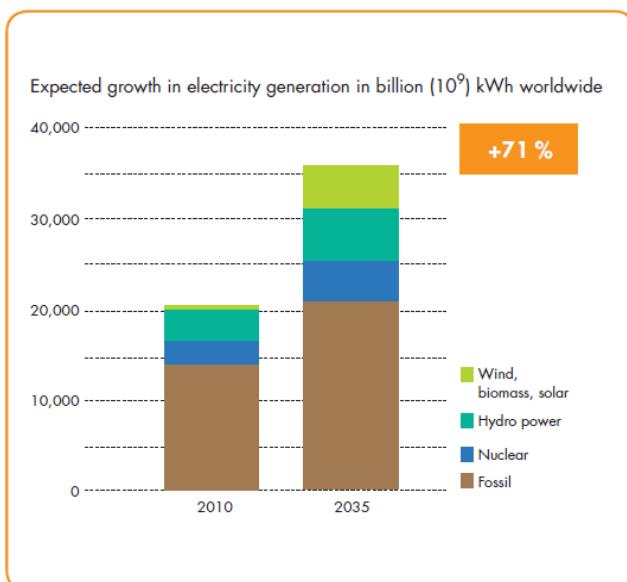
- Nuklearne elektrane, pregled stanja
- Nesreća u Fukushima
- Projekcije korištenja nuklearne energije



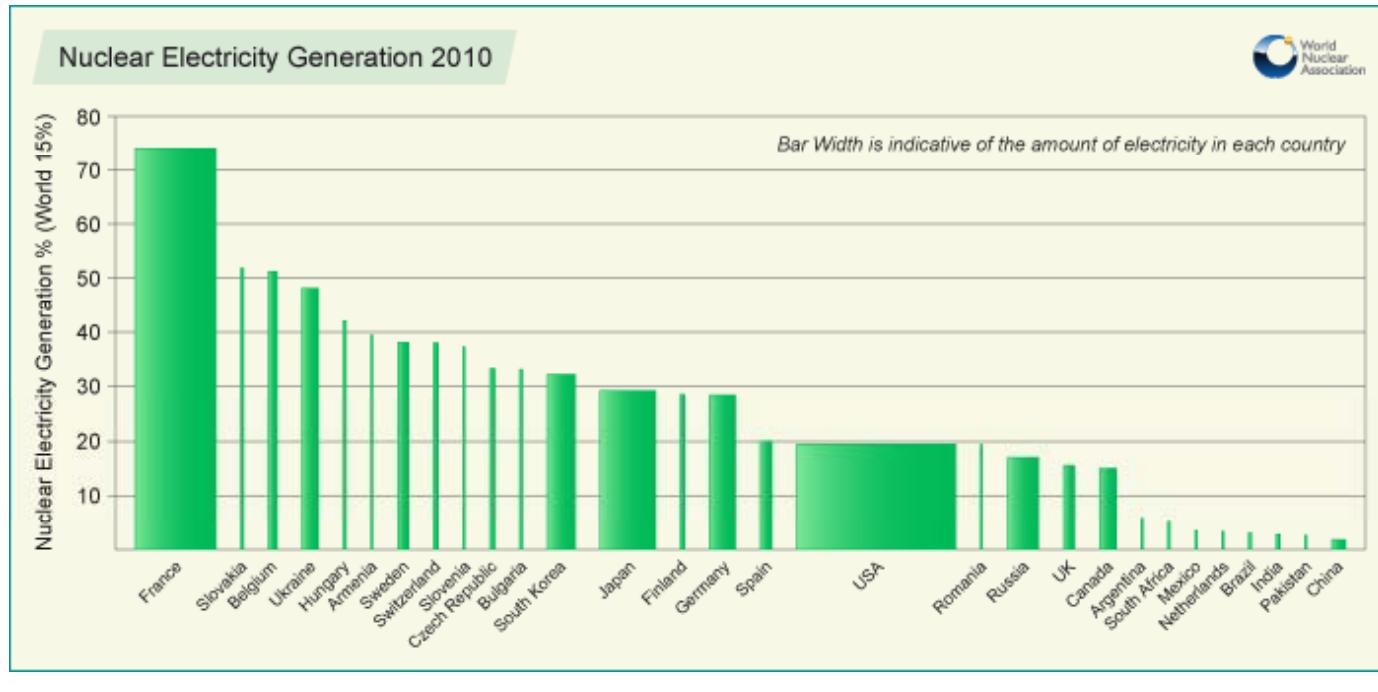
EOOR – nuklearni dio 1 od 3

3

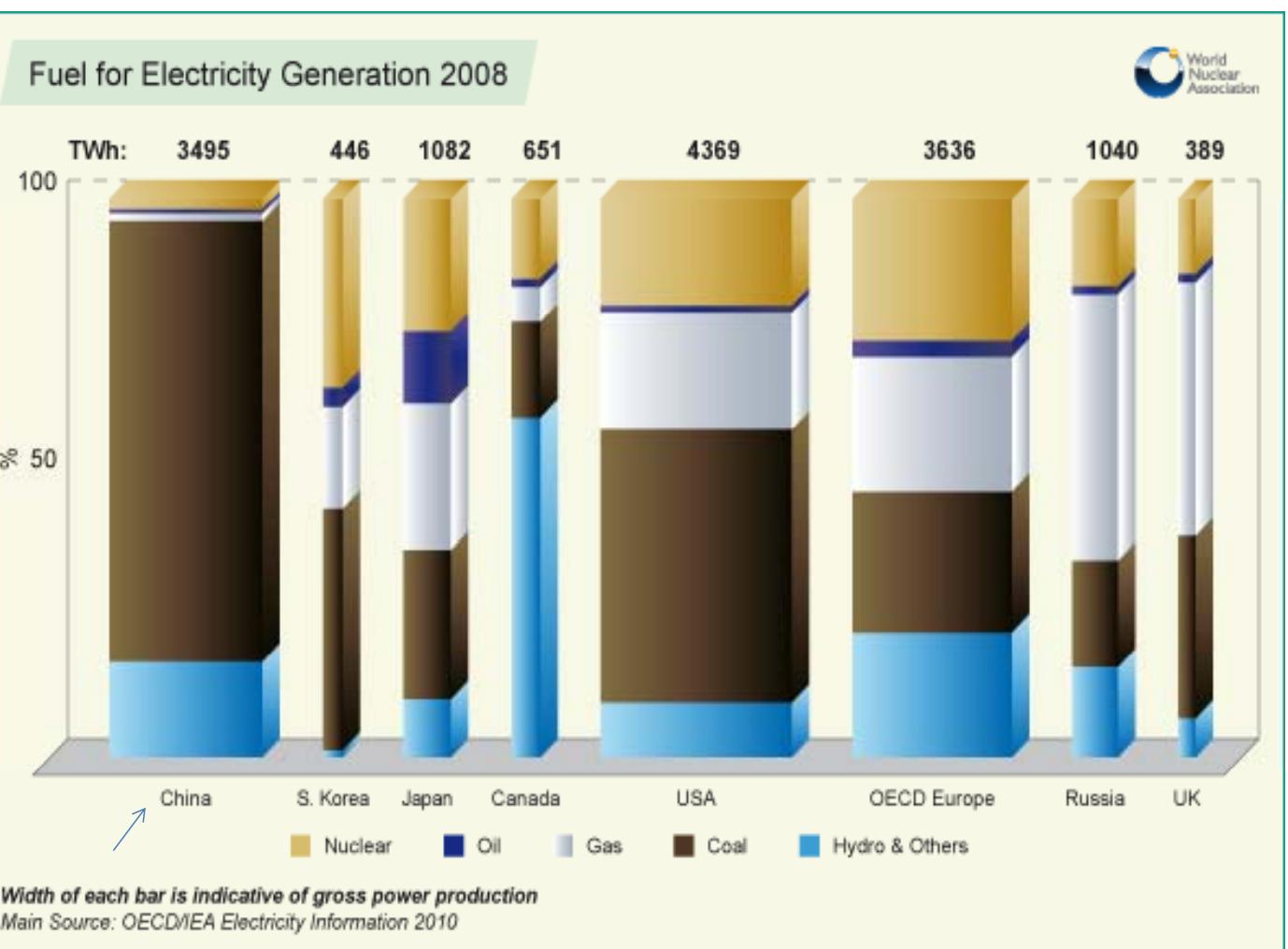
Proizvodnja električne energije u 2010. i očekivani porast do 2035. , svijet i EU



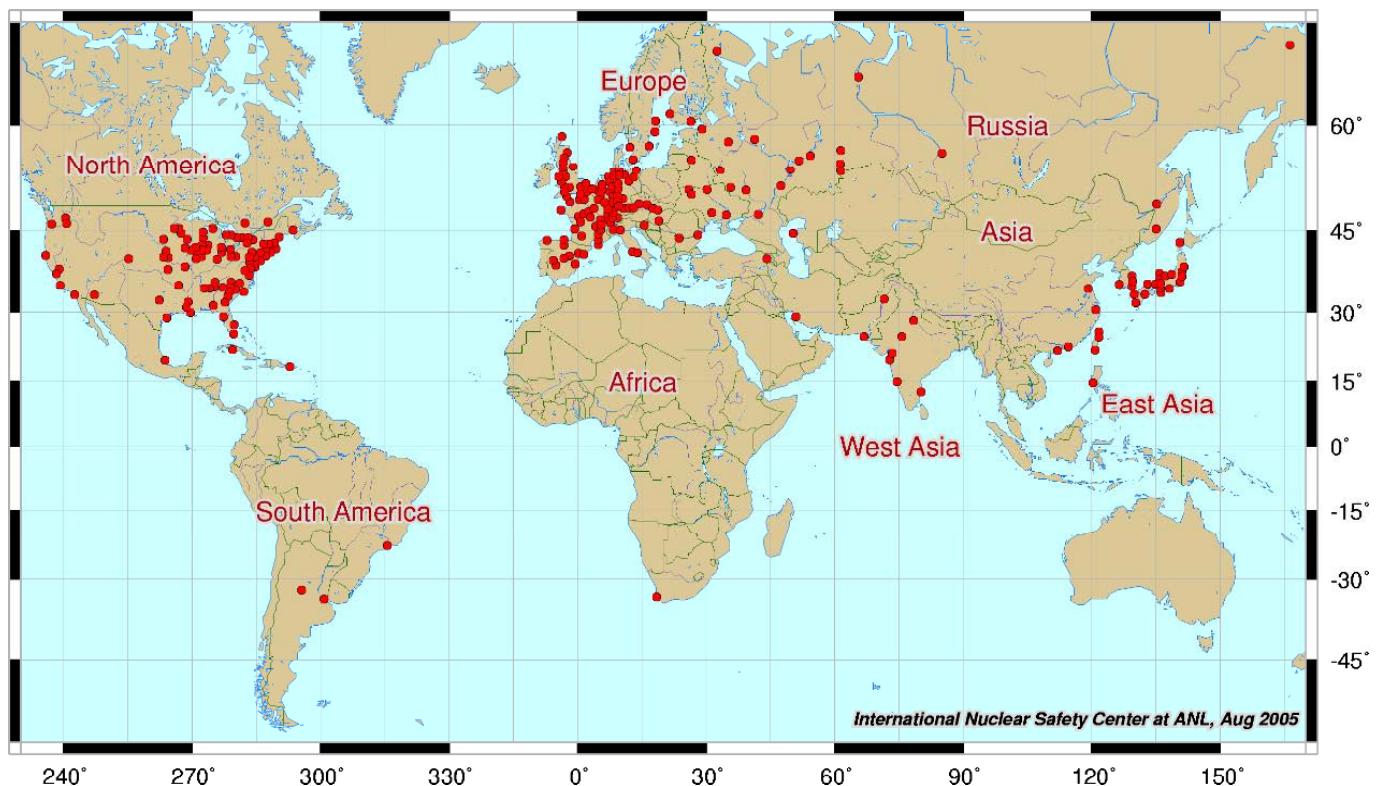
Source: IEA, VGB



5



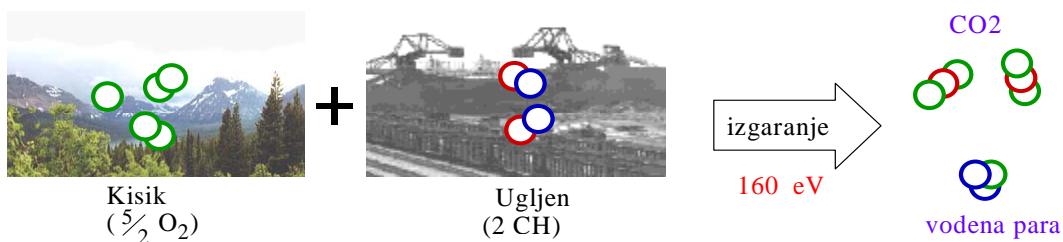
Nuclear Power Reactors: World Map



EOOR – nuklearni dio 1 od 3

7

Energija iz fosilnih goriva



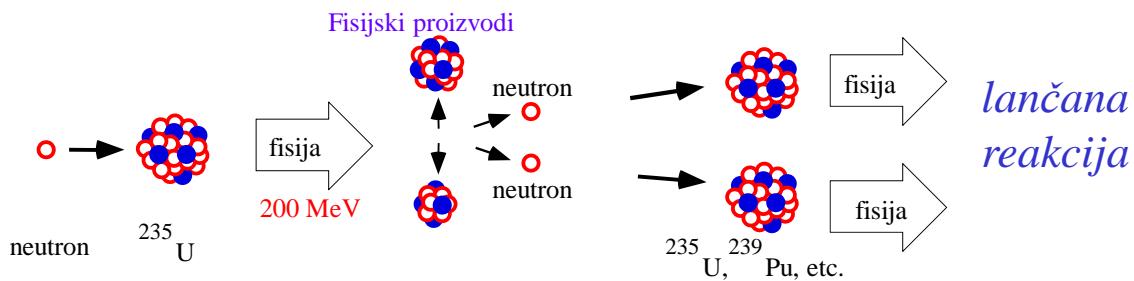
- Gustoća energije: 2.9×10^7 J/kg
- Potrošnja goriva u postrojenju 1000-MW_e : 7,300,000 kg/dan

Coal Combustion Products		Mining
NO _x	→ High temperature combustion	Leachates/ dust from mining
SO _x	→ Sulfur in coal (0.4% - 5%)	Construction materials
Ash	→ (5% - 25% of coal mass)	
CO ₂	→ Global warming	

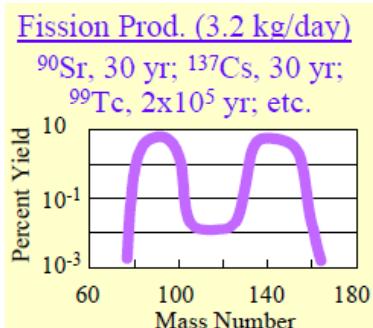
EOOR – nuklearni dio 1 od 3

8

Nuklearna fisija



- Gustoća energije: $8.2 \times 10^{13} \text{ J/kg}$
- Potrošnja goriva u postrojenju 1000-MW_e: **3.2 kg/dan**



Activation Products

Fuel → Transuranics, longer half lives (^{239}Pu , 24,000 yr; ^{237}Np , 2×10^6 yr; etc.)

Structures → Moderate half lives, low-level waste (^{60}Co , 5 yr)

Coolants → Low (water) to moderate (metals) half lives

Transmutation → Convert from long to short half life

Mining
Radon from mill tails if not capped
Construction materials

9

IAEA PRIS Power Reactor Information System

PRIS

The Database on Nuclear Power Reactors

The Power Reactor Information System (PRIS), developed and maintained by the IAEA for over four decades, is a comprehensive database focusing on nuclear power plants worldwide. PRIS contains information on power reactors in operation, under construction or those being... [READ MORE](#)

[Registered User ENTRY](#) [How to Register](#)

OVERVIEW

Current Status:

- 434** NUCLEAR POWER REACTORS IN OPERATION
- 370 543** MW_e TOTAL NET INSTALLED CAPACITY
- 1** NUCLEAR POWER REACTORS IN LONG-TERM SHUTDOWN
- 70** NUCLEAR POWER REACTORS UNDER CONSTRUCTION

Regional Distribution of Nuclear Power Plants
(Click on the chart for more statistics)

Region	Operational	Long-Term Shutdown	Under Construction
Africa	~5	0	0
America - Latin	~10	0	0
America - Northern	~120	0	0
Asia - Far East	~95	0	0
Asia - Middle East and South	~35	0	~5
Europe - Central and Eastern	~75	0	~10
Europe - Western	~110	0	0

HIGHLIGHTS

NPP Status Changes (2013)

New connections to the grid

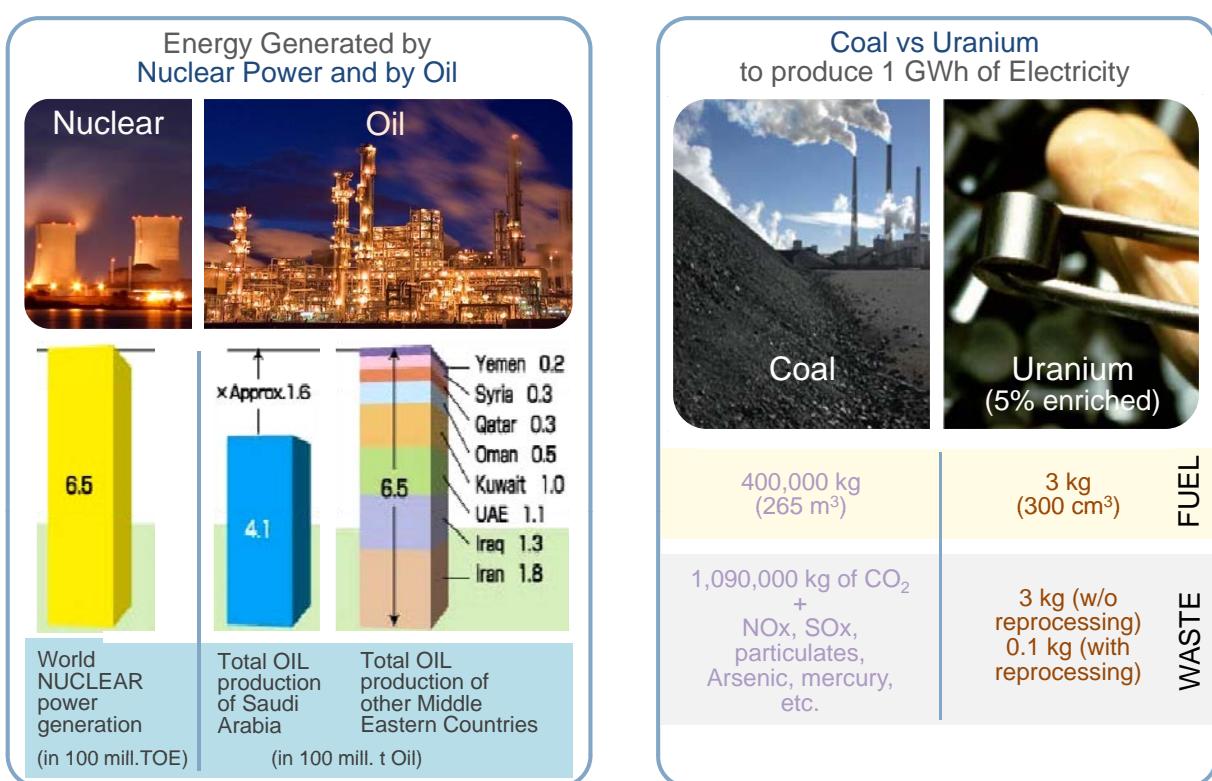
Plant	Capacity (MW _e)	Country	Date
HONGYANHE-1	1000	CHINA	18 February
CRYSTAL RIVER-3	860	USA	5 February
KEWAUNEE	566	USA	7 May
SAN ONOFRE-2	1070	USA	7 June
SAN ONOFRE-3	1080	USA	7 June
BARAKAH-2	1345	UAE	28 May
SHIN-HANUL-2	1340	KOREA REP.	19 June
SUMMER-2	1117	USA	9 March
TIANWAN-4	1050	CHINA	27 September
VOGTELE-3	1117	USA	12 March

Uvjeti pružanja usluge

10

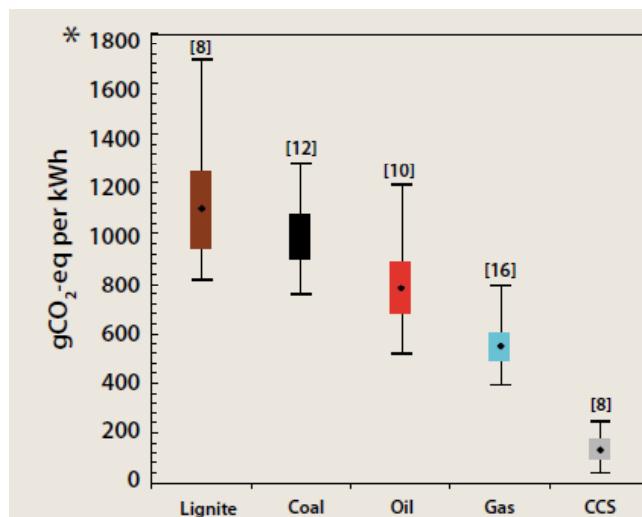


Energy Density and Environmental Load of different Energy Sources

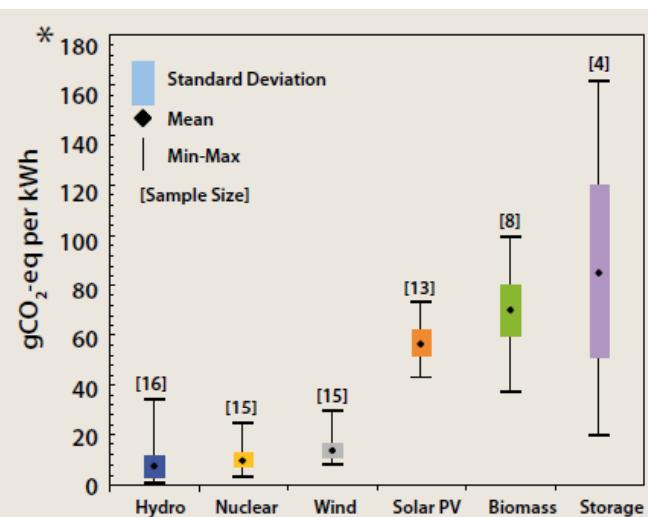


Emisije stakleničkih plinova tijekom cijelog životnog ciklusa elektrane

Fosilne tehnologije



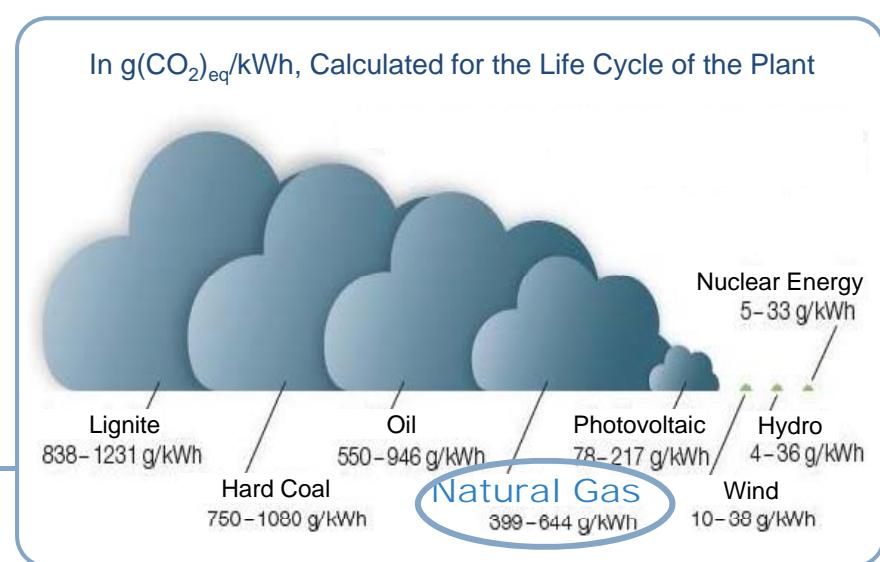
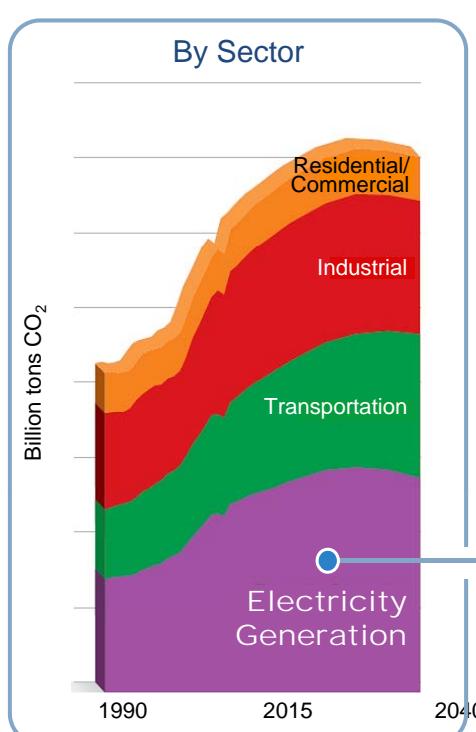
Ne-fosilne tehnologije



*NB: The vertical scales in the two figures differ by a factor of ten.

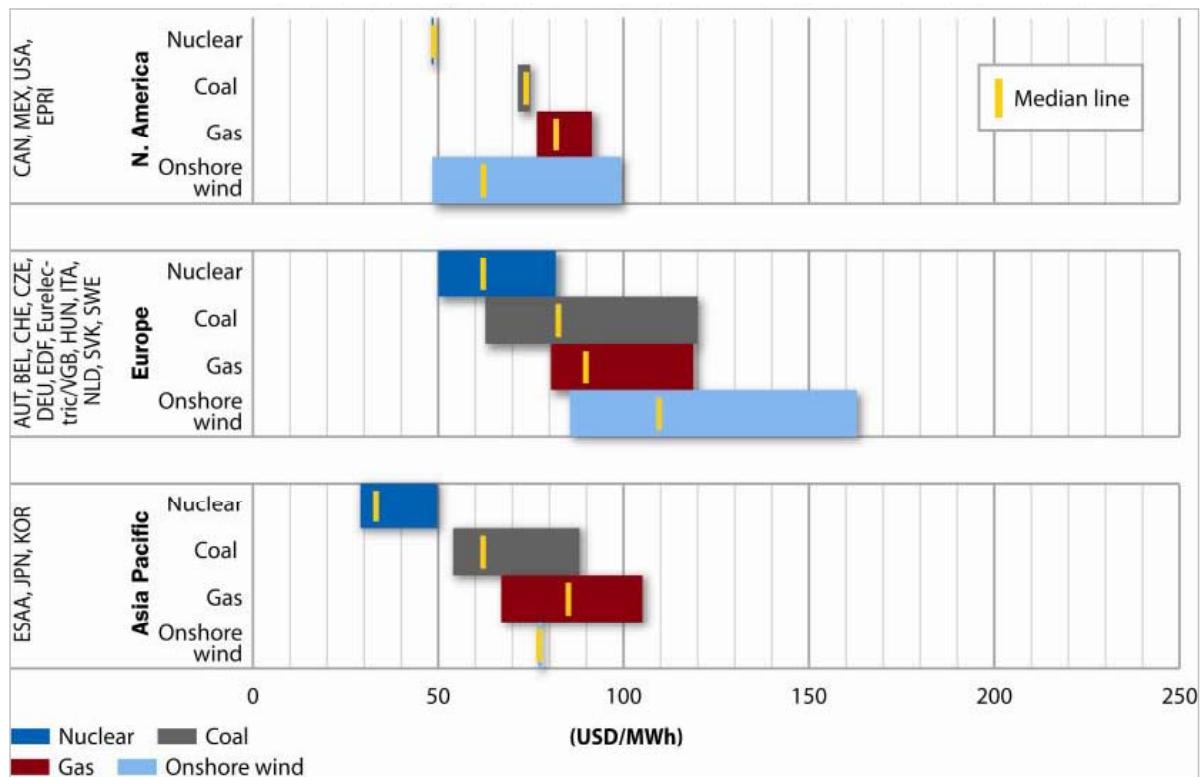
Note: [WEISSER, D., A guide to life-cycle greenhouse gas (GHG) emissions from electric supply technologies, Energy 32 (2007) 1543–1559]. Left panel: fossil technologies. Right panel: non-fossil technologies.

Energy–Related CO₂ Emissions by Sector and by Energy Source



Study by NEA and the IEA, *The Projected Costs of Generating Electricity: 2010 Update*

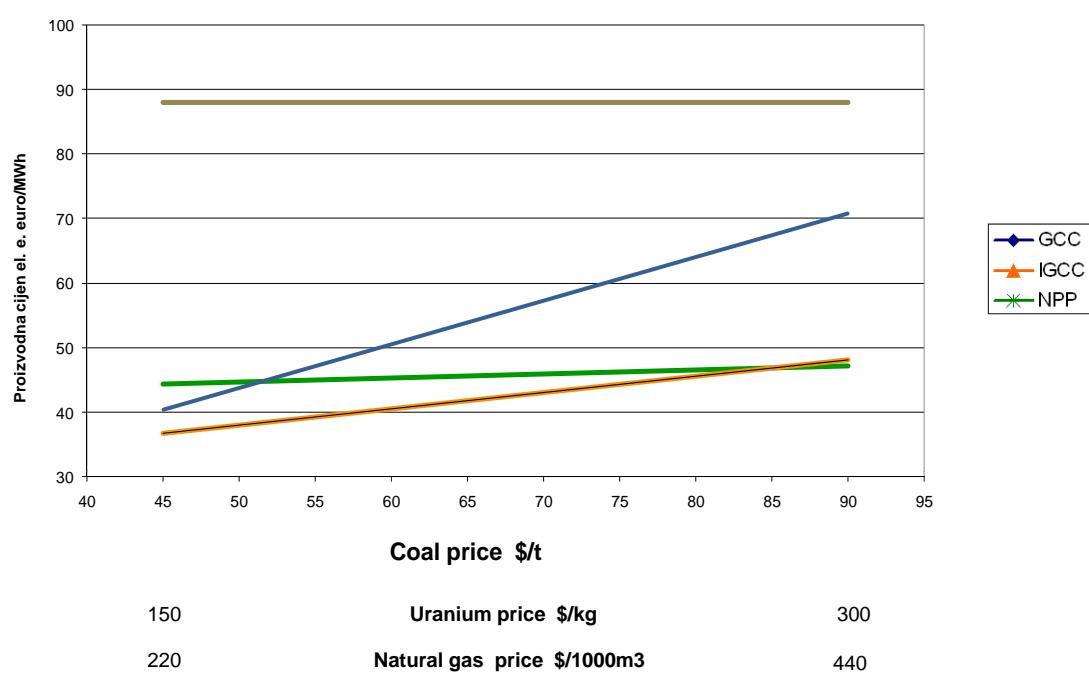
Source: R.Cameron:Projected costs of electricity generation, ENC 2010, Barcelona



EOOR – nuklearni dio 1 od 3

15

Costs of Generating Electricity Sensitivity on fuel costs - example



EOOR – nuklearni dio 1 od 3

16

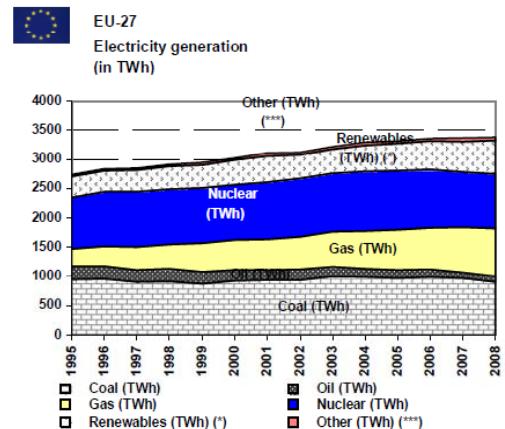
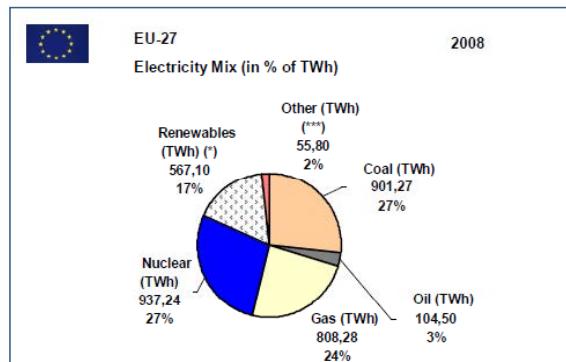
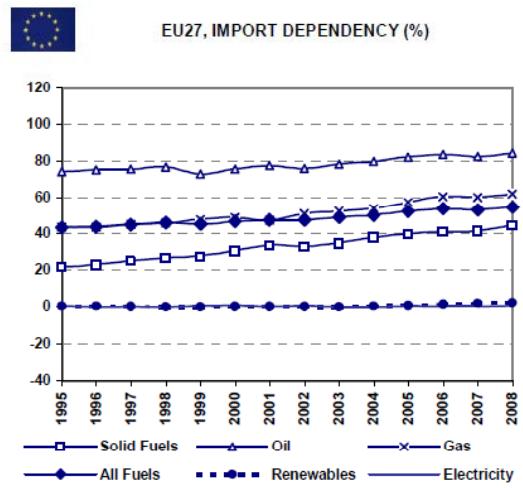
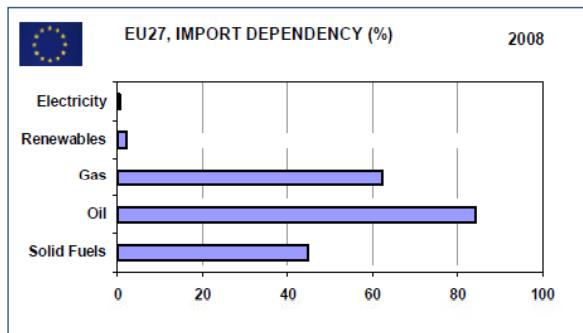
Nuclear Power Plants in Operation in Europe



EOOR – nuklearni dio 1 od 3

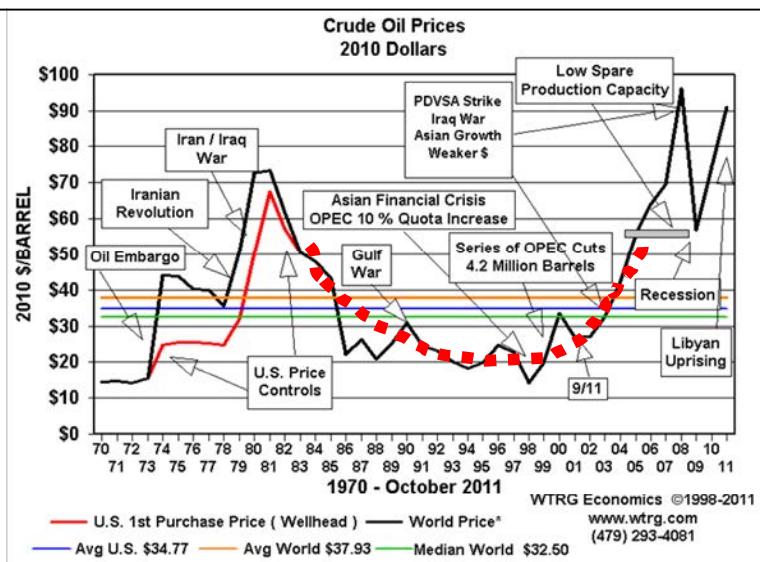
17

EU-27 Ovisnost o uvozu energenata i diverzifikacija

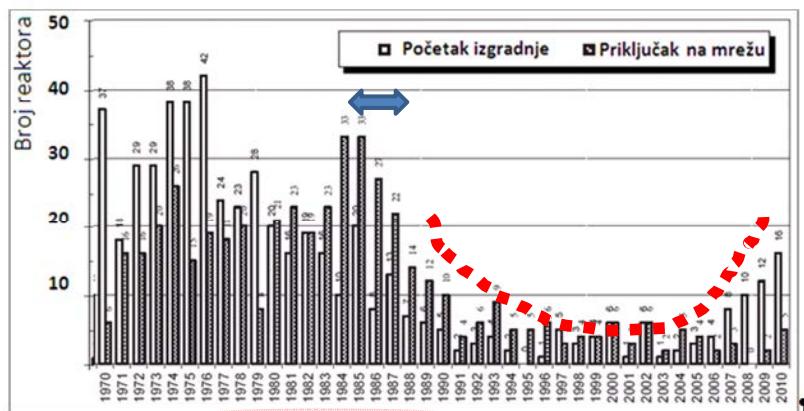


EOOR – nuklearni dio 1 od 3

18

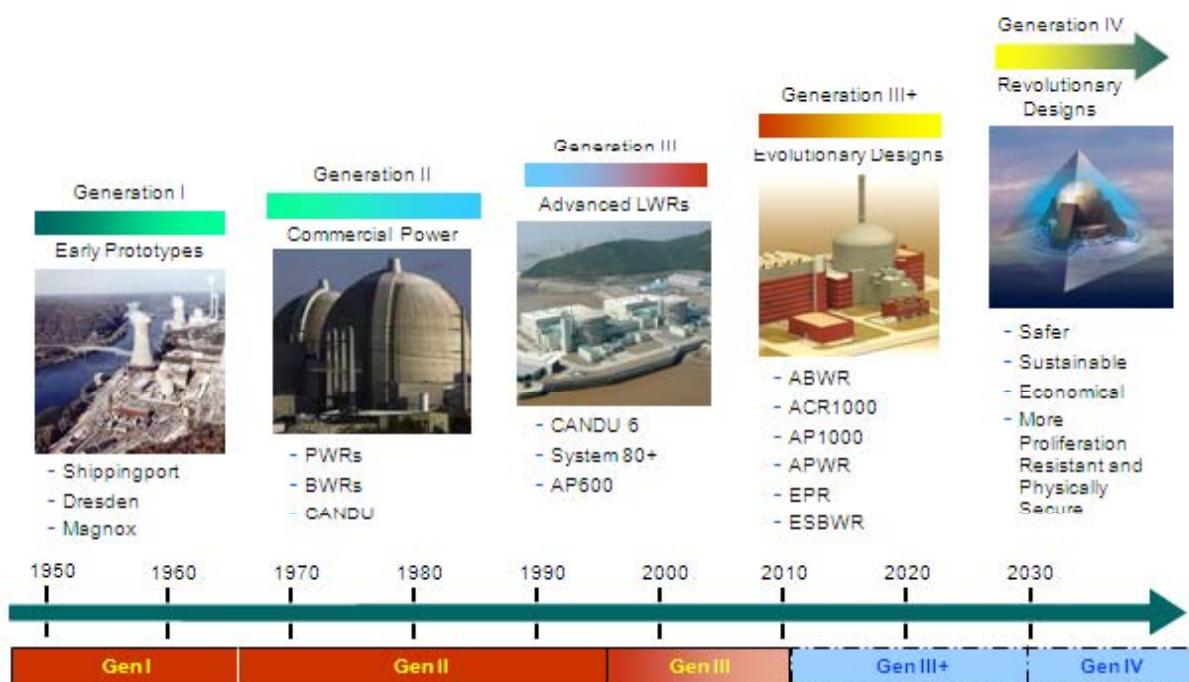


Slika 2. Cijena barela naftice u periodu 1970 do 2010.



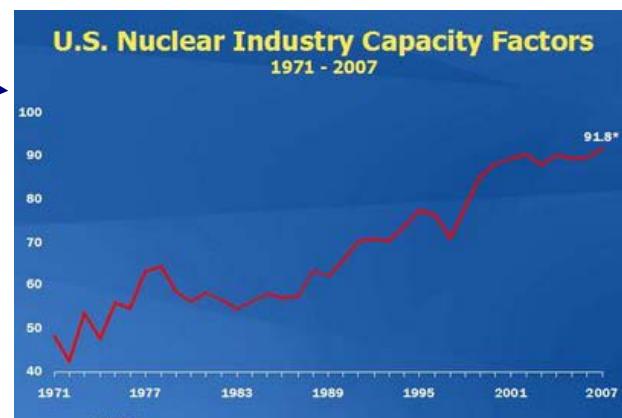
Slika 3. Broj započetih izgradnji i broj nuklearki priključenih na mrežu po godinama (IAEA).

Evolution of Nuclear Power



Nuclear Power Plants Capacity Factor

Fuel Type	Average Capacity Factors (%)
Nuclear	91.8
Coal (Steam Turbine)	71.8
Gas (Combined Cycle)	43.3
Gas (Steam Turbine)	16.0
Oil (Steam Turbine)	19.6
Hydro	27.8
Wind	30.4
Solar	19.8

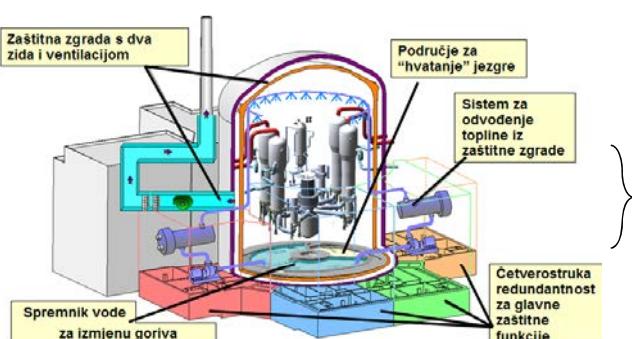


* Source: Global Energy Decisions / Energy Information Administration

EOOR – nuklearni dio 1 od 3

21

Temički reaktori , gen III i III+



Country and developer	Reactor	Size MWe	Design Progress
US-Japan (GE-Hitachi, Toshiba)	ABWR	1300	Commercial operation in Japan since 1996-7. In US: NRC certified 1997, FOAKE.
USA (Westinghouse)	AP-600 AP-1000 (PWR)	600 1100	AP-600: NRC certified 1999, FOAKE. AP-1000 NRC certification 2005, first units being built in China, many more planned
France-Germany (Areva NP)	EPR US-EPR (PWR)	1600	Future French standard. French design approval. Being built in Finland and France, planned for China. US version developed.
USA (GE-Hitachi)	ESBWR	1550	Developed from ABWR, under certification in USA, likely construction there.
Japan (utilities, Mitsubishi)	APWR US-APWR EU-APWR	1530 1700 1700	Basic design in progress, planned for Tsuruga US design certification application 2008.
South Korea (KHNP, derived from Westinghouse)	APR-1400 (PWR)	1450	Design certification 2003, First units expected to be operating c 2013.
Germany (Areva NP)	SWR-1000 (BWR)	1200	Under development, pre-certification in USA
Russia (Gidropress)	VVER-1200 (PWR)	1200	Replacement under construction for Leningrad and Novovoronezh plants
Canada (AECL)	CANDU-0 CANDU-9	750 925+	Enhanced model Licensing approval 1997

EOOR – nuklearni dio 1 od 3

22

Generation IV Systems

System	Neutron Spectrum	Fuel Cycle	Size (MWe)	Applications	R&D Needed
Very-High-Temperature Reactor (VHTR)	Thermal	Open	250	Electricity, Hydrogen, Process Heat	Fuels, Materials, H ₂ production
Supercritical-Water Reactor (SCWR)	Thermal, Fast	Open, Closed	1500	Electricity	Materials, Thermal-hydraulics
Gas-Cooled Fast Reactor (GFR)	Fast	Closed	200-1200	Electricity, Hydrogen, Actinide Management	Fuels, Materials, Thermal-hydraulics
Lead-Cooled Fast Reactor (LFR)	Fast	Closed	50-150 300-600 1200	Electricity, Hydrogen Production	Fuels, Materials
Sodium Cooled Fast Reactor (SFR)	Fast	Closed	300-1500	Electricity, Actinide Management	Advanced recycle options, Fuels
Molten Salt Reactor (MSR)	Epithermal	Closed	1000	Electricity, Hydrogen Production, Actinide Management	Fuel treatment, Materials, Reliability

EOOR – nuklearni dio 1 od 3

23

Hydrogen Production

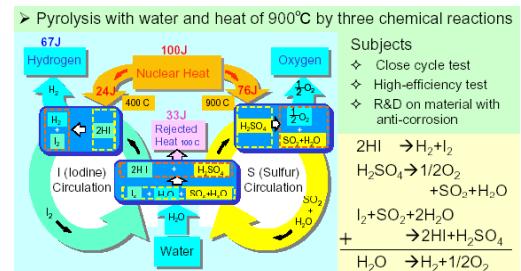
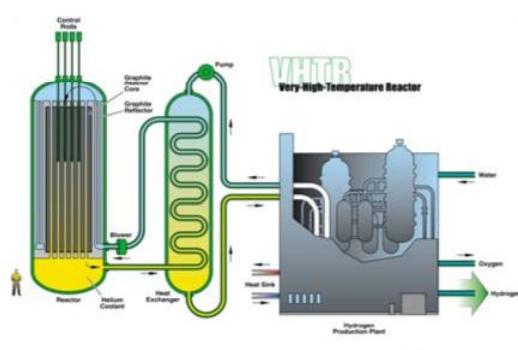
Very-High-Temperature Reactor (VHTR)

Characteristics

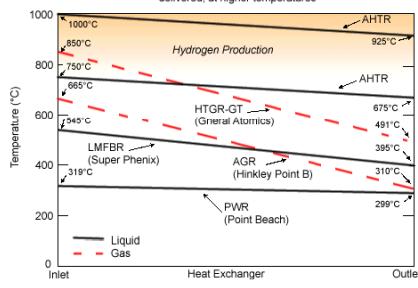
- He coolant
- >900°C outlet temperature
- 250 MWe
- Coated particle fuel in either pebble bed or prismatic fuel

Benefits

- Hydrogen production
- Process heat applications
- High degree of passive safety
- High thermal efficiency option



Heat Transfer for Different Primary Coolants
Low-pressure liquid coolants allow more heat to be delivered, at higher temperatures

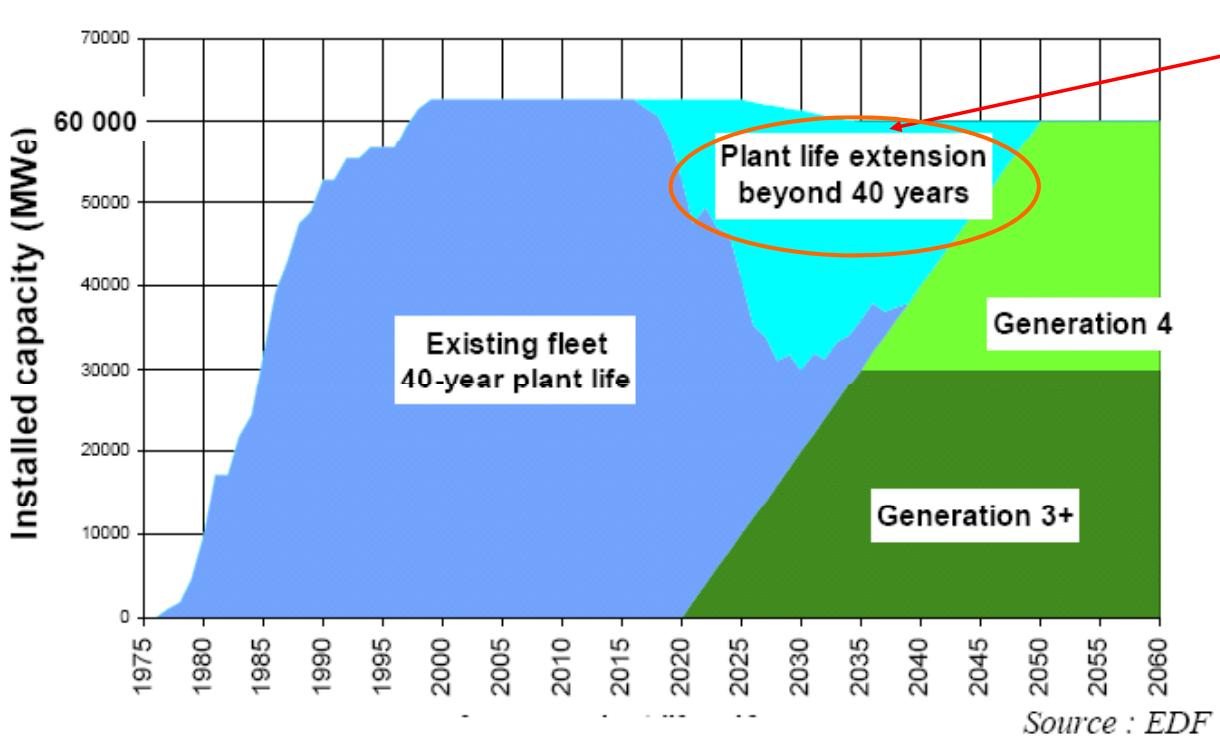


Forsberg 2002

EOOR – nuklearni dio 1 od 3

24

Nuklearne elektrane u Francuskoj



EOOR – nuklearni dio 1 od 3

25

Finland as example: why new NPPs?

Key indicators	
Population (millions), 2008.....	5.3
GDP (US\$ billions), 2008.....	274.0
GDP per capita (US\$), 2008	51,989.4
Global Competitiveness Index	
GCI 2009–2010.....	6



Why OL3 ?

- ✓ OL3 meets growing demand for electricity
- ✓ reduce carbon dioxide emissions in Finland
- ✓ support the competitiveness of Finnish industry by offering a reliable electricity supply at a reasonable price
- ✓ reduce dependence on electricity imports

Source: TVO

EOOR – nuklearni dio 1 od 3

26

Finland: Electric Power Capacity

Generating Capacity by Ownership and Fuel, 2005									
Unit: MW	Nuclear	Coal	Hydro	CHP	Oil	Gas	Wind	Total	Share
Fortum Power and Heat	976	1 000	755	843				3 574	35%
<i>Also has shares in TVO's nuclear capacity (458 MW), Kemijoki's hydro capacity (642 MW) and TVO's condensing coal-fired capacity (308 MW)</i>									
Teollisuuden Voima (TVO)	1 720	565						2 285	22%
Pohjolan Voima (PVO)		477	409	343	370	238	12	1 849	18%
<i>Also has shares in TVO's nuclear capacity (977 MW), condensing capacity (257 MW) and CHP capacity (398 MW)</i>									
Helsingin Energia	380	45	630	118				1 173	11%
<i>Also has small shares in nuclear, hydro and wind power</i>									
Kemijoki			1 006					1 006	10%
Tampereen Sähkölaitos			336					336	3%
Total	2 696	2 422	2 215	2 152	488	238	12	10 223	
<i>Share of total</i>	26%	24%	22%	21%	5%	2.3%	0.1%		

27

EOOR – nuklearni dio 1 od 3

27

Primjer: Finska



Olkiluoto 3



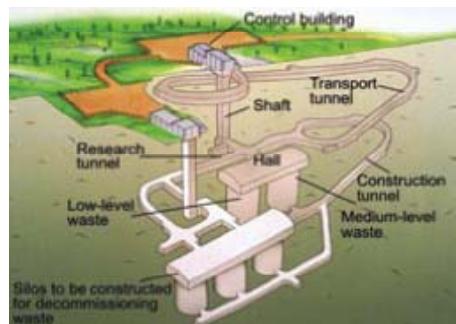
Primjer: Finska

Odlaganje radiaktivnog otpada i istrošenog goriva

Olkiluoto NPP



TVO



The final disposal repository for operating waste in Olkiluoto, in operation from 1992



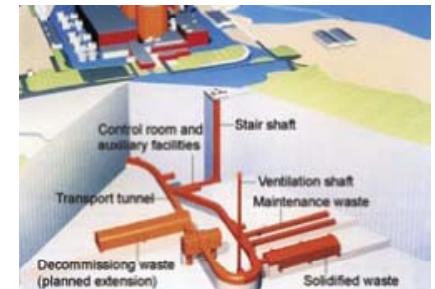
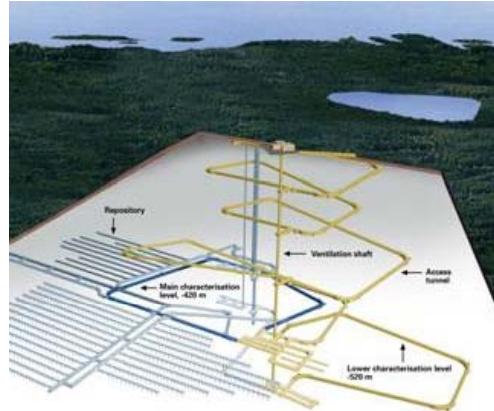
spent nuclear fuel



Loviisa NPP

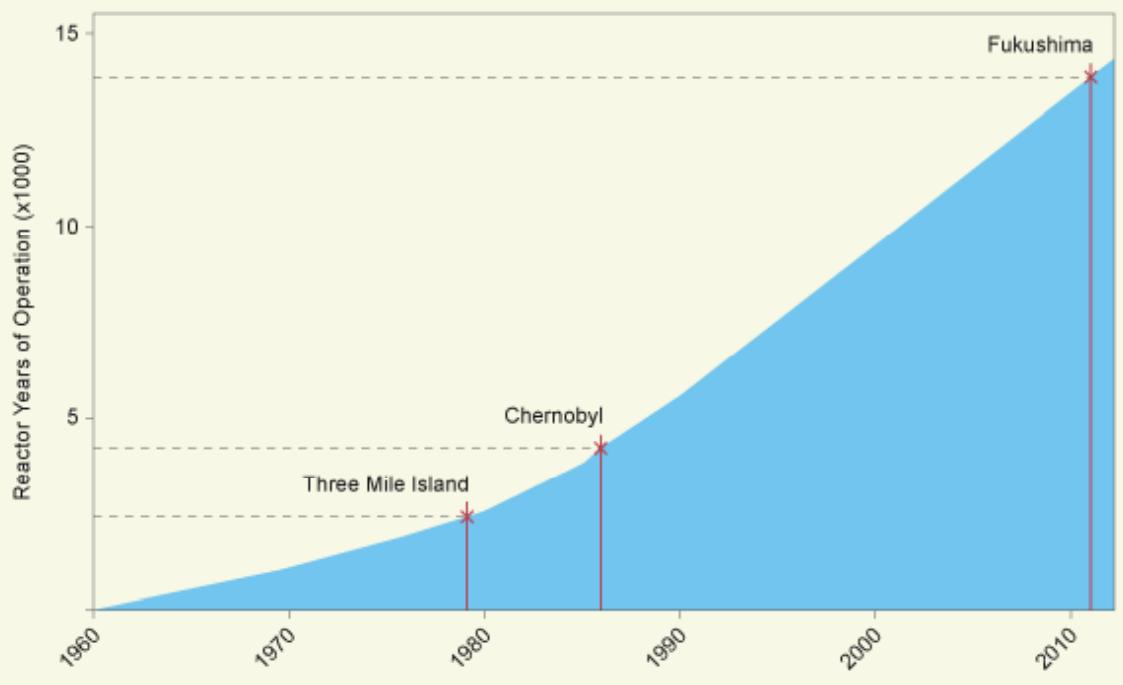


Fortum



In Loviisa, final disposal of operating waste started in 1998.

Cumulative Reactor Years of Operation



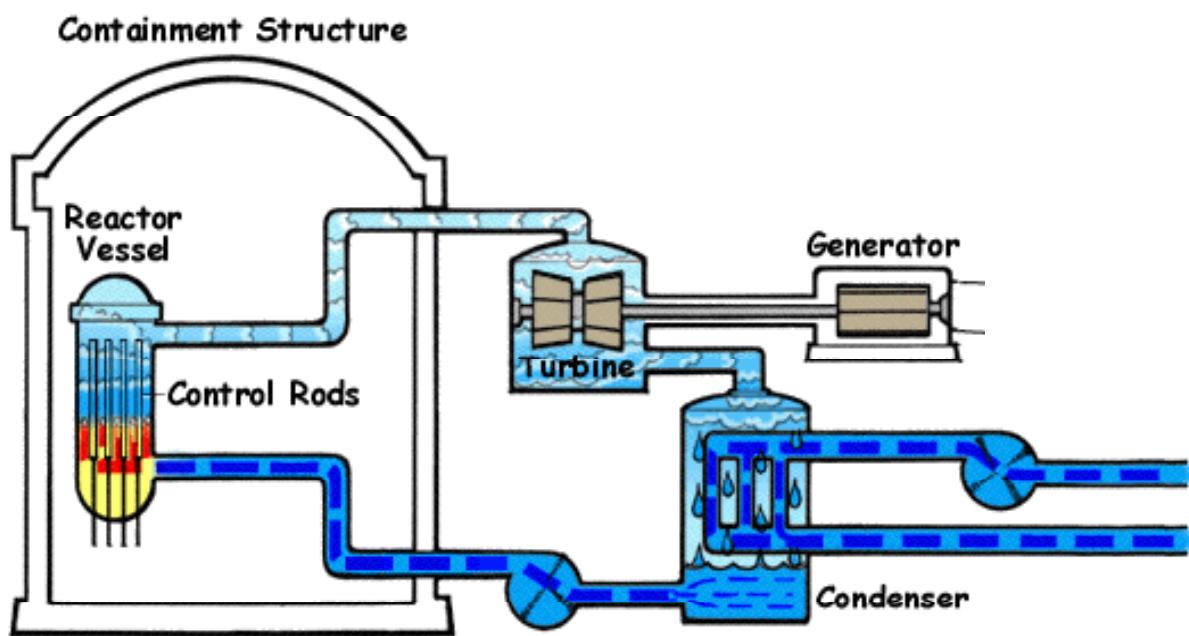
Core damage frequency (CDF) indicates the likelihood of an accident that would cause damage to a nuclear reactor core,

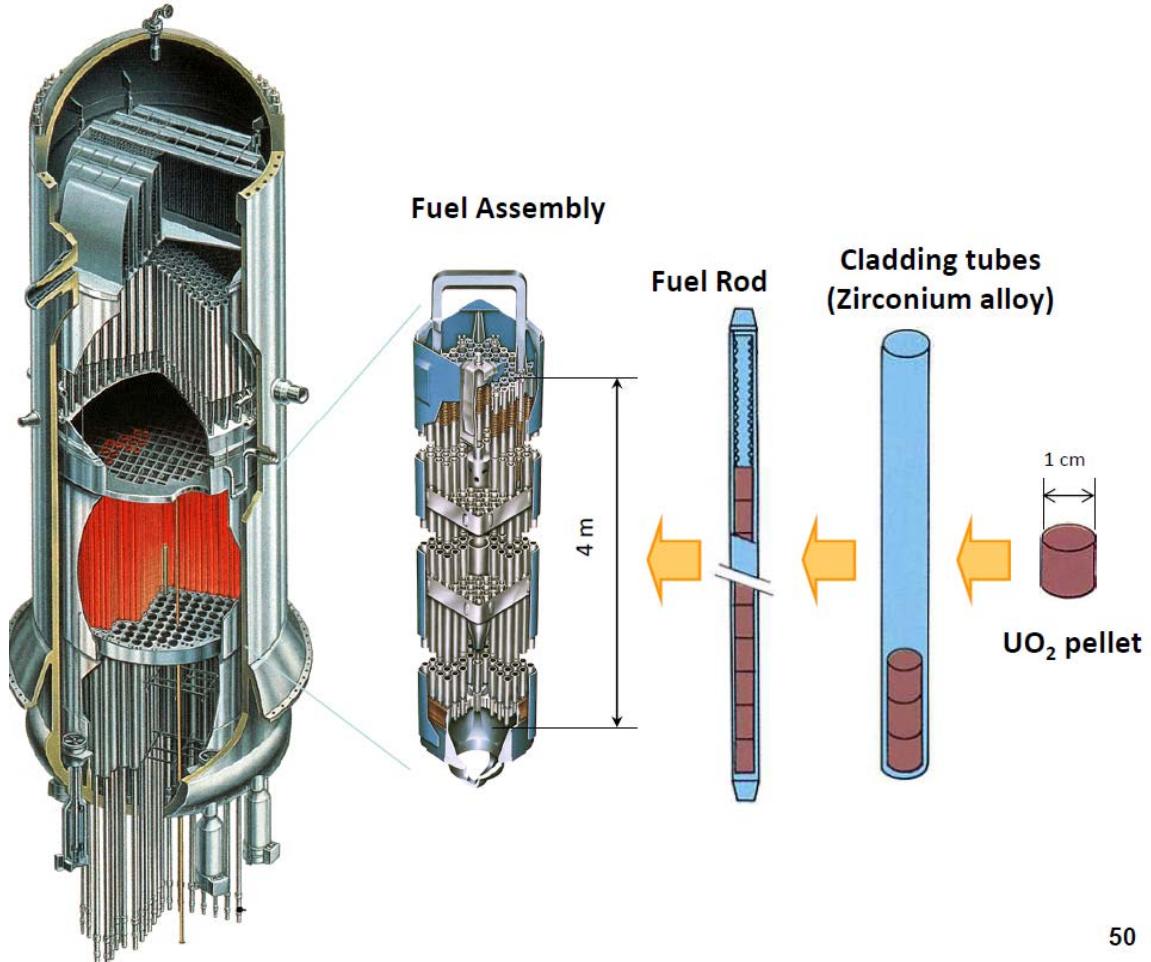
- $< 10^{-4}$ per year
- the frequency of large early releases must not exceed 10^{-6} per

NPP DAIICHI before the earthquake



Nuklearna elektana s kipućim reaktorom
(BWR)





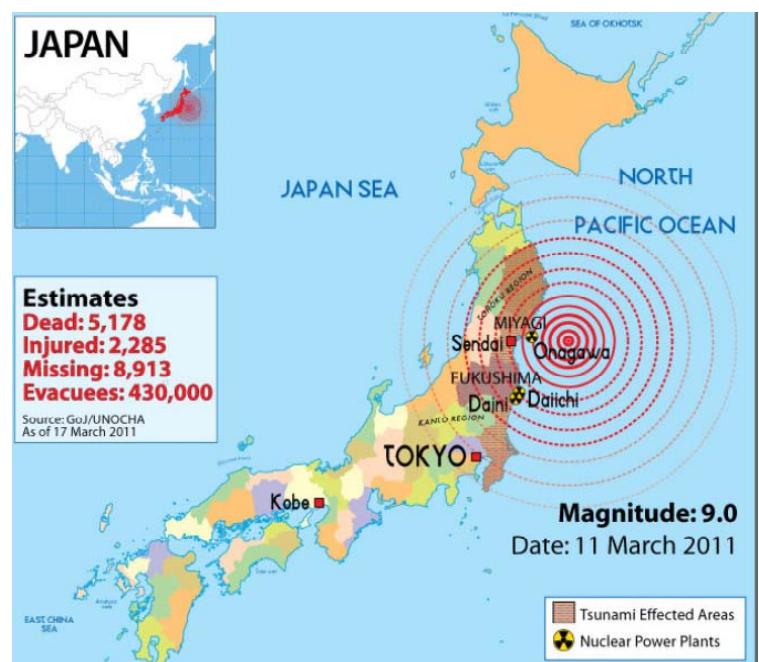
50

EOOR – nuklearni dio 1 od 3

33

Largest Earthquake in Japan since first historical recordings

- 11/03/2011, 2:46 p.m. local time near the Japanese island of Honshu was an earthquake of 9 on the Richter scale
- The earthquake had an impact on section of north-east coast of Japan where they are located a series of nuclear power plants
- Nuclear reactors have been shut down properly



EOOR – nuklearni dio 1 od 3

Some Time Later: The Tsunami



EOOR – nuklearni dio 1 od 3

Combination of Natural Hazards of Exceptional Magnitude



Quake

- ▶ 2011 Tōhoku earthquake (Great East Japan Earthquake) occurred at 14:46 JST (05:46 GMT) on Friday, March 11th, 2011
 - ◆ Magnitude: 9.0 (M_w)
 - ◆ Duration: approximately 6 minutes
- ▶ Most powerful known earthquake in Japan; 4th largest earthquake in the world since modern record-keeping began in 1900



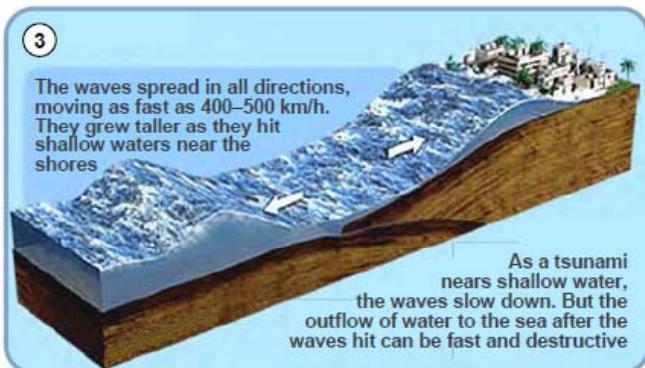
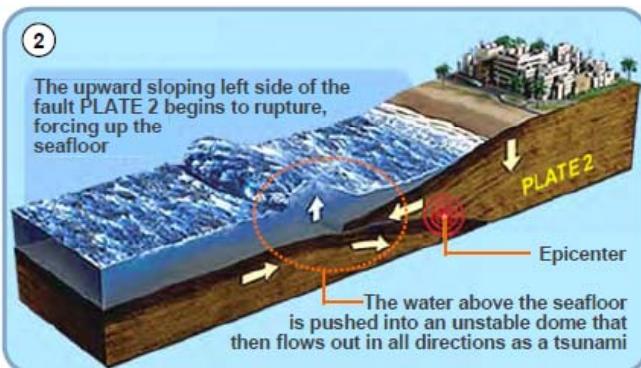
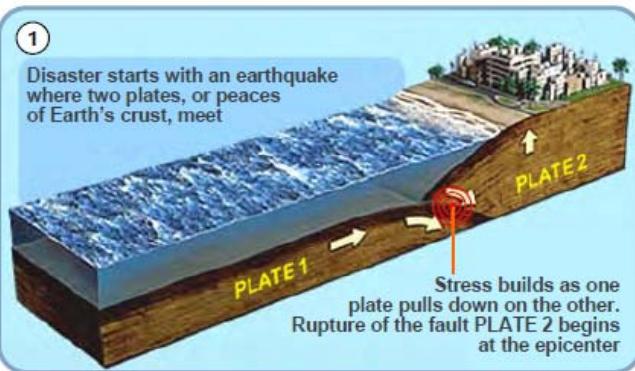
Global

- ▶ Earthquake moved the main island of Japan by 2.4 m, the eastern parts of Japan by 3.65 m closer to North America, speeded up Earth's rotation, cutting day by 1.8 μ s due to redistribution of the planet's mass and shifted Earth's figure axis by 25 cm

Tsunami (“Harbour Wave” in Japanese)

- ▶ Tsunami waves, which reached heights of up to 40.5 m in Miyako, travelled up to 10 km inland in the Sendai area. Tsunami wave height estimated at approximately +15 m (Onahama Port base tide level)

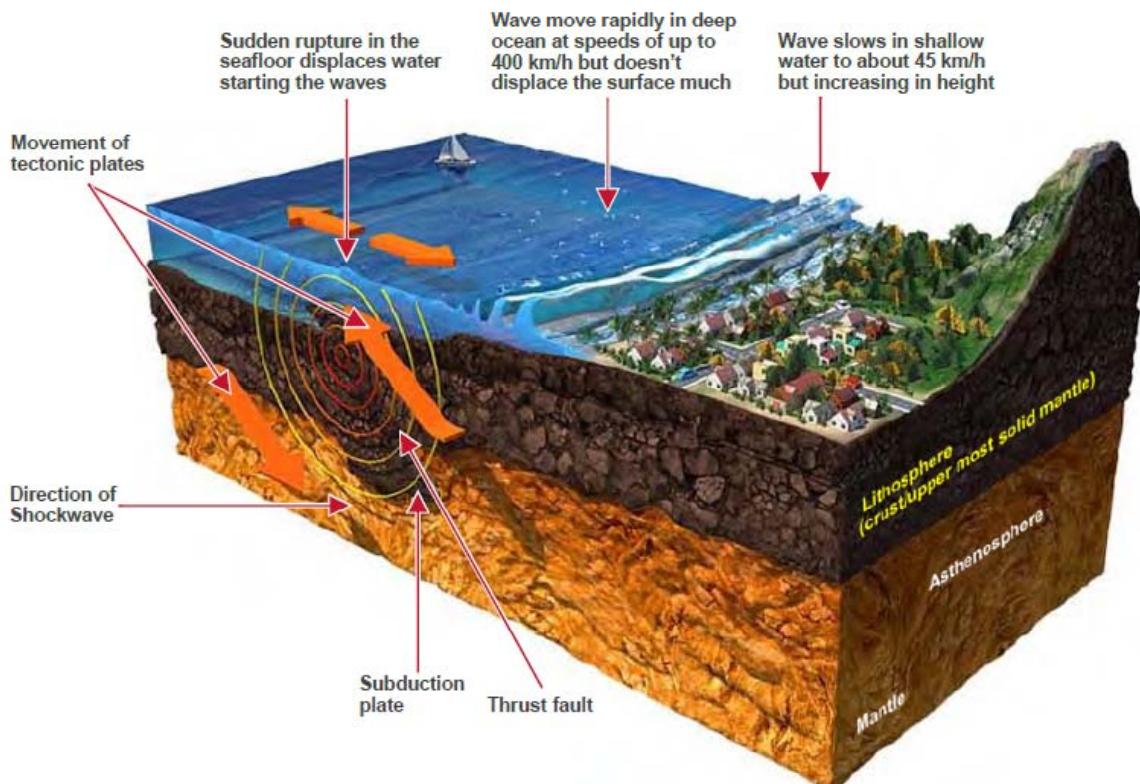
What Causes a Tsunami?



EOOR – nuklearni dio 1 od 3

37

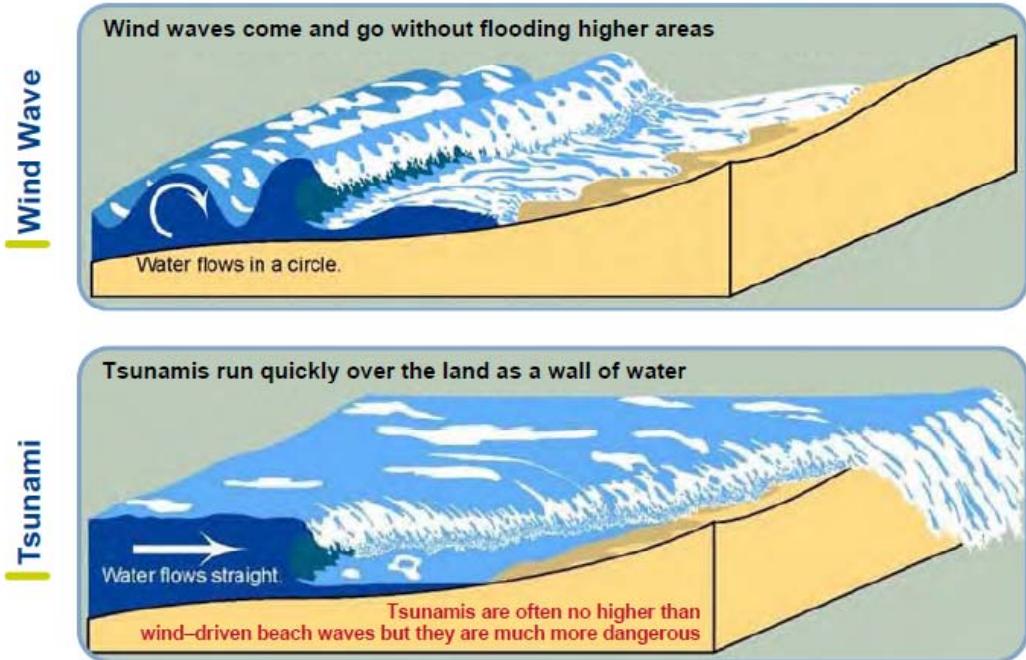
Anatomy of Earthquake / Tsunami



EOOR – nuklearni dio 1 od 3

38

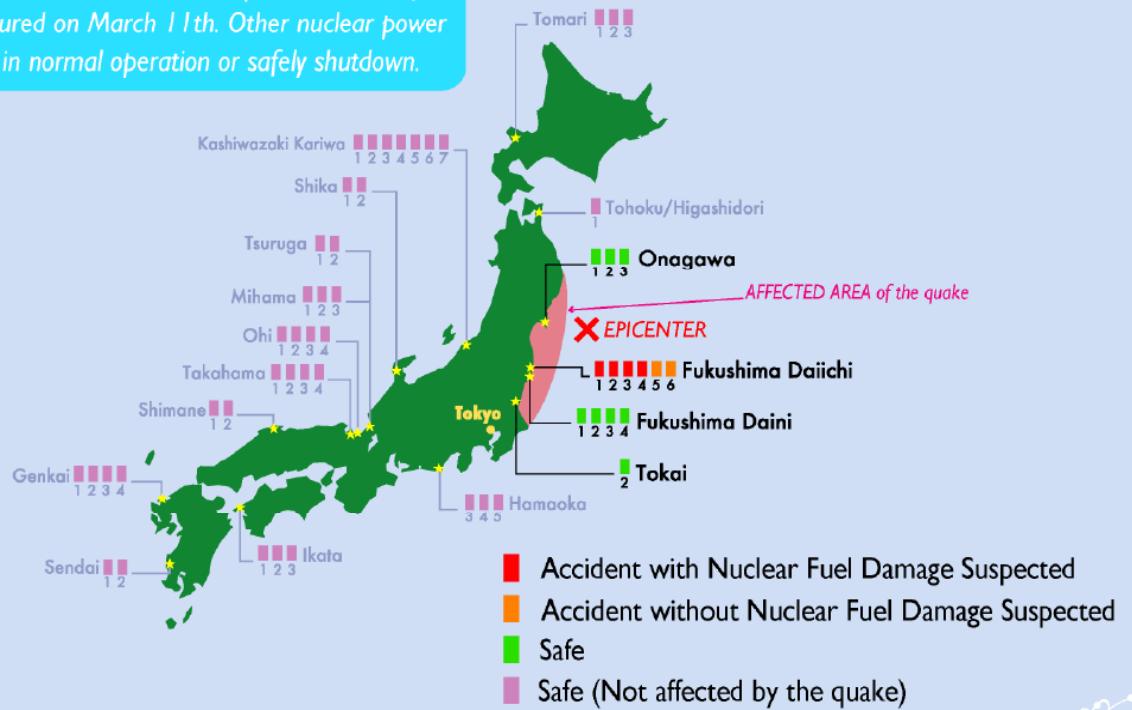
Tsunami versus Wind Wave



Power of Tōhoku Tsunami

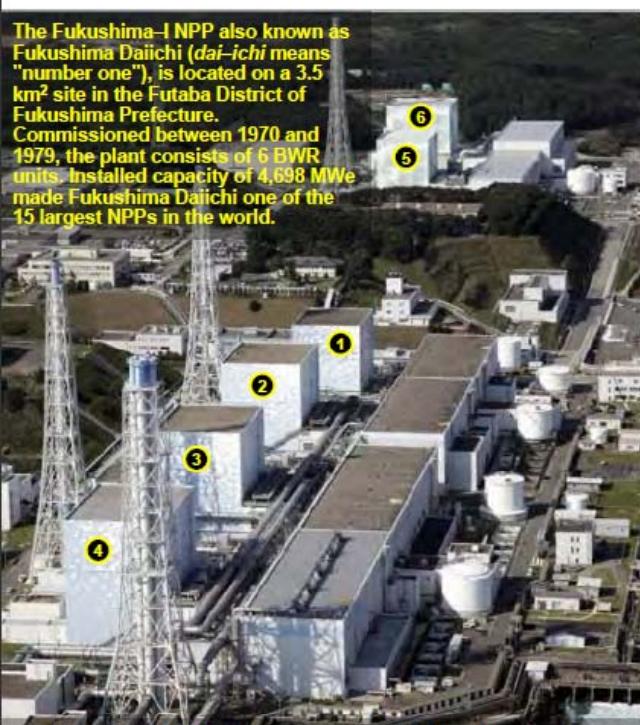


The accident that brings environmental impact is going on at several units in Fukushima Daiichi nuclear power Station after the earthquake occurred on March 11th. Other nuclear power plants in Japan are in normal operation or safely shutdown.



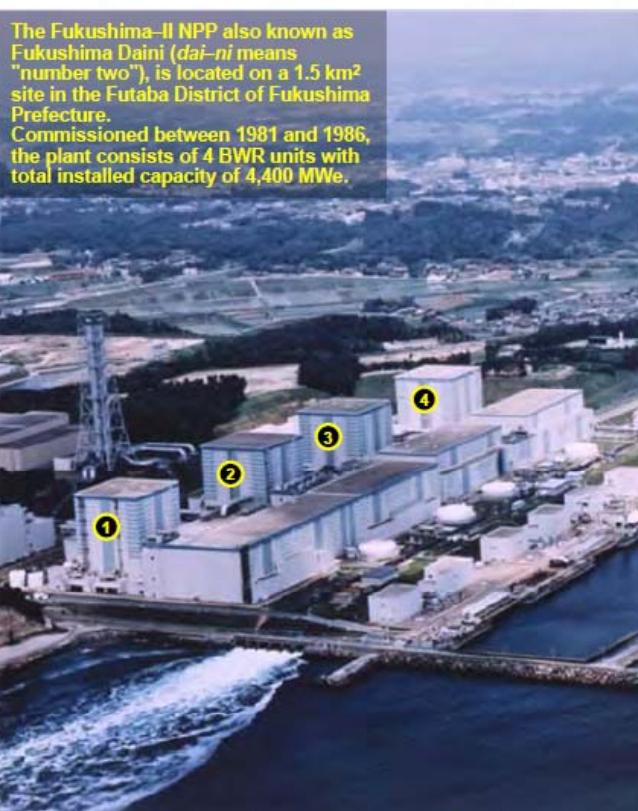
NPP Fukushima-I (Daiichi) and –II (Daini)

The Fukushima-I NPP also known as Fukushima Daiichi (*dai-ichi* means "number one"), is located on a 3.5 km² site in the Futaba District of Fukushima Prefecture. Commissioned between 1970 and 1979, the plant consists of 6 BWR units. Installed capacity of 4,698 MWe made Fukushima Daiichi one of the 15 largest NPPs in the world.



Units 7 and 8 (2 ABWRs with capacity of 1,380 MWe each) were planned to start construction in April 2012 and 2013 and to come into operation in October 2016 and 2017 respectively. The project was formally canceled by TEPCO in April 2011.

The Fukushima-II NPP also known as Fukushima Daini (*dai-ni* means "number two"), is located on a 1.5 km² site in the Futaba District of Fukushima Prefecture. Commissioned between 1981 and 1986, the plant consists of 4 BWR units with total installed capacity of 4,400 MWe.



Unit	1	2	3	4	5	6
Reactor type & Electric power	BWR-3 460 MW	BWR-4 784 MW	BWR-4 784 MW	BWR-4 784 MW	BWR-4 784 MW	BWR-5 1,100 MW

Unit	1	2	3	4
Reactor type & Electric power	BWR-5 1,100 MW	BWR-5 1,100 MW	BWR-5 1,100 MW	BWR-5 1,100 MW

Ostatna toplina

Generirana snaga nakon obustave reaktora:

- ostatna toplina posljedica je radioaktivnog raspada fizijskih produkata

P_0 – snaga reaktora prije obustave

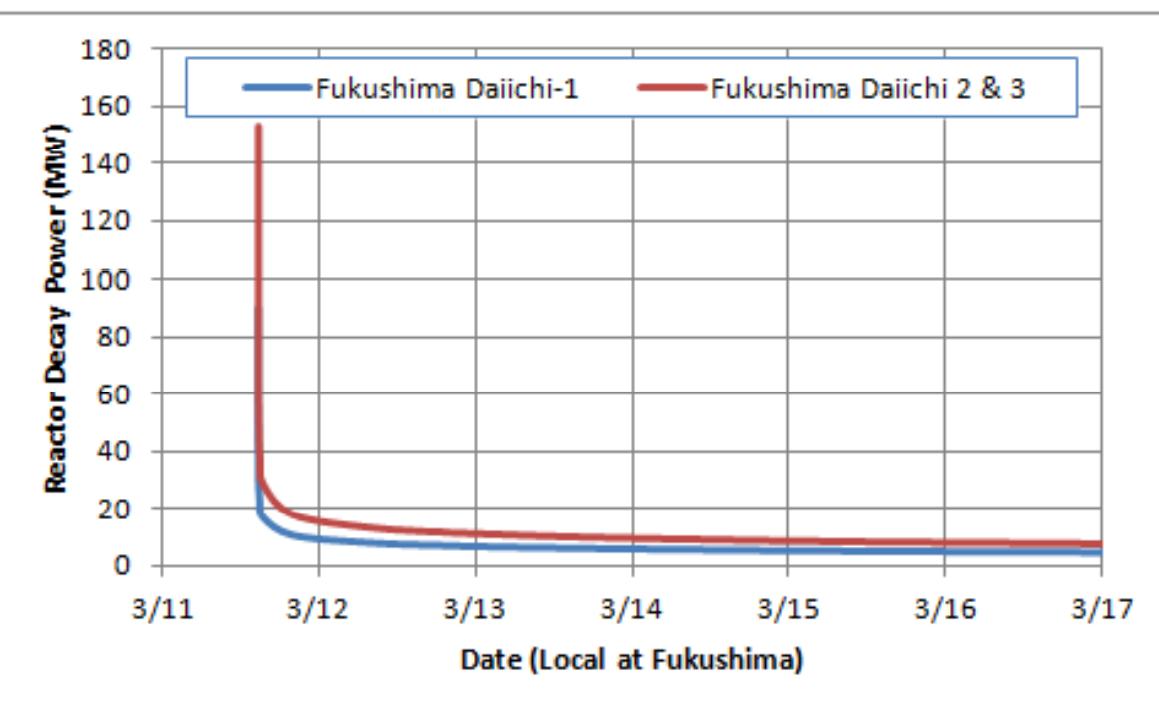
t_0 – vrijeme rada reaktora

t – vrijeme rada i obustave

(vremena su u danima)

$$P = P_0 \cdot 0,0061 \cdot \left[(t - t_0)^{-0,2} - t^{-0,2} \right]$$

Ostatna toplina DAIICHI NPP



Approximate decay heat for the Fukushima reactors

Date/Time (Fukushima Time)	Fukushima Daiichi-1 Decay Heat (MW)	Fukushima Daiichi-2 & 3 Decay Heat (MW)	Percent of Full Reactor Power
3/11/11 2:46 PM	89.8	153.1	6.45%
3/11/11 2:47 PM	42.5	72.5	3.05%
3/11/11 2:48 PM	34.7	59.1	2.49%
3/11/11 2:50 PM	29.2	49.8	2.10%
3/11/11 3:00 PM	21.9	37.3	1.57%
3/11/11 3:30 PM	16.9	28.8	1.21%
3/11/11 8:00 PM	10.7	18.2	0.77%
3/12/11 8:00 AM	8.0	13.6	0.57%
3/12/11 8:00 PM	7.0	11.8	0.50%
3/13/11	6.7	11.5	0.48%
3/14/11	5.8	9.9	0.42%
3/16/11	4.9	8.3	0.35%
3/20/11	4.0	6.9	0.29%
4/1/11	3.0	5.2	0.22%
7/1/11	1.6	2.7	0.11%
10/1/11	1.2	2.0	0.08%
3/11/12	0.8	1.4	0.06%

EOOR – nuklearni dio 1 od 3

45

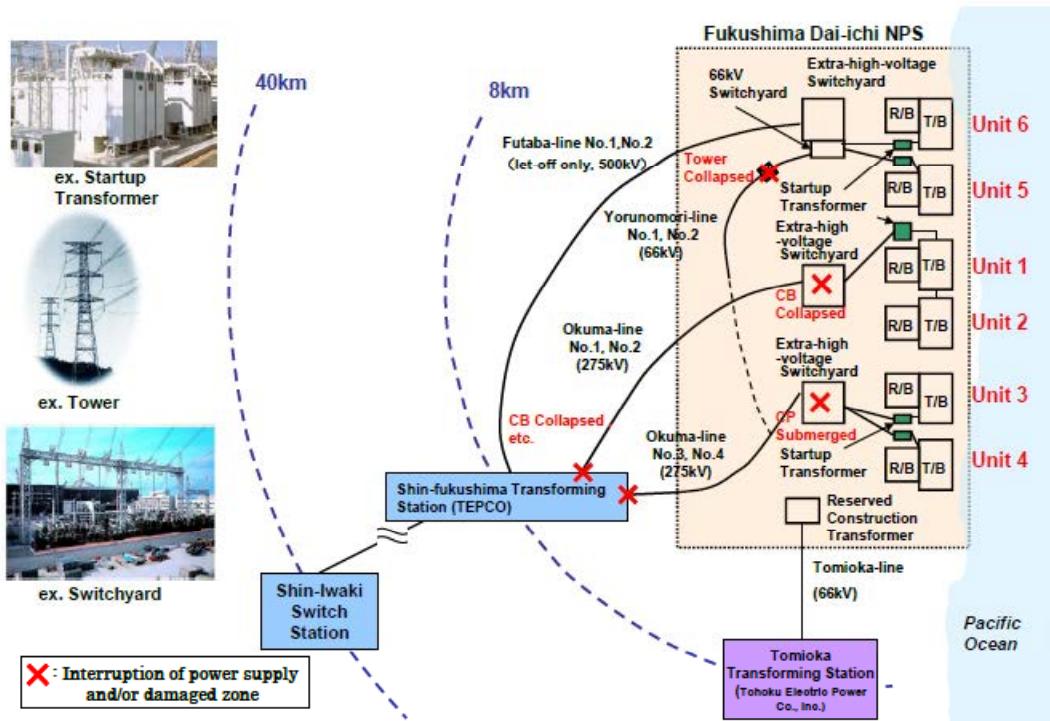
- Fukushima unit 1 has an electrical rating of 460 MWe and
- units 2 and 3 have an electrical rating of 784 MWe.
- the efficiency of the plants is about 33%. Therefore, they have thermal ratings (MWth) about 3 times that of the electrical ratings and this thermal energy is the energy that must be removed

Fukushima Daiichi NPP

Unit	Output (MW)	Start Operation	Manufacture
No.1	460, BWR-3, 400 FA (68T, UO ₂)	1971/3	GE
No.2	784, BWR-4, 548 FA (94T, UO ₂)	1974/7	GE/Toshiba
No.3	784, BWR-4, 548 FA (95T, MOX)	1976/3	Toshiba
No.4	784, BWR-4, 548 FA (94T, UO ₂)	1978/10	Hitachi
No.5	784	1978/4	Toshiba
No.6	1100	1979/10	GE/Toshiba
Total	4696		

13 Emergency Diesel Generators, each unit has 2 DG, but No.6 has three DG(one for each reactor)

Damage of external power supply systems for the Fukushima Dai-ichi



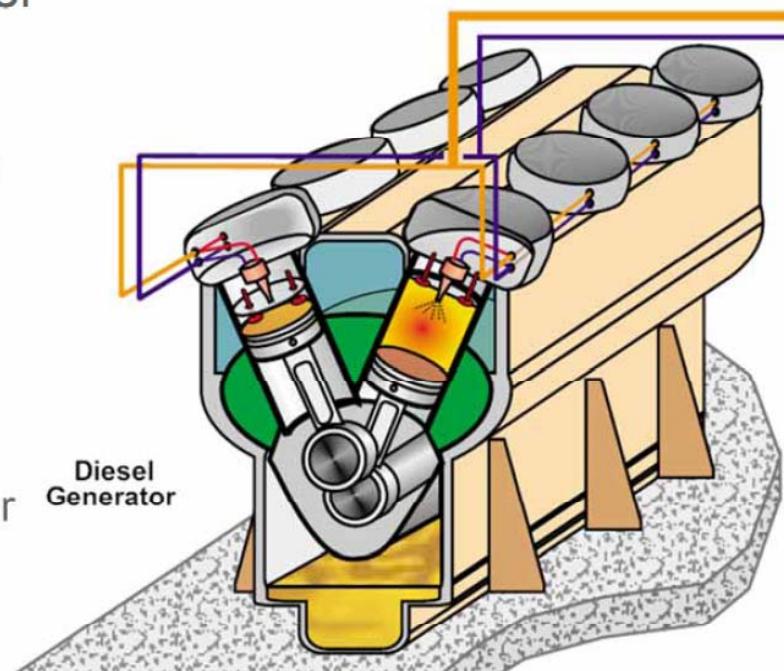
Reference: The Tokyo Electric Power Co., Inc. Release
[Online]. http://info.nicovideo.jp/pdf/2011-03-18_1930_touden_genpatsu.pdf
<http://www.tepco.co.jp/nu/kk-np/info/tohoku/pdf/23032202.pdf>

EOOR – nuklearni dio 1 od 3

47

■ Emergency Diesel Generator

The purpose of the EDG is to automatically start and provide emergency AC power to the safe shutdown equipment in the event off-site power supply is not available



Station Black-Out in Fukushima Daiichi Units 1-4

- Loss of Off-Site Power Supply and Emergency Diesel Generators -

Station Black-Out

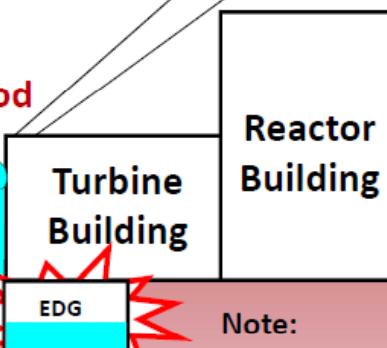
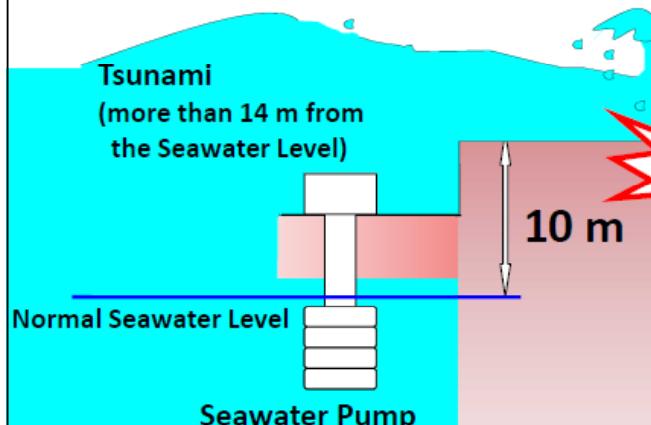


All the motor operated pumps including ECCS pumps became inoperable

- ① Loss of Off-Site Power due to the Earthquake and Tsunami



- ② Emergency Diesel Generators Inoperable due to Tsunami Flood



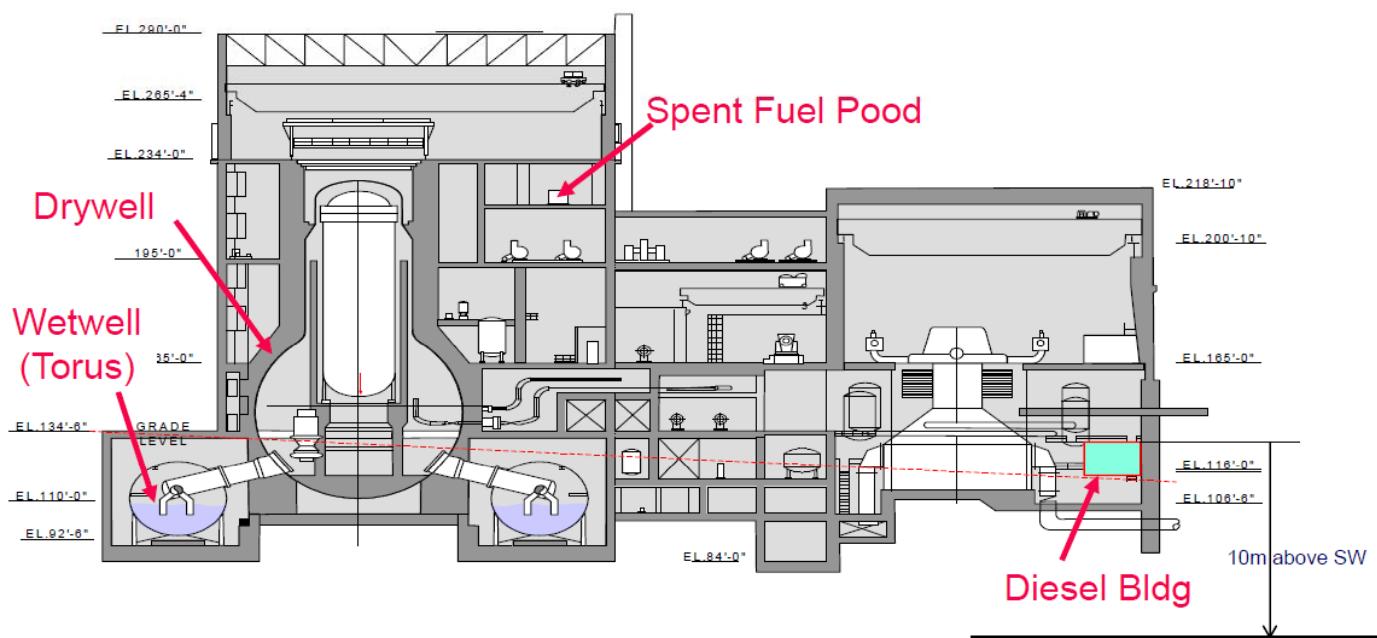
Note:

- Immediate Scram
All the operating units were shut-down by automatic insertion of control rods.

- Emergency DGs have worked properly until the Tsunami attack.

12

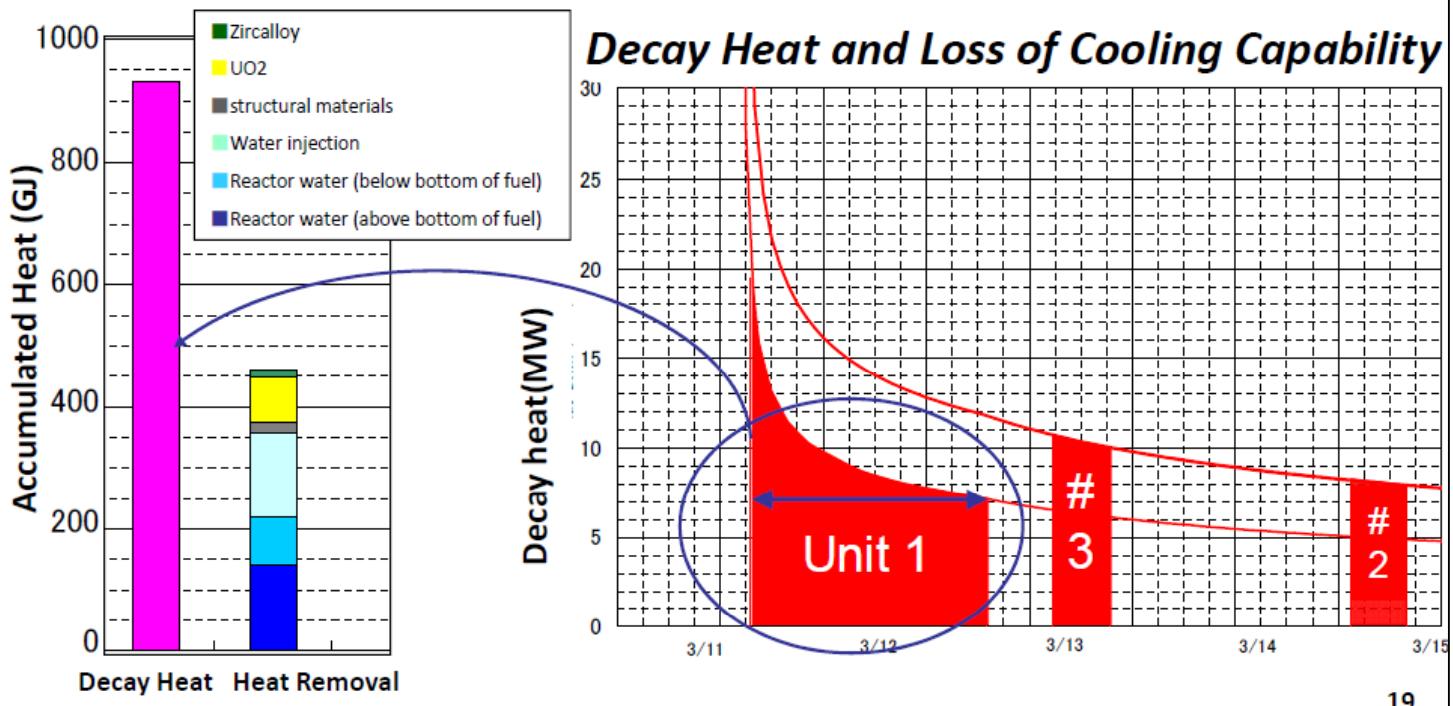
BWR Design Features – small primary containment housed in large building



Balance between Decay Heat and Heat Removal in Unit 1

Decay Heat > Heat Removal

- Total decay heat before sea water injection greatly exceeds the amount of heat which reactor water and structural materials could absorb.
- All molten core moved to RPV bottom and they damaged RPV and run down to PCV.



Source: TEPCO

19

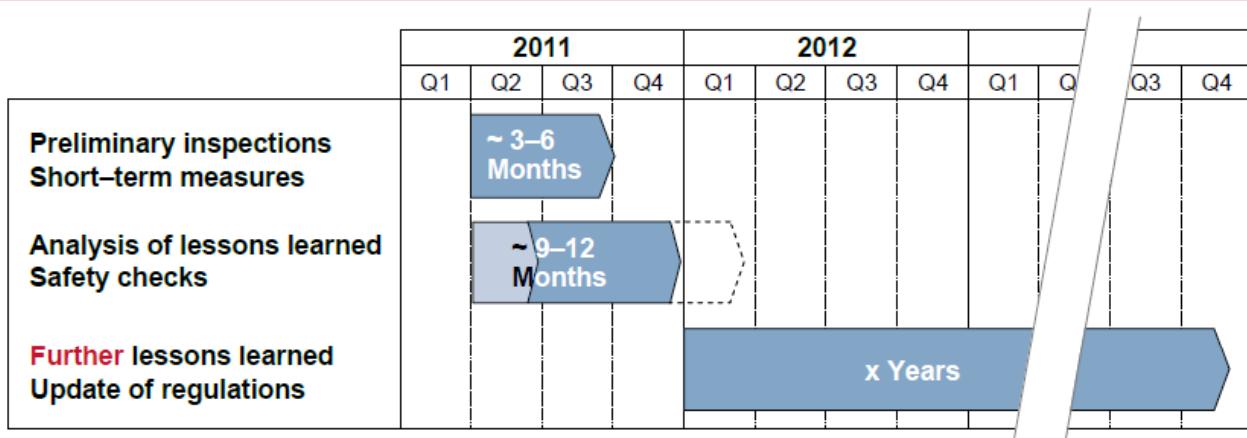
Fukushima Dai-ichi NPP - Status as of 12 April 2011 (JAIF)

Unit	1	2	3	4	5	6
Core and fuel integrity (loaded fuel assemblies)	Damaged (400)	Damaged (548)	Damaged (548)	No fuel in the reactor	Not Damaged	Not Damaged
Reactor Pressure Vessel Integrity	Unknown	Unknown	Unknown	Not Damaged	Not Damaged	Not Damaged
Containment Integrity	Damage and leakage suspected	Damage and leakage suspected	Unknown	Not Damaged	Not Damaged	Not Damaged
Reactor building integrity	Severely Damaged	Slightly Damaged	Severely Damaged	Severely Damaged	Vent hole opened on the rooftop for avoiding hydrogen explosion	
Water injection to core	Continuing (Freshwater)	Continuing (Freshwater)	Continuing (Freshwater)	Not necessary	Not necessary	Not necessary
Water injection to Containment Vessel	Confirming	to be decided (Seawater)	Confirming	Not necessary	Not necessary	Not necessary
Fuel integrity in the spent fuel pool (Stored fuel assemblies)	Unknown (292)	Unknown (587)	Damage suspected (514)	Possibly damaged (1331)	Not damaged (946)	Not damaged (876)
Electric power supply	off-site grid available Light in the MCR recovered	off-site grid available Light in the MCR recovered	off-site grid available Light in the MCR recovered	off-site grid available	off-site grid available	off-site grid available

52

Regulatory Authorities Worldwide Launched 3 Types of Measures

Typical schedule



Short-term measures necessary ... but lessons learned process may be lasting 10 YEARS OR MORE!

EOOR – nuklearni dio 1 od 3

53

German government pledges nuclear phaseout by 2022



Nuclear energy has long been unpopular in Germany

Japan's recent nuclear troubles triggered a rethink of a plan to keep Germany's nuclear power plants on line longer. The governing coalition has now established a new timeline for Germany's nuclear shutdown by 2022.

DW-WORLD.DE
DEUTSCHE WELLE
YOUR LINK TO GERMANY

German nuclear power units

Plant	Type	MWe (net)	Commercial operation	Operator	Provisionally scheduled shut-down 2001	2010 agreed shut-down	March 2011 shutdown & May closure plan
Biblis-A	PWR	1167	2/1975	RWE	2008	2016	yes
Neckarwestheim-1	PWR	785	12/1976	EnBW	2009	2017	yes
Brunsbüttel	BWR	771	2/1977	Vattenfall	2009	2018	yes
Biblis-B	PWR	1240	1/1977	RWE	2011	2018	yes
Isar-1	BWR	878	3/1979	E.ON	2011	2019	yes
Unterweser	PWR	1345	9/1979	E.ON	2012	2020	yes
Phillipsburg-1	BWR	890	3/1980	EnBW	2012	2026	yes
Krümmel	BWR	1260	3/1984	Vattenfall	2016	2030	yes
Total shut down (8)		8336					
Grafenrheinfeld	PWR	1275	6/1982	E.ON	2014	2028	2015
Gundremmingen-B	BWR	1284	4/1984	RWE	2016	2030	2017
Gundremmingen-C	BWR	1288	1/1985	RWE	2016	2030	2021
Gröhnde	PWR	1360	2/1985	E.ON	2017	2031	2021
Phillipsburg-2	PWR	1392	4/1985	EnBW	2018	2032	2019
Brokdorf	PWR	1370	12/1986	E.ON	2019	2033	2021
Isar-2	PWR	1400	4/1988	E.ON	2020	2034	2022
Emsland	PWR	1329	6/1988	RWE	2021	2035	2022
Neckarwestheim-2	PWR	1305	4/1989	EnBW	2022	2036	2022
Total operating (9)		12,003					
Total (17)		20,339 MWe					

EOOR – nuklearni dio 1 od 3

55

nuclear power plant	type	gross capacity MWe	net capacity MWe	gross electricity generation 2010 MWh
in operation				
GKN-2 Neckar	PWR	1,400	1,310	10,874,050
KBR Brokdorf	PWR	1,480	1,410	11,945,182
KKE Emsland	PWR	1,400	1,329	11,560,347
KKG Grafenrheinfeld	PWR	1,345	1,275	7,938,413
KKI-2 Isar	PWR	1,485	1,410	12,006,506
KKP-2 Philippsburg	PWR	1,468	1,402	11,797,122
KRB B Gundremmingen	BWR	1,344	1,284	9,953,737
KRB C Gundremmingen	BWR	1,344	1,288	10,935,801
KWG Grohnde	PWR	1,430	1,360	11,416,876
subtotal 1		12,696	12,068	98,428,034
end of licence 7th August 2011				
Biblis A	PWR	1,225	1,167	5,042,097
Biblis B	PWR	1,300	1,240	10,306,260
GKN-1 Neckar	PWR	840	785	2,207,634
KKB Brunsbüttel	BWR	806	771	0
KKI-1 Isar	BWR	912	878	6,543,273
KKK Krümmel	BWR	1,402	1,346	0
KKP-1 Philippsburg	BWR	926	890	6,790,514
KKU Unterweser	PWR	1,410	1,345	11,238,640
subtotal 2		8,821	8,422	42,128,418
total		21,517	20,490	140,556,452

56

German Energy Sector Open For Russian Grabs After Merkel Medvedev Meeting (Part Two)

Jamestown Foundation Eurasia Daily Monitor ^ | 7/22/2011 | Vladimir Socor

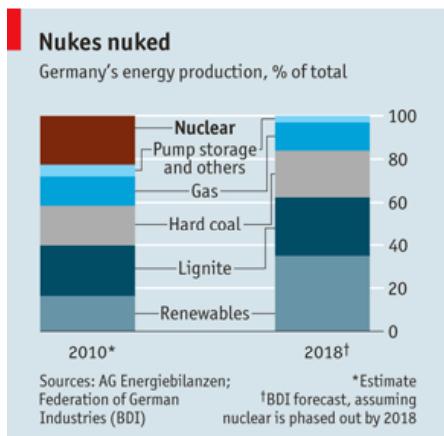
Posted on 26. srpnja 2011. 7:27:08 by [bruinbirdman](#)

President Dmitry Medvedev and Chancellor Angela Merkel led the Russian-German Interstate Consultations on July 19-20 in Hannover. This annual event, with the collective participation of Russian and German government ministers and industry leaders, punctuates the gradual integration in key economic sectors of the two countries.



Nord Stream pipeline

Germany's recent political decision to phase out nuclear energy delighted the Russian side at this summit. Medvedev's delegation offered to supplement gas deliveries massively within the next decade and beyond, so as to replace the lost nuclear power at least in part with Russian gas in Germany's energy mix.



EOOR – nuklearni dio 1 od 3

57

Germany's Federal Network Agency (BNetzA) has opened a [public consultation](#) to gather input on these scenarios. (Deadline for comments: Aug. 29)

The table compares installed capacity (GW) for various energy technologies across four scenarios: Base (2010), 2022, 2032, and 2050. A blue arrow points to the 2022 column, and an orange arrow points to the 2050 column. The table also includes energy consumption and peak demand figures.

Technology	Installed Capacity (GW)				
	Base 2010	2022 Scenario A	2022 Scenario B	2032	2050 Scenario C
Nuclear	20.3	0.0	0.0	0.0	0.0
Brown coal	21.2	20.4	20.4	15.8	17.7
Black coal	29.5	33.4	26.2	21.9	26.2
Natural gas	22.1	23.3	37.0	37.0	23.3
Pumped storage	6.7	9.1	9.1	9.1	9.1
Oil	3.3	2.1	2.1	0.6	2.1
Other	3.0	4.0	4.0	8.0	4.0
Total, Conventional	106.1	92.3	98.8	92.4	82.4
Hydro	4.5	5.6	4.7	4.9	4.6
Onshore wind	27.0	33.4	44.0	61.0	69.9
Offshore wind	0.2	11.3	13.0	28.0	18.0
Photovoltaic	16.9	34.1	54.0	65.0	46.8
Biomass	4.9	7.4	9.1	10.0	8.7
Other	1.5	1.7	1.8	2.8	2.0
Total, Renewable	55.0	93.5	126.6	171.7	150.0
Total Production	161 GW	186 GW	225 GW	264 GW	232 GW
Energy consumption	548 TWh	500 TWh	550 TWh	600 TWh	550 TWh
Peak demand	83 GW	75 GW	83 GW	83 GW	83 GW

Comparison of three scenarios of Germany's energy future.

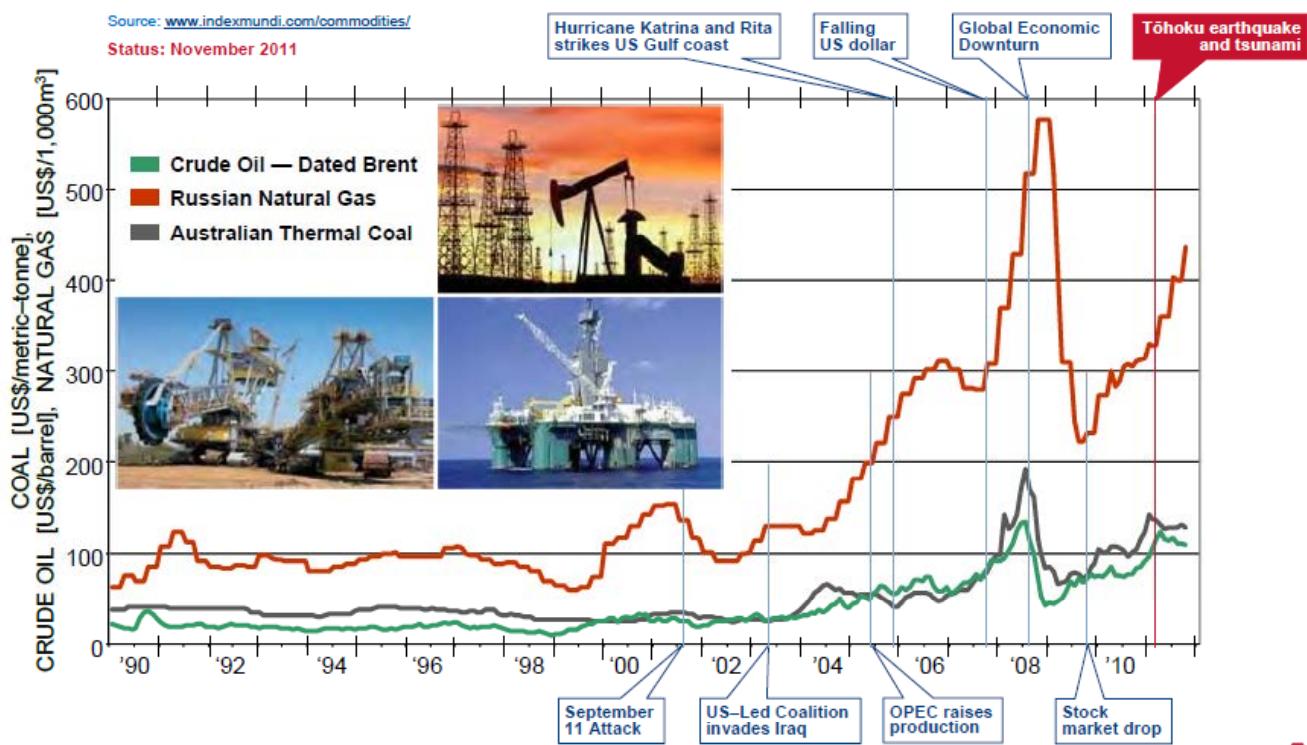
What's missing? Demand response targets. Demand-side participation is essential for Germany to:

- Integrate renewable energy: All three scenarios include massive amounts of solar energy, meeting 45-65% of projected peak demand by 2022.
- Meet greenhouse gas reduction targets
- Increase energy efficiency
- Support electric vehicles
- Realize full benefits of the smart grid
- Optimize distribution and transmission grid capacity

EOOR – nuklearni dio 1 od 3

58

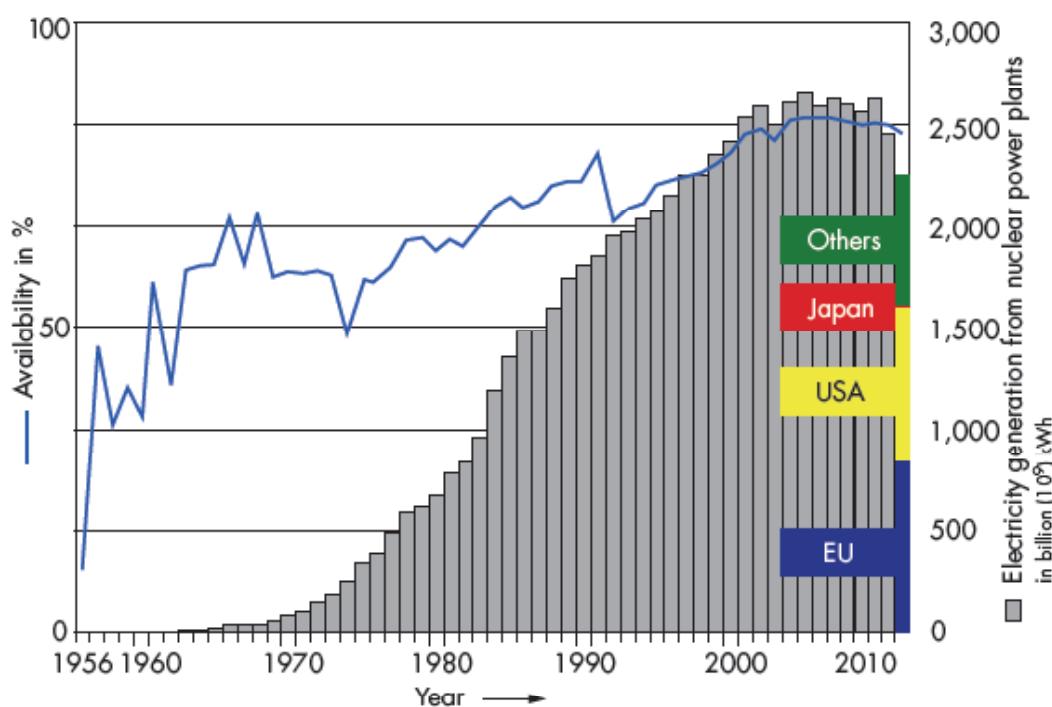
Impact on World Non-Renewable Fuel Spot Prices



EOOR – nuklearni dio 1 od 3

59

Electricity generation from nuclear power worldwide

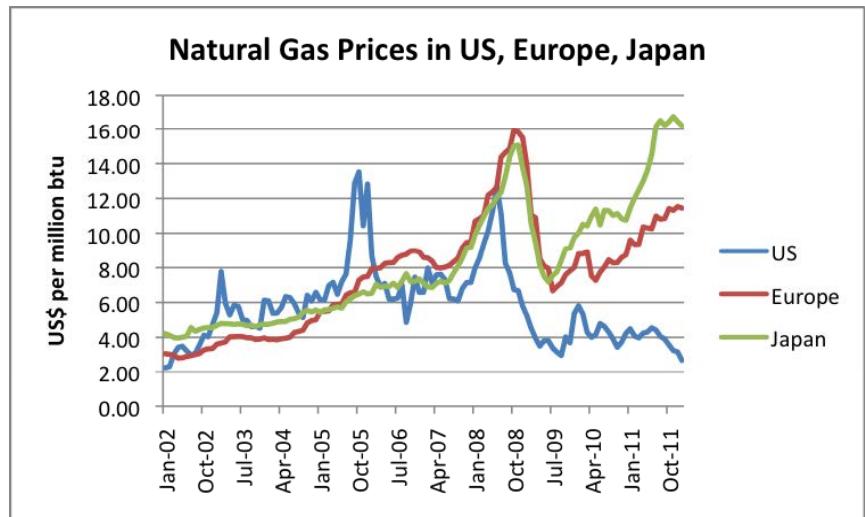
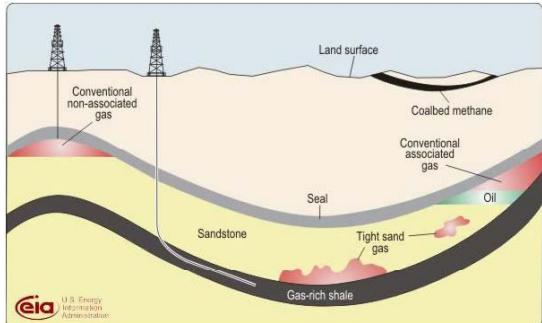
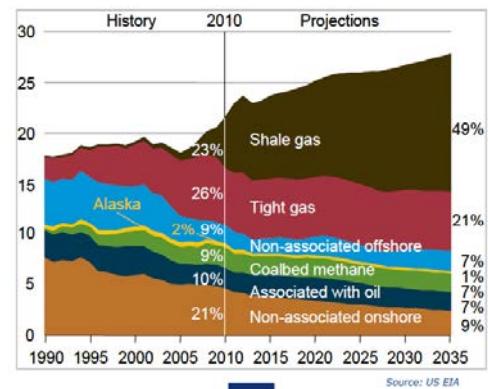


Source: atw 4/2012

EOOR – nuklearni dio 1 od 3

60

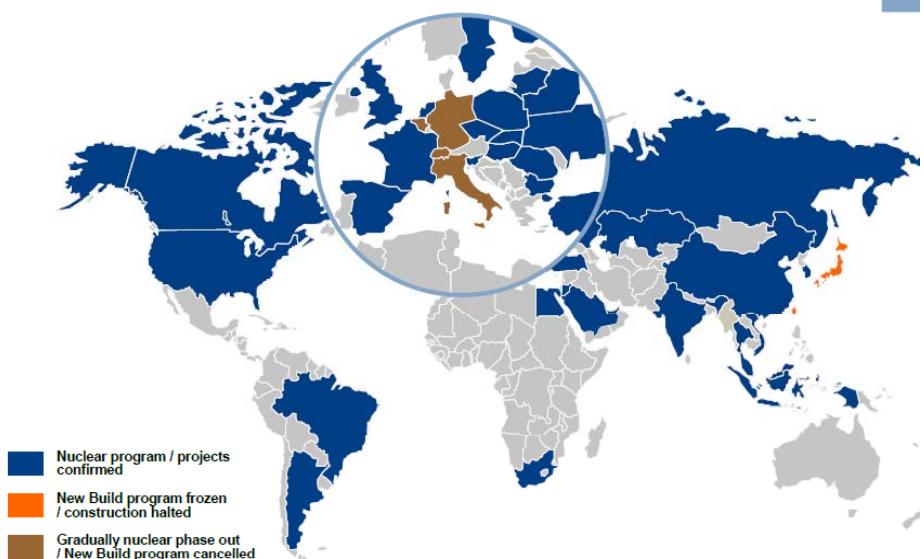
Plin iz škriljevca – proizvodnja u SAD-u



World Nuclear Capacity Forecast

- 7 billion people live on our Planet
- 2 billion have no access to electricity
- Global population is rising toward 9-10 billion people by 2050
- General energy consumption is expected to double by 2030 and to probably triple by 2050
- ..
- Climate change
- ..
- Desalination of sea water
- ..

Most Countries have confirmed the Importance of Nuclear in their Energy Mix ...



Emirates Nuclear Energy Corporation Submits Construction License Application for Braka Units 1 and 2

Schedule	Contract Phase/Phase	Description
Jan 2012	Construction	KEPCO expected to receive a nuclear construction permit from the government
2012	Completion	Construction of phase 1 expected to start
2017	Completion	Phase 1 expected to be completed
2018	Completion	Phase 2 expected to be completed
2020	Completion	Phase 3 expected to be completed

In Q4 2011, the site preparations and the manufacturing of the reactors started.

12% of Dubai's energy from nuclear power by 2030

posted on 27/09/2011

Twelve per cent of Dubai's energy will come from nuclear power by 2030, Saeed Al Tayer, Vice-Chairman of the Dubai Supreme Council of Energy, said on Monday.

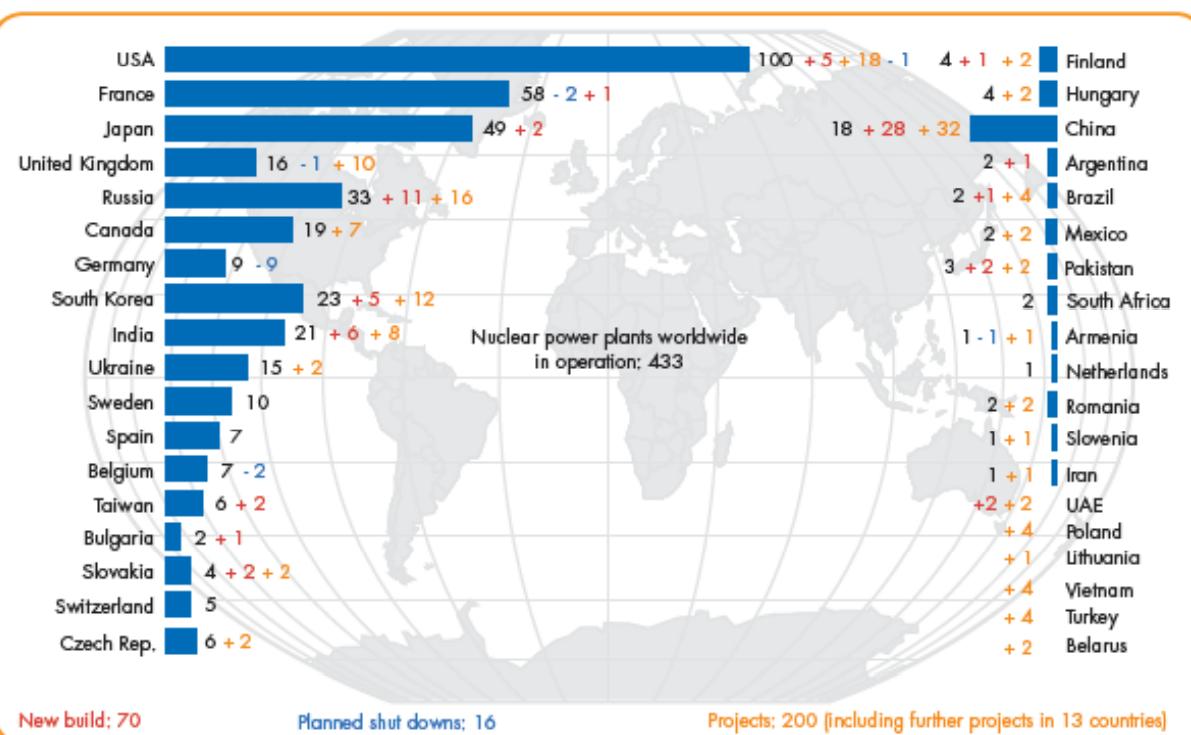
But Al Tayer also said that Dubai did not plan to build nuclear power plants of its own but would import power from other nations.

Al Tayer also revealed that a new solar power plant project will soon be developed to reduce reliance on gas as well as to reduce carbon emissions.

He added that while 99 per cent of Dubai's energy production uses gas and one per cent using diesel, the energy strategy 2030 will reduce its dependence on oil and gas.

EOOR – nuklearni dio 1 od 3

63

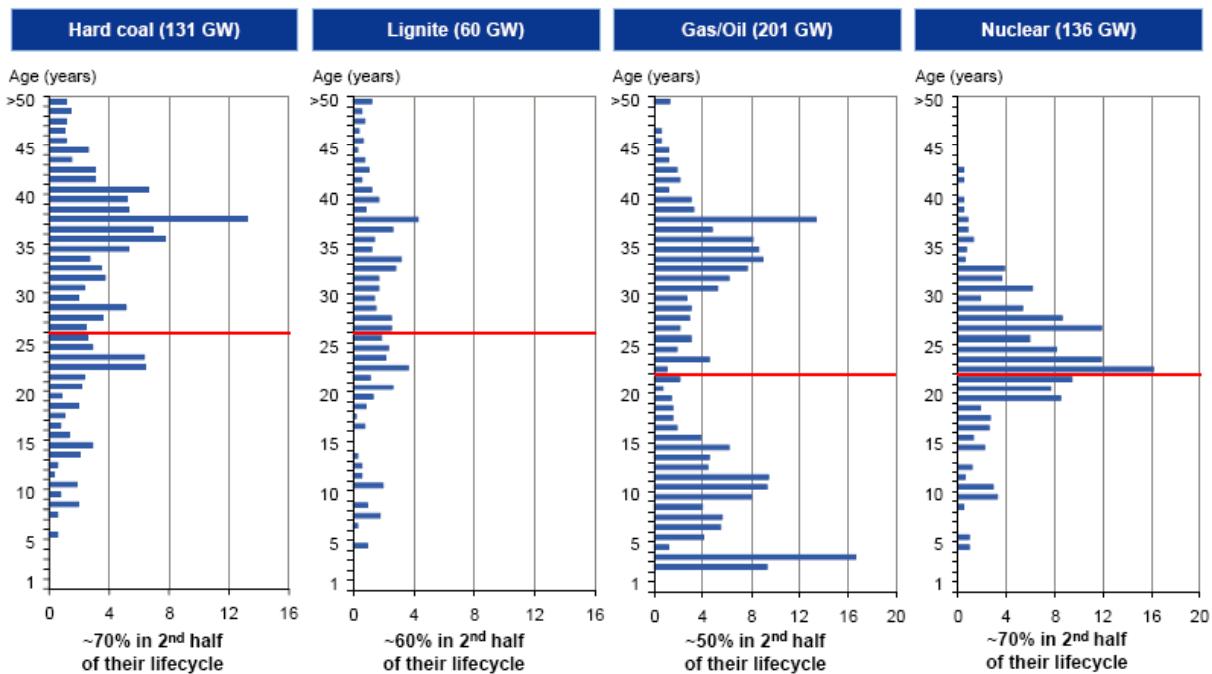


Source: IAEA, atw - International Journal for Nuclear Power, state: 9/2013

EOOR – nuklearni dio 1 od 3

64

Age Structure of Power Plants in Europe (2007)

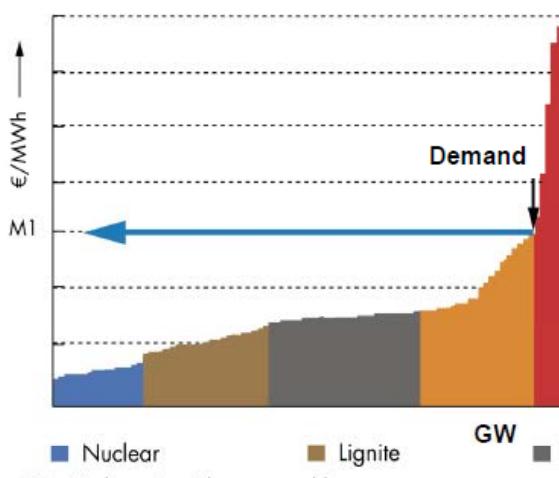


Sources: BCG, RWE

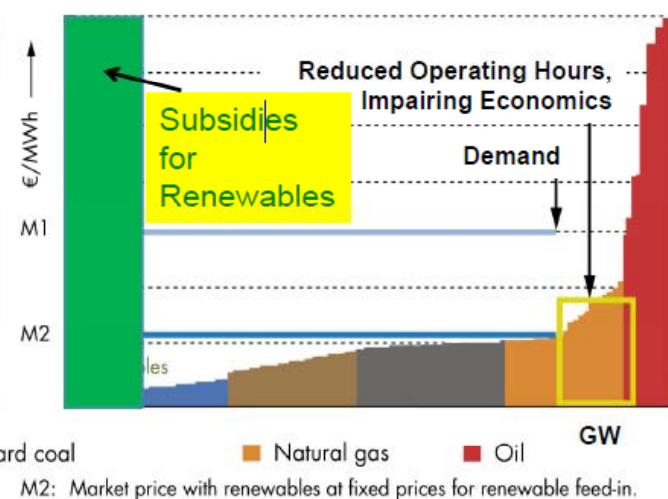
EOOR – nuklearni dio 1 od 3

65

Market without feed-in of renewables



Market with feed-in of renewables at fixed prices for renewables

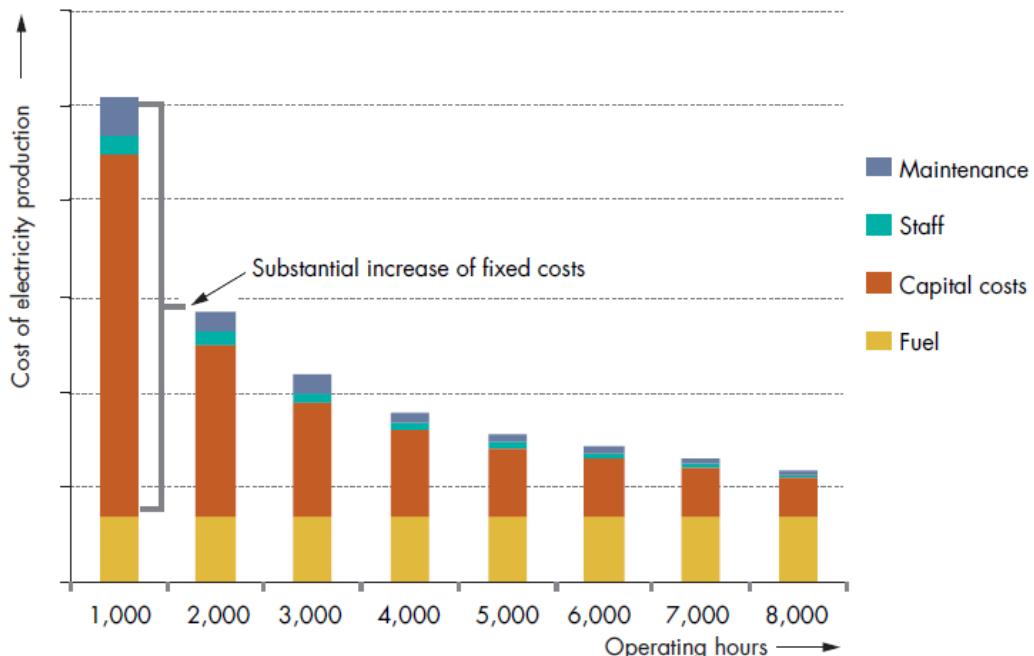


EOOR – nuklearni dio 1 od 3

66

The power generation cost for a plant designed for base load operation

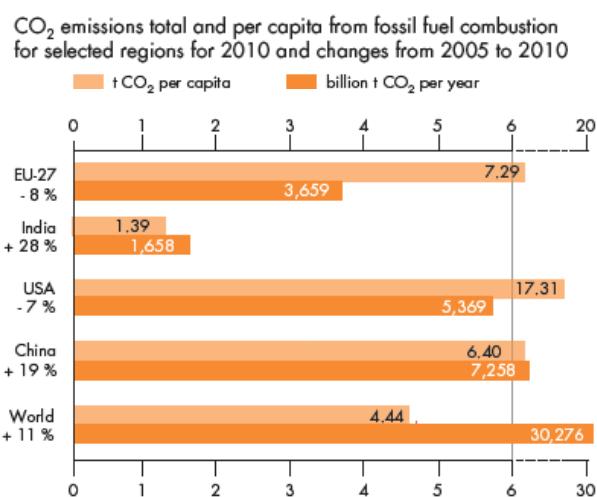
Cost of electricity (CoE) production



EOOR – nuklearni dio 1 od 3

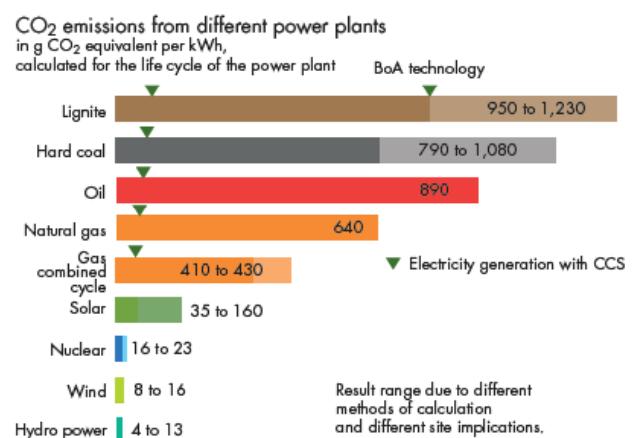
67

CO₂ emissions total and per capita from fossil fuel combustion

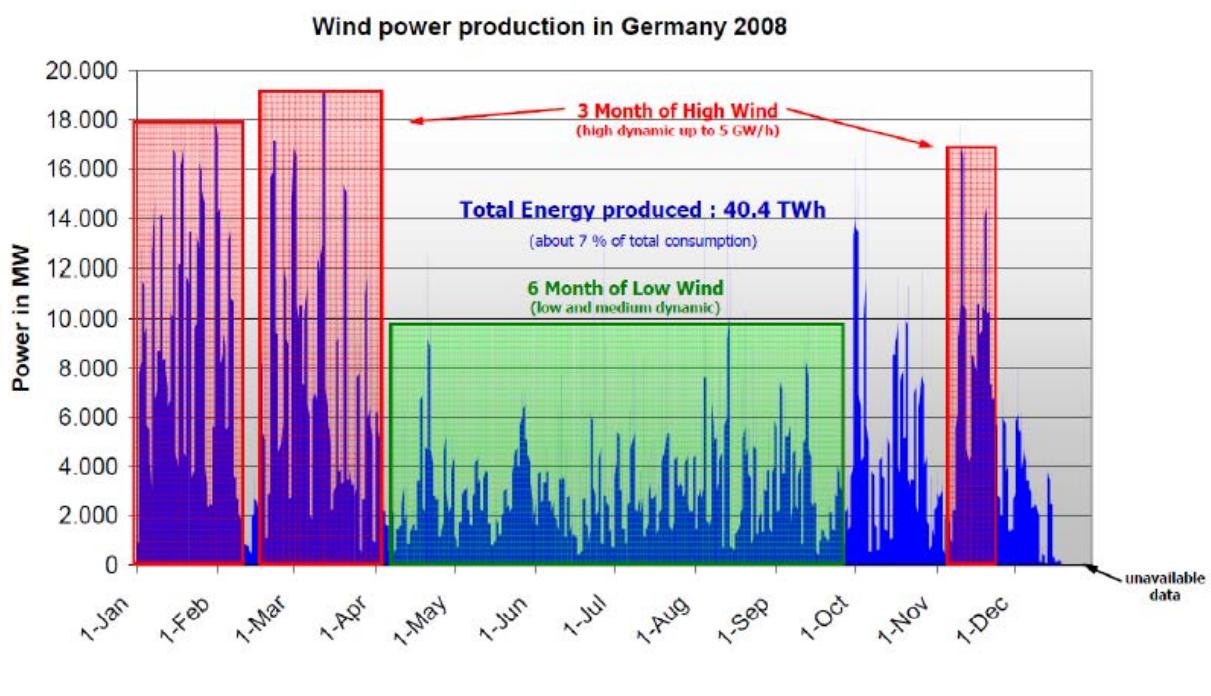


Source: IEA, 2013

CO₂ emissions from different power plants



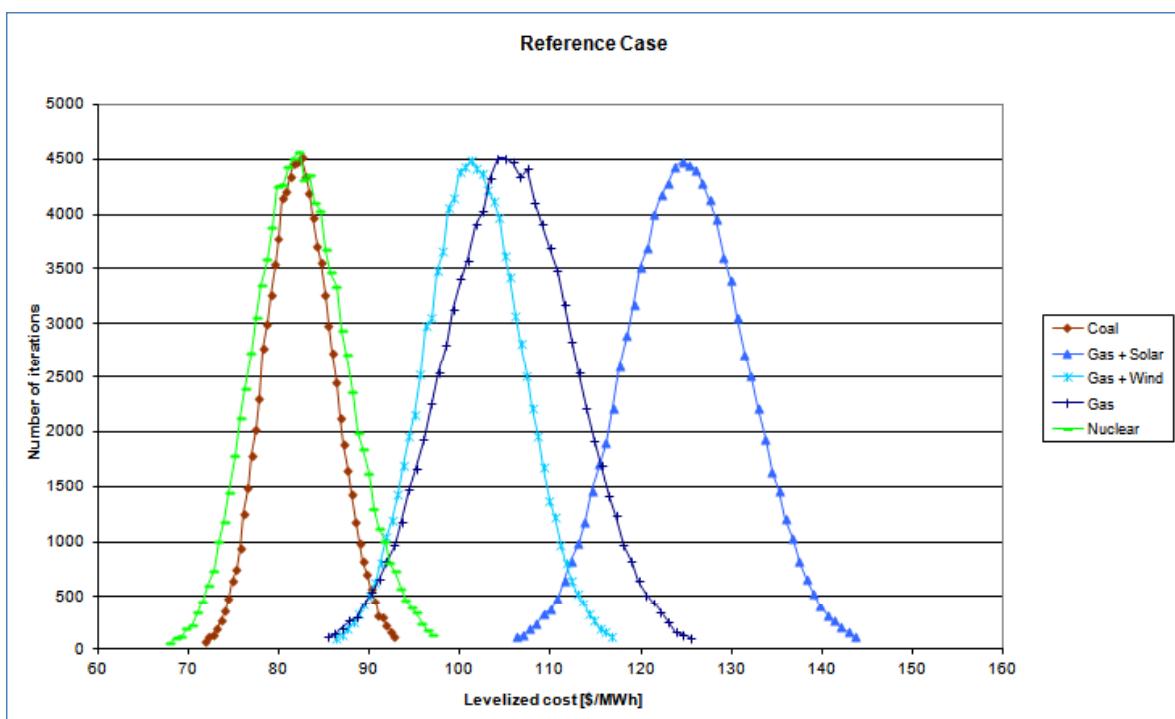
Source: PSI Paul Scherrer Institut, Switzerland, ESU-services, VGB



EOOR – nuklearni dio 1 od 3

69

Levelized electricity cost



UK nuclear power plant gets go-ahead



Will the new nuclear plant mean cheaper bills? Energy Secretary Ed Davey is challenged at a news conference

The government has given the go-ahead for the UK's first new nuclear station in a generation.

France's EDF Energy will lead a consortium, which includes Chinese investors, to build the Hinkley Point C plant in Somerset.

Ministers say the deal will help take the UK towards low-carbon power and lower generating costs in future.

Critics warn guaranteeing the group a price for electricity at twice the current level will raise bills.

"For the first time, a nuclear station in this country will not have been built with money from the British taxpayer," said Secretary of State for Energy Edward Davey.

The two reactors planned for Hinkley, which will provide power for about 60 years, are a key part of the coalition's drive to shift the UK away from fossil fuels towards low-carbon power.

Ministers and EDF have been in talks for more than a year about the minimum price the company will be paid for electricity produced at the site, which the government estimates will cost £16bn to build.

The two sides have now agreed the "strike price" of £92.50 for every megawatt hour of energy Hinkley C generates. This is almost twice the current wholesale cost of electricity.

This will fall to £89.50 for every megawatt hour of energy if EDF Group goes ahead with plans to develop a new nuclear power station at Sizewell in Suffolk. Doing both would allow EDF to share costs across both projects.

The wholesale cost of generating electricity in £/MWh

Cost of energy

[Q&A: Energy bill manoeuvres](#)

[Is the energy market a big fix?](#)

[Q&A: Are UK bills too high?](#)

[Energy switching in just one day?](#)

“

If the electricity price is below the strike price, then bills will probably go up. If it is above the strike price, then bills could go down."

[Q&A: Nuclear strike price](#)

EOOR – nuklearni dio 1 od 3

71

“scaling” 1 : 1000

Hrvatska svijet

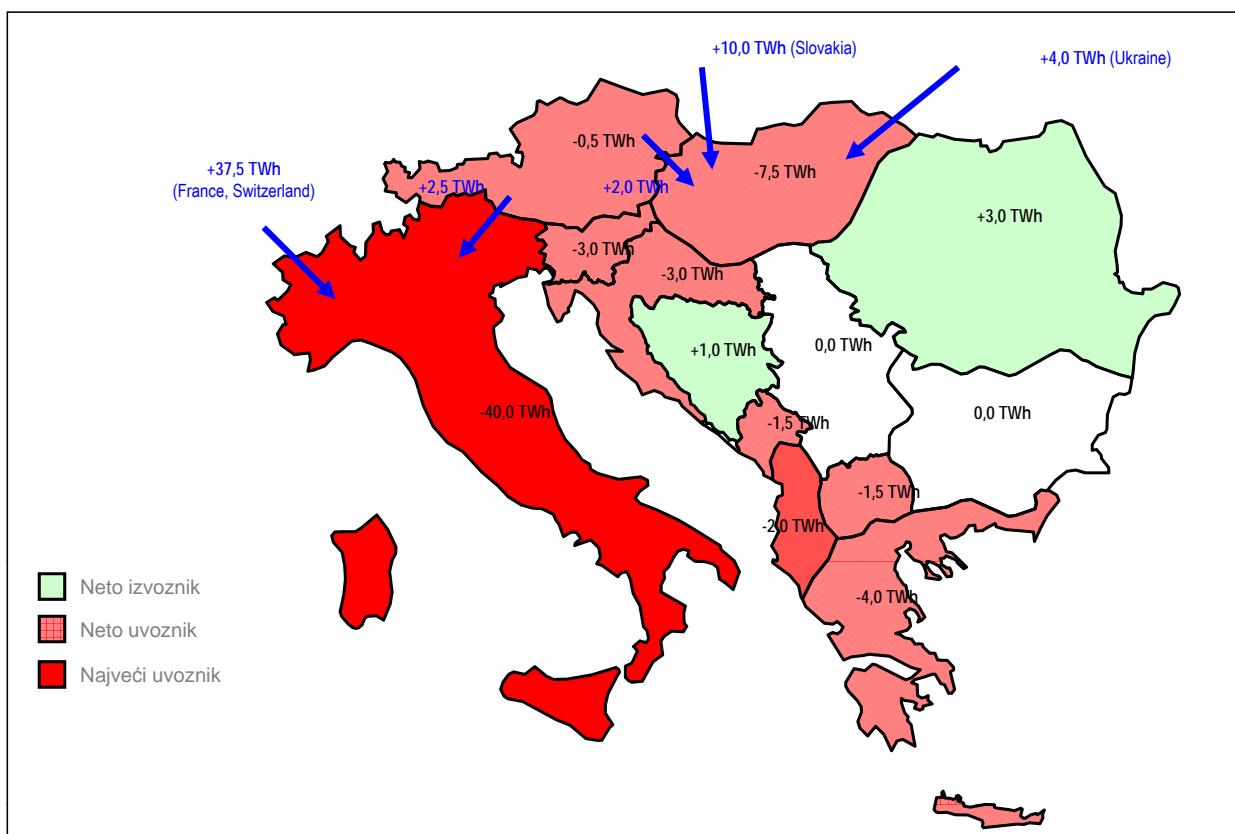
Stanovništvo	$\approx 5 \text{ milijuna}$	7 milijardi
Potrošnja energije	17 TWh	17.000 TWh
Proizvodnja iz nukl.el.	2.5 TWh	2.500 TWh
Broj nuklearnih el.	0.5*	440

EES Hrvatske



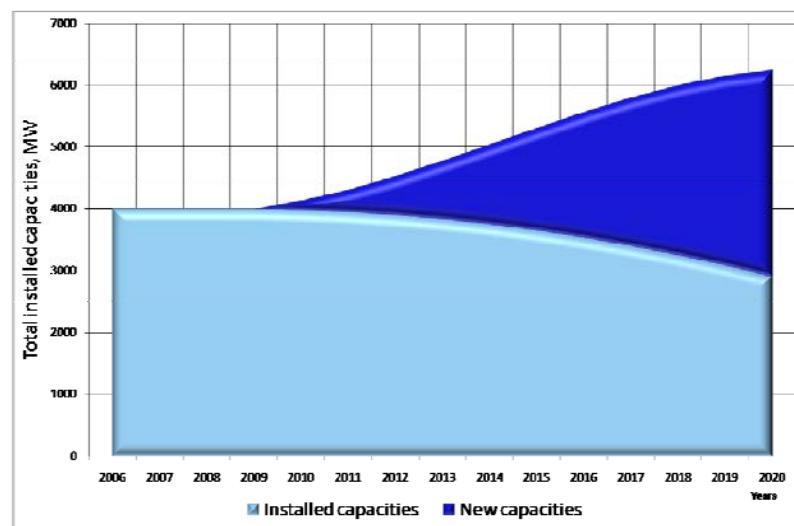
73

Regionalna elektroenergetska bilanca



Strategy of Energy Development in Croatia

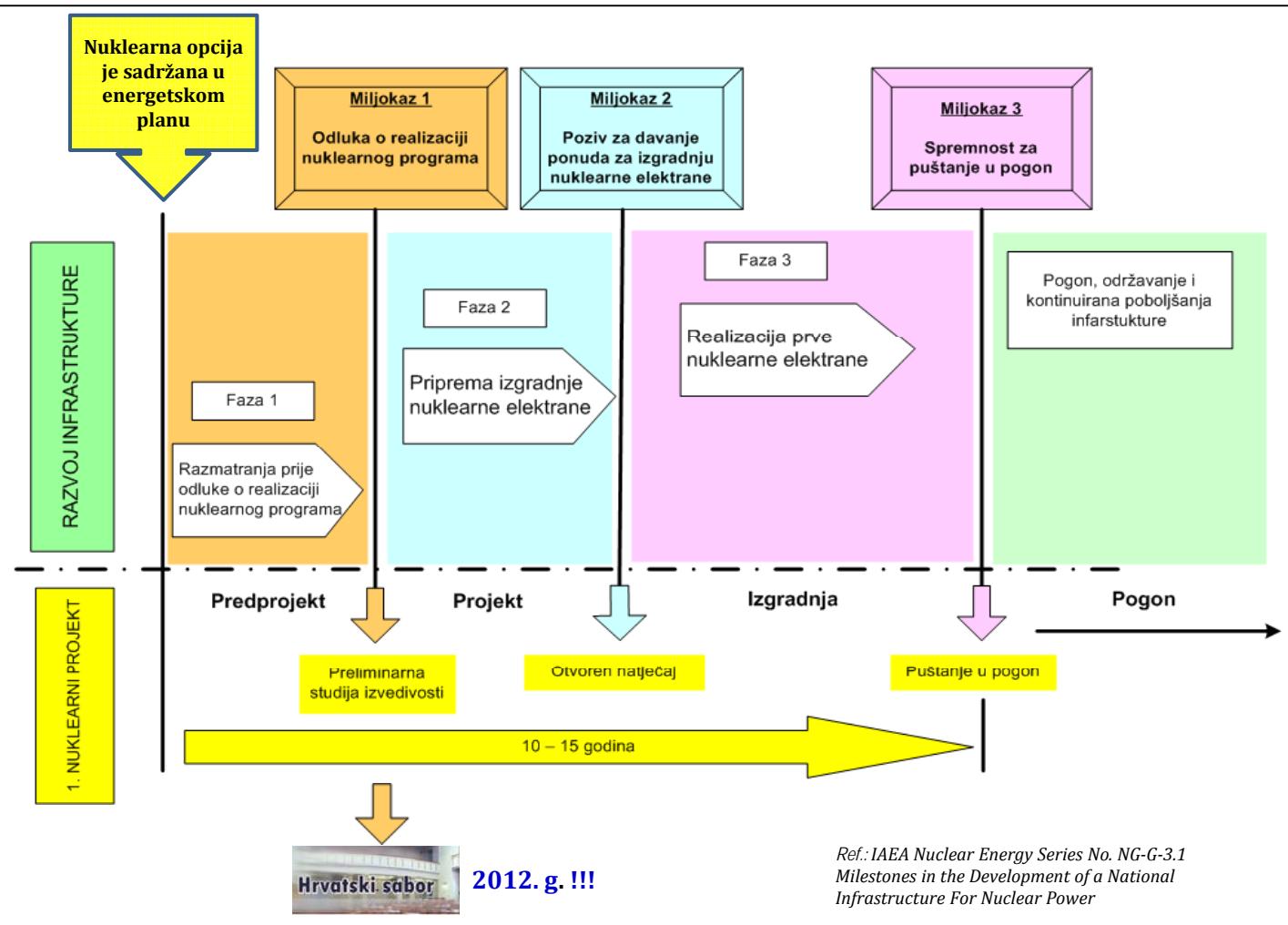
Power plants: Installed capacities and new capacities



- coal-fired power plants and gas-fired power plants, with installed capacity of 1200 MW each, are expected to be built before the year 2020
- decision to build nuclear power plant will be made by the end of the year 2012
-

EOOR – nuklearni dio 1 od 3

75





Listopad: predsjednik IS Skupštine SR Slovenije Stane Kavčič i predsjednik IS Sabora Hrvatske Dragutin Haramija potpisuju sporazum o gradnji nuklearne elektrane

1974.

- investitori **Savske elektrane Ljubljana** i **Elektroprivreda Zagreb** u skloplju ugovor o nabavi opreme i gradnji s **Westinghouseom**
- položen je kamen temeljac za nuklearnu elektranu Krško



1982

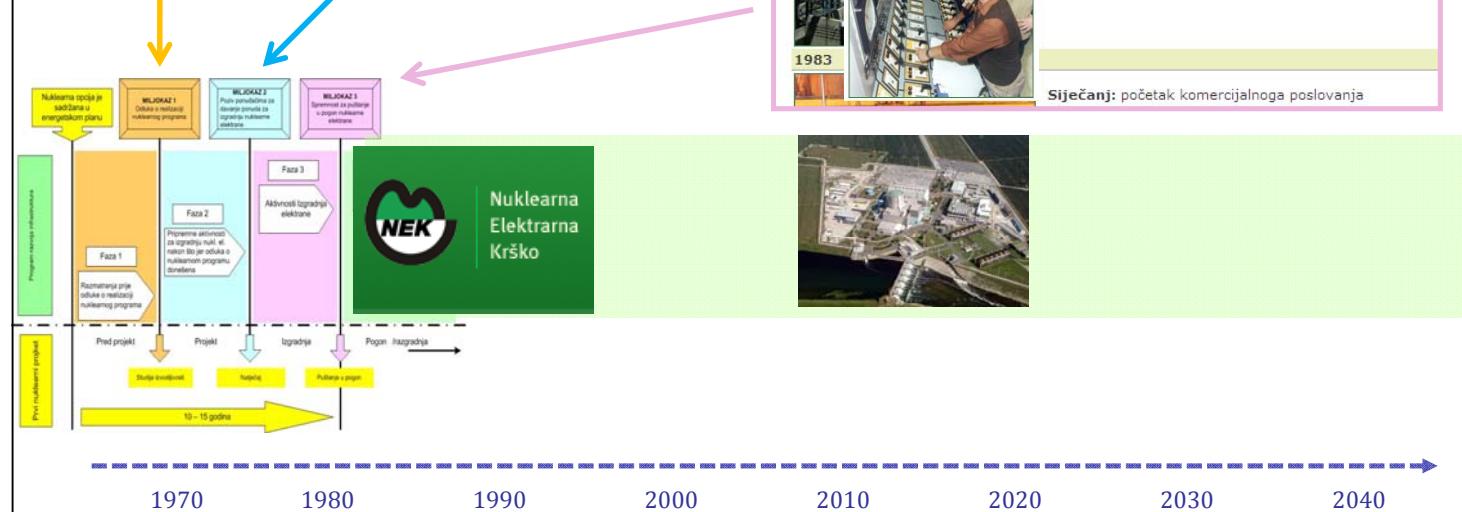
1983

Veljača: prvi je put postignuta 100-postotna snaga elektrane

Srpanj: obavljena je modifikacija sustava za napajanje parogeneratora

Kolovoza: početak rada punom snagom

Siječanj: početak komercijalnoga poslovanja

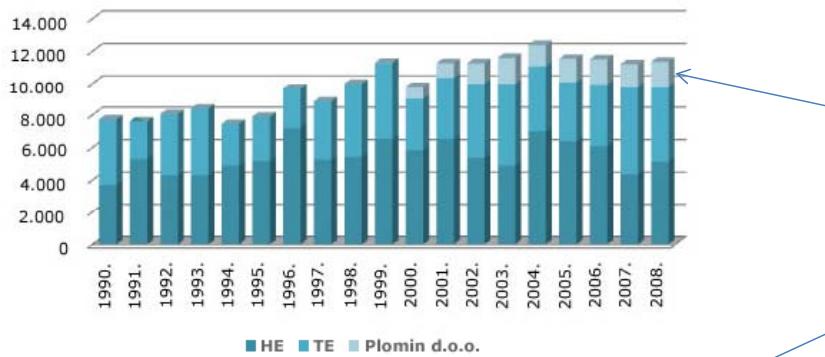


EOOR – nuklearni dio 1 od 3

77

HRVATSKA ELEKTROPRIVREDA d.d.

Ostvarena godišnja proizvodnja (GWh)



U 2008. godini:

hidroelektrane

termoelektrane

TE Plomin 2

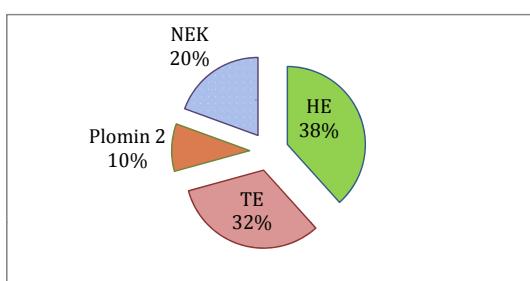
Nukl.el. Krško (1/2)

5890 GWh

4978 GWh

1514 GWh

2985 GWh



EOOR – nuklearni dio 1 od 3

78

TE Plomin II

- snaga 210MW
- gorivo: ugljen



79

Faktori emisija postojećih proizvodnih jedinica HEP-a

	CO₂ [g/kWh]	SO_x [g/kWh]	NO_x [g/kWh]	Čestice [g/kWh]
Plomin 2	1091,08	7,99	1,61	0,19
PTE Osijek	593,38	0,05	2,68	0,02
TE Rijeka	763,20	4,28	1,86	0,81
novi blok TETO Zagreb	280,87	0,02	0,90	0,02
NE Krško	0,0	0,0	0,0	0,0

Primjer - Plomin 2

godišnja proizvodnja el.en. 1500 GWh

$$\Rightarrow \text{CO}_2 \ 1091 \ [\text{g}/\text{kWh}] \times 1500 \ 10^6 \ [\text{kWh}] = 1.636.500 \text{ tona}$$

Nukl. el. Krško godišnja proizvodnja el. en.



EOOR – nuklearni dio 1 od 3

81

Usporedba elektrana Krško i Angra-1 (31.12.2009.)

KRSKO

Historical Summary

Date of Construction Start: 30 Mar 1975

Date of First Criticality: 11 Sep 1981

Date of Grid Connection: 02 Oct 1981

Date of Commercial Operation:

01 Jan 1983

Lifetime Generation: 127838.395 GW(e).h

Cumulative Energy Avail. Factor:

Cumulative Load Factor:

Cumulative Operating Factor:

Cumulative Energy Unavail. Factor:

16.22%



$\Delta = 67.038.000 \text{ MWh}$

$\Delta \sim 3 \text{ milijarde } \text{€}$

ANGRA-1

Historical Summary

Date of Construction Start: 01 May 1971

Date of First Criticality: 13 Mar 1982

Date of Grid Connection: 01 Apr 1982

Date of Commercial Operation:

Lifetime Generation: 60800.391 GW(e).h

Cumulative Energy Avail. Factor:

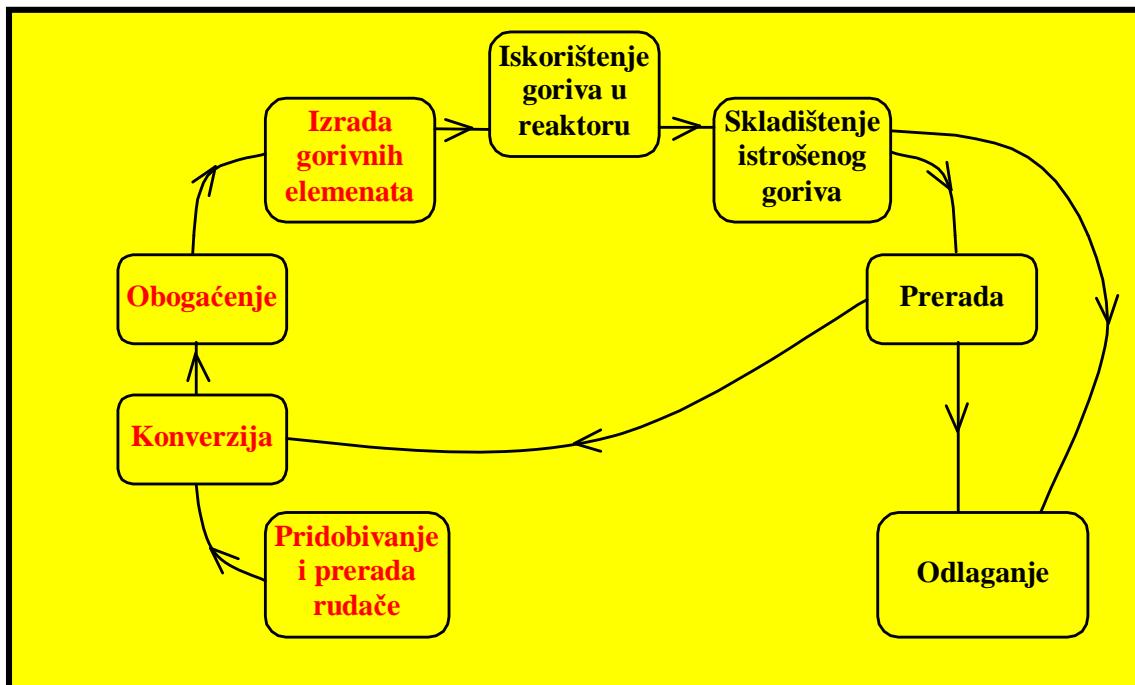
Cumulative Load Factor:

Cumulative Operating Factor:

Cumulative Energy Unavail. Factor:



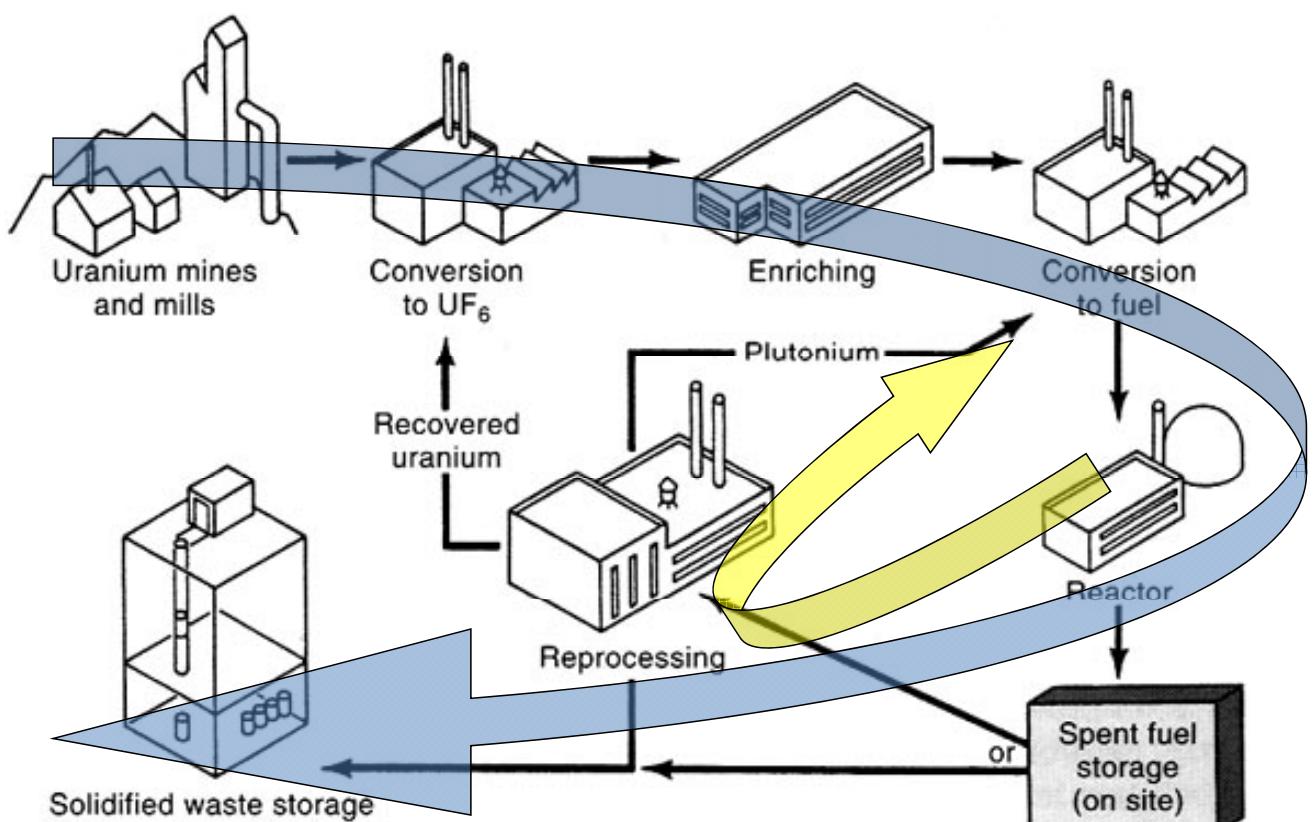
NUKLEARNI GORIVNI CIKLUS



EOOR – nuklearni dio 1 od 3

83

Nuklearni gorivni ciklus



EOOR – nuklearni dio 1 od 3

84

Predmet

“Energetika, okoliš i održivi razvoj“

EOOR

Prof.dr.sc. Željko Tomšić

EOOR 2013/14 - ZT

PREDAVANJE:

ONEČIŠĆENJE ZRAKA

UTJECAJ ELEKTROENERGETSKIH POSTROJENJA NA OKOLIŠ

Emisije u zrak iz TE i mogućnosti smanjenja emisija

EOOR 2013/14 - ZT

UTJECAJ ELEKTROENERGETSKIH POSTROJENJA NA OKOLIŠ

EOOR 2013/14 - ZT

3

PODRUČJA ANALIZE UTJECAJA NA OKOLIŠ ENERGETSKOG SEKTORA

- kvaliteta zraka
- kvaliteta površinskih i podzemnih voda
- kvaliteta mora
- kvaliteta tla
- procjene emisije u zrak, vodu (more) i tlo
- buka i vibracije
- neugodni mirisi
- vizualni i estetski aspekti
- nezgode s raznim uzrocima i procjena rizika za ljudsko zdravlje i život te okoliš

EOOR 2013/14 - ZT

4

UTJECAJ NA OKOLIŠ RAZLIČITIH TEHNOLOGIJA ZA PROIZVODNJU ELEKTRIČNE ENERGIJE

Emisije:

- **vezane uz samo gorivo** (npr. kao CO₂ kod fosilnih goriva ili radioaktivnost kod nuklearnih procesa)
- **primarne emisije kao plinovi** (SO₂, NO_x itd.)
- **sekundarne emisije:** poslijе reakcije u atmosferi mogu rezultirati u sekundarnim polutanim (kao npr. dušični aerosoli), teško ih je točno kvantificirati zbog kompleksnosti mehanizma nastajanja

EOOR 2013/14 - ZT

5

Utjecaj na okoliš termoelektrana

- Spaljivanje fosilnih goriva utječe na okoliš uglavnom kroz emisije u atmosferu
 - **ugljičnog dioksida (CO₂)**,
 - **sumpornog dioksida (SO₂)**,
 - **dušičnih oksida (NO_x)**, te
 - **krutih čestica (prašine)**
 - **ostali polutanti (teški metali itd.)**

EOOR 2013/14 - ZT

6

Utjecaj na okoliš termoelektrana

Također, evidentan utjecaj na okoliš je:

- emisije **otpadne topline** bilo kroz rashladne tornjeve bilo direktno u rijeke, jezera ili mora.
- **emisije onečišćujućih tvari u vode** (podzemne i površinske)
 - zbog kontinuiranih curenja ili
 - zbog akcidentalnih ispuštanja tekućih goriva, te
 - zbog procjeđivanja oborinskih voda kroz skladišta ugljena na samoj lokaciji termoelektrane.

EDOR 2013/14 - ZT

7

Utjecaj na okoliš termoelektrana

- **Utjecaj samog fizičkog smještaja** - postojanja termoelektrane u prostoru, što nagrđuje pejzažne vrijednosti krajolika u kojem je smještena.
- **Rashladni tornjevi, stupovi vjetroelektrana, dimnjaci**, te ostale građevine od kojih se sastoje termoelektrane vizualno **nagrđuju** kako urbane tako i ruralne cjeline, pogotovo vrijedne dijelove teritorija, kao što su obalna područja i/ili druge prirodne ljepote.
 - arhitektonска rješenja "priateljskog" i "mekog" uklapanja u okolicu

EDOR 2013/14 - ZT

8

UTJECAJ NA TLO ENERGETSKOG SEKTORA

- Izravni utjecaj na tlo energetskih objekta:
 - posljedice hidroloških promjena vodotoka uz hidroelektrane (promjene režima podvodnih voda i lokalne mikroklimatske promjene)
- Opasni otpad koji nastaje u energetskom sustavu je značajan
 - najveći doprinos daju objekti prerade nafte i proizvodnje goriva
 - **promet** sa svim servisnim i drugim radionicama
 - i u manjoj mjeri objekti elektroenergetskog sektora (otpadna ulja, otpadno gorivo)

EDOR 2013/14 - ZT

9

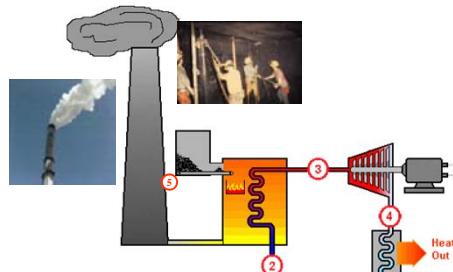
DRUGI MOGUĆI UTJECAJI ENERGETSKOG SUSTAVA NA OKOLIŠ

- Osim klasičnih utjecaja na zrak, vodu i tlo u posljednje vrijeme i neki drugi utjecaji:
- **buka** postoje izvori buke kao npr. plinske turbine i dizelski motori,
 - buka u energetskim objektima uglavnom može primjereno prigušiti (najveći izvori buke najčešće u zatvorenom prostoru)
- **neugodni mirisi** nisu veliki problem u energetici u usporedbi s nekim drugim industrijskim objektima

EDOR 2013/14 - ZT

10

Emisije u zrak i mogućnosti smanjenja emisija



EDOR 2013/14 - ZT

11

• INSTRUMENTI ZAŠTITE OKOLIŠA

• TEHNOLOGIJE ZA SMANJENJE EMISIJA IZ TERMOELEKTRANA

- SO_x
- NO_x
- Čestice
- CO₂?

EDOR 2013/14 - ZT

ZAŠTITA OKOLIŠA

Državi na raspolaganju stoje sljedeće mjere za zaštitu okoliša:

- **MJERE REGULATIVE I KONTROLE**

- standardi kvalitete okoliša,
- standardi kvalitete proizvoda,
- emisijski standardi,
- tehnološki standardi,
- sigurnosni propisi itd.

- **EKONOMSKE MJERE**

- politika cijena,
- subvencije,
- ekološki porezi,
- emisijske pristojbe i kazne,
- emisijske dozvole i tržište eksternalijama,

EOOR 2013/14 - ZT

13

ZAŠTITA OKOLIŠA

Državi na raspolaganju stoje i još mjere za zaštitu okoliša:

- **DJELOVANJE NA JAVNOST**

- edukacija,
- propaganda.

EOOR 2013/14 - ZT

14

Tehnologije za smanjenje emisija iz termoelektrana

- Danas u svijetu postoji čitav niz tehnologija koje služe za smanjenje emisija štetnih tvari u zrak.
- Tehnologije se dijele općenito prema njihovom relativnom **smještaju prema ložištu i kotlu**.

EOOR 2013/14 - ZT

15

Tehnologije za smanjenje emisija iz termoelektrana

- Tehnologije za smanjenje emisija iz termoelektrana mogu se podijeliti na
 - Tehnologije koje se primjenjuju **prije izgaranja** – uglavnom uključuju čišćenje ugljena
 - Tehnologije koje se primjenjuju **na mjestu izgaranja** – to uključuje plamenike s niskom emisijom NO_x, ubrizgavanje upijača
 - Tehnologije koje se primjenjuju **poslije izgaranja** (mokro i suho odsumporavanje, selektivna i neselektivna katalitička redukcija, elektrostatski filtri, vrečasti filtri itd.)

EOOR 2013/14 - ZT

16

Pregled tehnologija za smanjenje emisija u zrak

Tehnologija	Mjesto djelovanja	SO _X	NO _X	Čestice	Toksične tvari
Čišćenje ugljena	prije izgaranja	✓		✓	
plamenici s niskom emisijom NO _x	na mjestu izgaranja		✓		
ubrizgavanje upijača u ložištu	na mjestu izgaranja	✓			
ubrizgavanje u kanal dimnih plinova	poslije izgaranja	✓			
mokro odsumporavanje dimnih plinova	poslije izgaranja	✓			✓
suho odsumporavanje dimnih plinova	poslije izgaranja	✓			✓
selektivna nekatalitič red.	poslije izgaranja				
selektivna katalitička red.	poslije izgaranja				
kombinirano SO _X /NO _X	poslije izgaranja	✓	✓		✓
elektrostatski taložnici	poslije izgaranja	✓	✓	✓	✓
vrečasti filtri	poslije izgaranja	✓	✓	✓	✓
čišćenje vrućih plinova	poslije izgaranja	✓	✓	✓	✓

EOOR 2013/14 - ZT

17

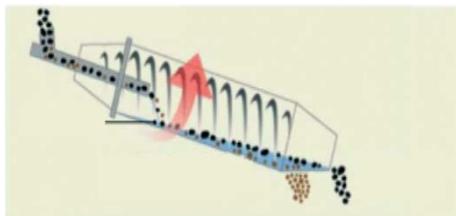
Kontrola ispuštanje sumpornog dioksida

- **PRIJE IZGARANJA**
- **Sagorijevanje ugljena s niskim udjelom sumpora**
 - to bi bilo posebno korisno za nova industrijska i energetska postrojenja smještena blizu nalazišta takvog ugljena
- **Uklanjanje sumpora iz ugljena**
 - trenutno se, uglavnom **pranjem, uklanja 20-50%**, ali se znanstvenici nadaju razvoju bakterija koje bi sumpor uklanjale jeftinije i efikasnije
- **Pretvaranje ugljena u tekuće ili plinovito gorivo**
 - nedostatak ovakvog pristupa je nizak prinos energije

EOOR 2013/14 - ZT

18

Ispiranje ugljena



- Koristi na mjestu pridobivanja ugljena

EDOR 2013/14 - ZT

19

TEHNOLOGIJE ZA SMANJENJE EMISIJA SO₂

TIJEKOM IZGARANJA

- **Uklanjanje sumpora za vrijeme izgaranja ugljena u fluidiziranom ležištu**
 - na dno ložišta ulazi struja zraka
 - temperatura ložišta se diže na 400-500°C pomoću plamenika na mazut, zatim se ubacuje fino granulirani ugljen, koji se sam zapali, pri čemu se podiže temperatura na 800-900°C
 - **kako se s ugljenom ubacuje i vapno, izgaranjem se odstranjuje oko 90% sumpora.**
 - glavna prednost ovog sustava izgaranja goriva, osim smanjenja emisije SO₂, sastoji se i u smanjenju emisije NO_x zbog relativno niskih temperatura izgaranja

EDOR 2013/14 - ZT

20

TEHNOLOGIJE ZA SMANJENJE EMISIJA SO₂

NAKON IZGARANJA

- **Korištenje dimnjaka viših od sloja temperaturne inverzije**
 - na taj način smanjuje se zagađenje u blizini postrojenja, ali raste u područjima koja se nalaze niz vjetar
- **Mokro odsumporavanje dimnih plinova**
 - dimni plinovi ulaze u veliku posudu gdje im se dodaje **mješavina vapna i vode**
 - **kalcij** iz otopine reagira sa SO₂ i tvori kalcijev sulfit ili kalcijev sulfat
 - krute se tvari slijede i stabiliziraju miješanjem s pepelom i vapnom te se odlažu na sanitarna odlagališta ili koriste u drugim procesima
 - **uobičajena efikasnost uklanjanja SO₂ putem mokrog odsumporavanja je 80-90%**, a taj postotak raste za 5-10% kada se vapnu dodaju aditivi (npr. magnezij)

EDOR 2013/14 - ZT

21

TEHNOLOGIJE ZA SMANJENJE EMISIJA SO₂

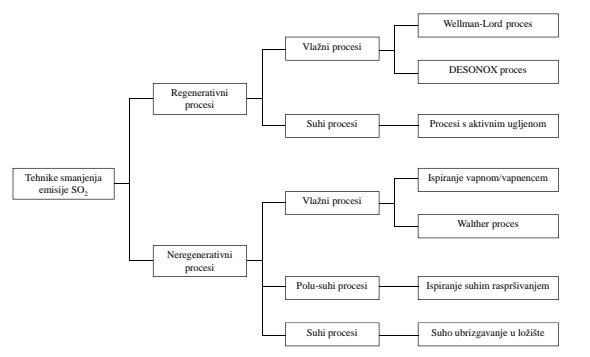
NAKON IZGARANJA

- **Suho odsumporavanje dimnih plinova**
 - mješavina vapna i vode atomizira se i raspršuje u dimnim plinovima, gdje kapljice isparavaju i reagiraju s SO₂
 - tako dobivena suha tvar sakuplja se na dnu posude i u opremi za uklanjanje čestica
 - **efikasnost postupka pri izgaranju ugljena s niskim udjelom sumpora je 70-90%**
- **Oporezivanje svake ispuštenе jedinice SO₂**
 - na taj način potiče se razvoj i primjena efikasnijih i jeftinijih metoda za kontrolu ispuštanja štetnih tvari
 - tome se protivi industrija jer takav pristup košta više nego izgradnja visokih dimnjaka i zahtjeva od zagađivača da snose veći dio troškova koje sada snosi društvo
 - 1990. Francuska je postala prva zemlja koja je primijenila takav porez

EDOR 2013/14 - ZT

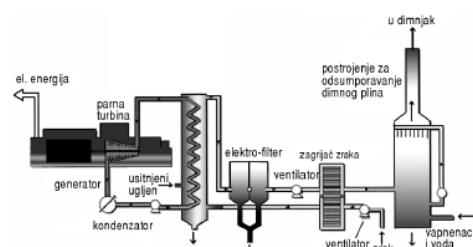
22

Tehnike smanjenja emisije SO₂



23

TEHNOLOGIJE ZA SMANJENJE EMISIJA SO₂



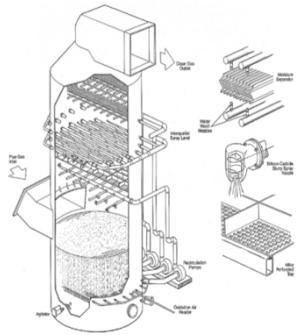
Tipična elektra na ugljen sa odsumporavanjem dimnih plinova

EDOR 2013/14 - ZT

24

TEHNOLOGIJE ZA SMANJENJE EMISIJA SO₂

MOKRO
ODSUMPORAVANJE
DIMNIH PLINOVА



EDOR 2013/14 - ZT

25

Utjecaj uređaja za mokro odsumporavanje na značajke TE Plomin 1

Postotak sumpora u gorivu	0,5	1,0	1,5	
Donja ogrjevna moć goriva	MJ/kg	23,79	23,39	23,39
Elektrana bez uređaja za odsumporavanje				
Snaga na pragu elektrane		98	98	98
Neto efikasnost elektrane	%	30,654	30,654	30,654
Isporučena električna energija	GWh	539	539	539
Uredaj za odsumporavanje (WFGD)				
Efikasnost odsumporavanja	%	90	90	90
Potrošnja reagenta	t/h	0,71	1,45	2,18
Ukupna potrebna snaga za odsump.	kW	916,44	1206,48	1492,09
Elektrana s uređajem za odsumporavanje				
Ukupni gubitak snage na pragu elektrane	MW	1,63	1,92	2,21
Promjena efikasnosti zbog uređaja za odsumporavanje	%	-1,667	-1,963	-2,254
Isporučena električna energija nakon ugradnje uređaja za odsumporavanje	GWh	530,035	528,440	526,85
Manje isporučeno električne energije	MWh	8,965	10,560	12,155

EDOR 2013/14 - ZT

MEHANIZMI STVARANJA NO_x

Dušični oksidi (NO_x) nastaju u ložištu na tri načina:

1. NO_x iz goriva koje nastaje oksidacijom dušika koji se nalazi u **gorivu**. Količina NO_x u dimnim plinovima ovisi o sadržaju dušika u gorivu, količini kisika za izgaranje i o temperaturi.
2. Termički NO_x koji nastaje oksidacijom dušika iz zraka za izgaranje. Količina ovog NO_x ovisi najviše o **temperaturi** plamena. Što su temperature više, to je veće i nastajanje NO_x (kod temperaturi preko 1 300 °C nastajanje NO_x na ovaj način značajno raste).
3. Trenutni NO_x stvara se iz dušika u zraku za izgaranje, a u prisutnosti slobodnih radikalnih ugljikovodika. **Nastaje kada je smjesa bogata gorivom i kod nižih temperatura.** Budući da su temperature u ložištu relativno visoke, koncentracija slobodnih radikalnih ugljikovodika je vrlo mala pa na ovaj način ne dolazi do značajnijeg stvaranja NO_x.

EDOR 2013/14 - ZT

27

Kontrola emisija NO_x

- Emisija NO_x može se smanjiti na sljedeće načine:
 - izborom goriva;
 - konstrukcijom ložišta;
 - primarnim mjerama (promjenama u izgaranju);
 - odušičivanjem dimnih plinova;
 - naprednim tehnologijama izgaranja

28

MEHANIZMI STVARANJA NO_x i mјere za smanjenje emisije

Vrsta	termalni NO _x	promptni NO _x	NO _x iz goriva
Porijeklo	molekularni dušik iz zraka za izgaranje	molekularni dušik	dušik organski vezan u gorivu
Uvjeti nastajanja	porast iznad 1300°C	s hidrokarbonskim radikalima, nije značajan za energetska postrojenja	oksidacijom goriva, jako ovisi o koncentraciji goriva, a slabo o temperaturi
Mjere za smanjenje	smanjenje temperature izgaranja, smanjenje vremena zadržavanja u područjima visokih temperatura	ne koriste se	smanjenje dovoda O ₂

EDOR 2013/14 - ZT

TEHNOLOGIJE ZA SMANJENJE EMISIJE NO_x



EDOR 2013/14 - ZT

TEHNOLOGIJE ZA SMANJENJE EMISIJE NO_x

- **Uklanjanje NO_x za vrijeme izgaranja u fluidizirajućem ležištu**
 - tako se može ukloniti 50-75% NO_x
- **Smanjenje emisije NO_x snižavanjem temperatura izgaranja**
 - proizvodnja NO_x smanjila za 50-60%
 - tako bi se smanjila i efikasnost energetske pretvorbe, što bi povećalo proizvodnju CO₂
- **Nakon izgaranja**
 - **Uklanjanje NO_x putem selektivne nekatalitičke reakcije**
 - u dimne plinove ubacuje se urea ili amonijak što NO_x prevodi u elementarni dušik i vodu
 - udio NO_x u dimnim plinovima može se smanjiti **za 35-60%**

EOOR 2013/14 - ZT

31

TEHNOLOGIJE ZA SMANJENJE EMISIJE NO_x

- **Znatnu redukciju emisije dušikovih oksida može se ostvariti već primarnim mjerama, tijekom izgaranja, što se postiže odgovarajućom konstrukcijom plamenika i stupnjevitim dovođenjem zraka i goriva.**
- Time se **smanjuju maksimalne temperature** u jezgri plamena i smanjuje se koncentracija kisika u zoni izgaranja.
- Količinu proizvedenog NOx na taj se način može smanjiti na vrijednost manju od 300 mg/m³ (do 40 %).

EOOR 2013/14 - ZT

32

TEHNOLOGIJE ZA SMANJENJE EMISIJE NO_x

- **Sekundarne mjere** za smanjenje emisije NOx, koje se primjenjuju **iza zone izgaranja**, uključuju **selektivnu nekatalitičku redukciju** (SNCR) kojom se **amonijak** uvodi u generator pare na mjestu gdje vladaju temperature dimnih plinova od 850 °C do 900 °C.
- Time se postiže **smanjenje emisije od oko 70 %**.
- Uvođenjem **katalizatora** ostvaruje se selektivna katalitička redukcija (SCR) kojom se može ostvariti **smanjenje emisije NOx do 90 %**.
 - Tim je postupak do sada stečeno i najveće iskustvo.
- **Oporezivanje svake ispuštenе jedinice NOx**

EOOR 2013/14 - ZT

33

ISPUŠTANJE ČESTICA

- Tokom izgaranja ugljena, **nesagorene mineralne tvari** (neorganske nečistoće) **tvore pepeo**.
- Dio pepela se ispusti kroz dno ložišta.
- Čestice pepela koje se nalaze u struji dimnih plinova su poznate kao **leteći pepeo**.
- Čestice se općenito označavaju kao "PM", "PM 10", "PM 2,5" (što znači čestice ekvivalentnog promjera od 10 mikrona ili manje, odnosno 2,5 mikrona ili manje).
- **Količina i karakteristike letećeg pepela i raspodjela veličine čestica** ovisi o mineralnoj tvari u ugljenu, sistemu izgaranja i uvjetima rada kotla.

EOOR 2013/14 - ZT

34

ISPUŠTANJE ČESTICA

- **Mineralni sastav ugljena** i količina ugljika u letećem pepelu određuju količinu, specifični otpor i kohezivnost letećeg pepela.
- **Tehnologija izgaranja uglavnom određuje razdiobu veličina čestica i time konačnu emisiju čestica.**

EOOR 2013/14 - ZT

35

ISPUŠTANJE ČESTICA

- Mjere za uklanjanje čestica iz dimnih plinova su u primjeni dugi niz godina i bile su **prve mjeru smanjenja emisija u okoliš termoelektrana**.
- Emisije čestica mogu se smanjiti **preventivnim mjerama ili kontrolnim tehnologijama**.
- **Preventivne mjeru**, su često troškovno efikasnije od kontrolnih tehnologija.
- U preventivne mjeru spadaju: **poboljšanje efikasnosti rada, dobro održavanje, izbor goriva, čišćenje goriva i izbor tehnologije** itd.
- **Poboljšanjem efikasnosti izgaranja**, količina letećeg pepela i produkata nekompletnog izgaranja može se znatno smanjiti.

EOOR 2013/14 - ZT

36

ISPUŠTANJE ČESTICA

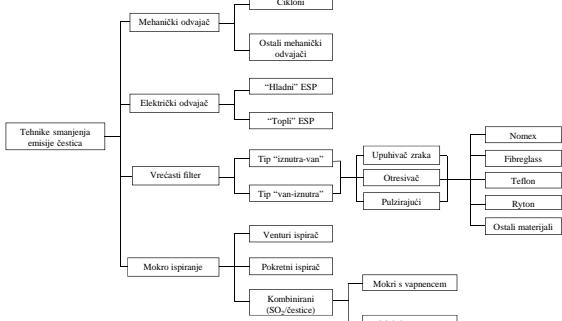
- Emisija čestica u zrak mogu se znatno smanjiti **izborom čišćeg goriva**.
- Izgaranje **prirodnog plina** emitira neznatno malo čestica.
- Izgaranje **tekućih goriva** proizvodi relativno malu emisiju čestica u usporedbi s ugljenom.
- Ugljen sa malo količinom pepela** sadrži malo nesagorivih mineralnih tvari i time nastaje manje emisija čestica.
- Izbor goriva je određen mogućnošću dobave i cijenom.**
- Smanjenje pepela čišćenjem ugljena znatno smanjuje emisije čestica.

EOOR 2013/14 - ZT

37

ISPUŠTANJE ČESTICA

Osnovne tehnologije za smanjenje emisije čestica



EOOR 2013/14 - ZT

38

KONTROLNE MJERE ZA UKLANJANJE ČESTICA

Prije izgaranja

- Prevaranje ugljena u tekuće ili plinovito gorivo**
 - postupak je skup, a prinos energije malen.

Nakon izgaranja

- Elektrostatski taložnici**
 - dimni se plinovi propuštaju između parova elektroda
 - čestice se prilikom električnog pražnjenja nanelektriziraju i sakupljaju na pločastoj elektrodi
 - efikasnost iznosi **95 i 99%**
- Vrečasti filtri**
 - čestice i dimni plinovi odvajaju se u vrečastim filtrima
 - glavna razlika između vrsta filtra je u izvedbi vreće za čišćenje
 - moguće je uklanjanje preko 99% čak i za čestice dimenzija 0,05-1,0 µm
- Oporezivanje svake jedinice ispuštenih čestica**

EOOR 2013/14 - ZT

EOOR 2013/14 - ZT

40

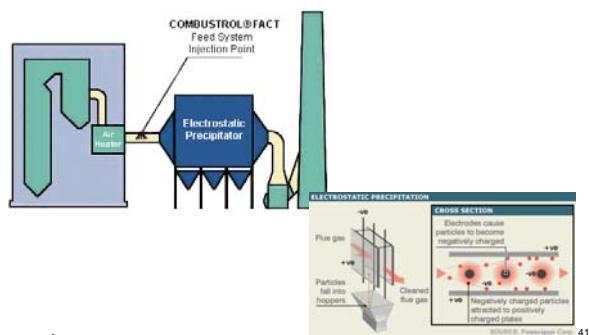
KONTROLNE MJERE ZA UKLANJANJE ČESTICA

ELEKTROSTATSKI TALOŽNICI

- Elektrostatski taložnik je uređaj za odstranjivanje čestica (npr. letećeg pepela, prašine i dr.) iz struje zraka ili drugih plinova koja ima veliki stalni protok.
- Elektrostatski taložnik je razvio američki kemičar **Frederic Gardner Cottrell** (1877-1948) i **koristi se od 1923. godine za smanjenje emisija čestica.**

KONTROLNE MJERE ZA UKLANJANJE ČESTICA

ELEKTROSTATSKI TALOŽNICI

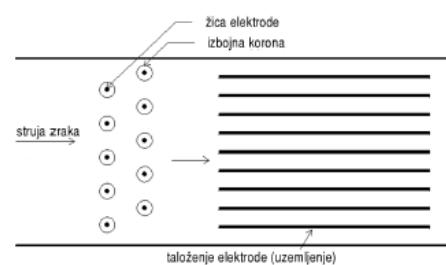


EOOR 2013/14 - ZT

EOOR 2013/14 - ZT

41

KONTROLNE MJERE ZA UKLANJANJE ČESTICA



Principijelna shema elektrostatskog taložnika

42

KONTROLNE MJERE ZA UKLANJANJE ČESTICA

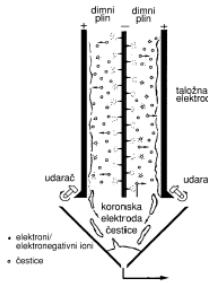
Tehnologija elektrostatskih taložnika

- Elektrostatski taložnici postižu izuzetno visoku **učinkovitost** i to obično preko 99,5 % (a može biti i veća od 99,9%) i bitno ne ovisi o kvaliteti ugljena i tipu ložišta i zbog toga mogu udovoljiti i najstrožim emisijskim standardima za čestice, a jedino ograničenje su raspoloživi prostor i finansijska sredstva.
- Elektrostatski taložnici s velikom efikasnošću skupljanja imaju i **veliku efikasnost skupljanja čestica svih veličina**, tako da s dobro konstruiranim i održavanim elektrostatskim taložnikom može se postići **odličan nivo redukcije čestica PM-10 i PM-2,5**.
- Osim letećeg pepela **elektrostatski taložnici takođe smanjuju i emisije opasnih tvari** kao što su većina metala (osim žive čija je većina emisije u obliku pare).

EDOR 2013/14 - ZT

43

KONTROLNE MJERE ZA UKLANJANJE ČESTICA

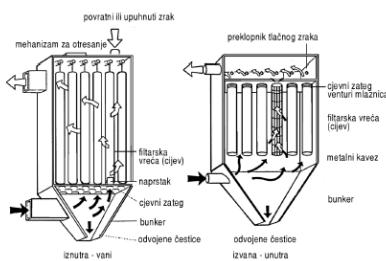


Prikaz pločastog elektrostatskog taložnika

EDOR 2013/14 - ZT

44

KONTROLNE MJERE ZA UKLANJANJE ČESTICA



Principi izvedbe vrečastih filtera s obzirom na smjer strujanja dimnih plinova

EDOR 2013/14 - ZT

45

Pregled tehnologija za smanjenje štetnih plinova u okoliš

Tehnologija	Karakteristike					Investicijski troškovi	
	% Efikasnost	% SO _x uklonjen	% NO _x uklonjen	% Čestica uklonjeno	Postojeća elektrana (\$/kW)	Nova elektrana (\$/kW)	
Tehnologije primjenjene prije procesa izgaranja							
Fizičko čišćenje ugljena	-	10-40	Ništa	30-60 % smanjenje letećeg pepela do 70%	1-5\$/t uglijena	1-5\$/t uglijena	
Napredno čišćenje ugljena	-	30-70	Ništa	smanjenje letećeg pepela	5-10\$/t uglijena	5-20\$/t uglijena	
Tehnologije primjenjene na procese termičke konverzije							
Uzgaramje ugljene prahine							
• Subkritikal	34-37	-	-	-	-	-	800-1000;
• Superkritikal	39-42	-	-	-	-	-	850-1050
• Ultrasuperkritikal	40-43	-	-	-	-	-	1000-1200
Plamenici s niskom emisijom NO _x (LNB)	-	Ništa	40-60	Ništa	5-10	1-3	
LNB+OFA	-	Ništa	50-70	Ništa	10-25	3-10	
Ponovo izgaranje	-	40-70	Ništa	20-50	10-30		
Ubrizgavanje upijača u ložiste	-	30-60	Ništa	Ništa	50-80	70-100	
Ubrizgavanje upijača u kanal dim. plinova							
• Prijе elektrostatskog taložnika	-	30-70	Ništa	Ništa	60-120	50-100	
• Poslije elektrostatskog taložnika	-	70-90	Ništa	Ništa	100-200	80-170	

EDOR 2013/14 - ZT

46

Pregled tehnologija za smanjenje štetnih plinova u okoliš

Tehnologija	Karakteristike				Investicijski troškovi	
	% Efikasnost	% SO _x uklonjen	% NO _x uklonjen	% Čestica uklonjeno	Postojeća elektrana (\$/kW)	Nova elektrana (\$/kW)
Tehnologije primjenjene na procese termičke konverzije						
Izgaramje ugljena u fluidiziranim slojima na atmosferskom tlaku	34-37	70-95	50-80	99,9	Ovisno o lokaciji	1000-1300
Izgaramje ugljena u fluidiziranim slojima pod tlakom	38-45	80-95	50-80	99,9	Ovisno o lokaciji	1150-1250
Raspaljivanje dobivenog plina u kombiniranom plinsko-parnom procesu (IGCC)	38-45	90-99,9	60-90	99,9	-	1200-1400

EDOR 2013/14 - ZT

Pregled tehnologija za smanjenje štetnih plinova u okoliš

Tehnologija	Karakteristike					Investicijski troškovi	
	% Efikasnost	% SO _x uklonjen	% NO _x uklonjen	% Čestica uklonjeno	Postojeća elektrana (\$/kW)	Nova elektrana (\$/kW)	
Tehnologije za smanjenje emisija iz dimnih plinova							
Napredni elektrostatski taložnici (ESP)	-	Ništa	Ništa	Do 99,9	40-60	40-60	
Vrečasti filtri	-	Ništa	Ništa	Do 99,9	50-70	50-70	
Mokro odsumporavanje dimnih plinova (FGD)	-	90-99	Ništa	Ništa	100-150	70-150	
Suho odsumporavanje dimnih plinova (FGD)	-	70-90	Ništa	Ništa	140-210	110-165	
Kombinirano NO _x -SO _x	-	80-95	80-90	Moguće	300-400	300-400	
Selektivna nekatatalitička redukcija (SNCR)	-	Ništa	30-50	Ništa	10-30	10-20	
Selektivna katalitička redukcija (SCR)	-	Ništa	50-95	Ništa	50-100	50-100	
Ciscenje vrucih plinova	-	Ništa	Ništa	Do 99,9	-	-	

EDOR 2013/14 - ZT

48

Napredne tehnologije za uporabu ugljena u elektroenergetici

Do danas su razvijene i dobrom dijelom i praktično ispitane tehnologije:

Izgaranje ugljena u fluidiziranom sloju

- pod atmosferskim tlakom
- pod tlakom većim od atmosferskog

Rasplinjavanje ugljena i upotreba plina u kombiniranom plinsko-parnom procesu

EOOR 2013/14 - ZT

49

Tehnologije izgaranja ugljena u fluidiziranom sloju

- U procesu izgaranja ugljena uvijek jedan mali dio sumpora ostane vezan za neizgorjeli anorganski ostatak (troska i pepeo).
- Nastojanje da se ovaj dio poveća dovelo je do razvjeta **značajnih modifikacija ložista i procesa izgaranja**, uz dodavanje vapna ili vapnenca u samom ložištu za neutralizaciju sumpora.
- Jedan od tih procesa je i **proces izgaranja u fluidiziranom sloju**.
- On se u principu može primijeniti na sve vrste industrijskih ložišta, s tim što **mala i srednja ložišta mogu raditi pod atmosferskim tlakom** (Atmospheric Fluidized-Bed Combustion - ABFC), dok se kod **velikih ložišta besprijekorna fluidizacija postiže samo pod tlakom višim od atmosferskog** (Pressurized Fluidized-Bed Combustion - PBFC).

EOOR 2013/14 - ZT

50

Tehnologije izgaranja ugljena u fluidiziranom sloju

- Osnovna ideja tehnologije izgaranja ugljena u fluidiziranom sloju je **u upotrebi ložišta kotla kao bitnog elementa za smanjenje emisija štetnih tvari** u dimnim plinovima.
- Sumporni dioksid koji nastaje izgaranjem sumpora se u ložištu kotla veže s kalcijevim karbonatom (vapnenac) koji se prije ulaza u kotao miješa s drobljenim ugljenom.
- Temeljne kemijske reakcije u ložištu kotla relevantne za proces odstranjivanja sumpora su :
 - $\text{CaCO}_3 \Rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$
 - $\text{CaO} + \text{SO}_2 + 1/2 \text{O}_2 \Rightarrow \text{CaSO}_4$
- Sumporni dioksid koji nastaje izgaranjem sumpora sadržanom u ugljenu se veže s vrapom u gips.
- Gips nije štetan za okoliš i upotrebljiv je u građevinarstvu.

EOOR 2013/14 - ZT

51

Tehnologije izgaranja ugljena u fluidiziranom sloju

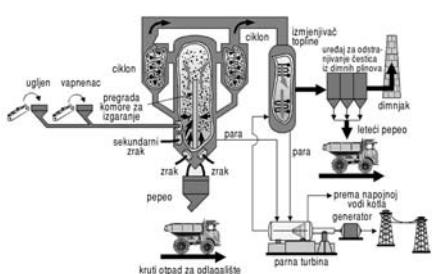
Izgaranje ugljena u fluidiziranom sloju pod atmosferskim tlakom

- Najveći dio postrojenja koja su danas u pogonu (riječ je o nekoliko stotina postrojenja) primjenjuju izgaranje ugljena u fluidiziranom sloju na atmosferskom tlaku
- Ako se izgaranje ugljena u fluidiziranom sloju vrši na atmosferskom tlaku u elektrani se uz takvo izgaranje primjenjuje **klasični parni kondenzacijski ciklus**
- **Stupanj toplinske učinkovitosti elektrane** je viši nego kod boljih postrojenja klasične izvedbe u kojima izgara ugljena prašina (**38-40%**).
- Bolja se učinkovitost očekuje uz primjenu pare superkritičnih parametara.

EOOR 2013/14 - ZT

52

Tehnologije izgaranja ugljena u fluidiziranom sloju



Elektrana s izgaranjem ugljena u atmosferski cirkulirajućem fluidiziranom sloju kotla

EOOR 2013/14 - ZT

53

IZGARANJE UGLJENA U FLUIDIZIRANOM SLOJU POD TLAKOM S KOMBINIRANIM PARNO-PLINSKIM CIKLUSOM

- Za razliku od izgaranja ugljena u fluidiziranom sloju pod atmosferskim tlakom u fazi razvoja je tehnološki postupak za primjenu takvog načina izgaranja pod tlakom višim od atmosferskog.
- Tim se postupkom **pored čišćenja dimnih plinova u ložištu postiže i poboljšanje učinkovitosti pretvorbe toplinske u električnu energiju**
- Kod upotrebe ugljena kao energentica je moguća primjena kombiniranog procesa (Braytonovog i Rankineovog procesa) **upotrebom parne i plinske turbine**.
- Tu su od većih postrojenja TE Tidd 70 MW u SAD te elektrane slične snage u Japanu (TE Wakamatsu) i u Španjolskoj (TE Escatron).

EOOR 2013/14 - ZT

54

IZGARANJE UGLJENA U FLUIDIZIRANOM SLOJU POD TLAKOM S KOMBINIRANIM PARNO-PLINSKIM CIKLUSOM

- U kotlu se proizvodi para za pogon parne turbine (cijevi s vodom i parom prolaze kroz fluidizirani sloj koje ujedno i reguliraju temperaturu izgaranja) i dimni plinovi pod tlakom za pogon plinske turbine.
- Zbog povišenog tlaka **dimenije kotla su relativno male** pa je i mu je i cijena povoljnija nego kod kotlova za izgaranje ugljena u fluidiziranom sloju na atmosferskom tlaku.

EOOR 2013/14 - ZT

55

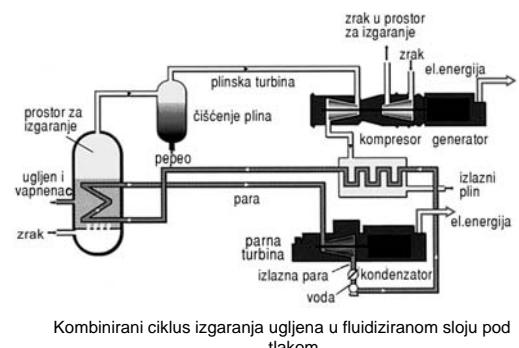
IZGARANJE UGLJENA U FLUIDIZIRANOM SLOJU POD TLAKOM S KOMBINIRANIM PARNO-PLINSKIM CIKLUSOM

- Temeljni tehnološki problem pogona ovih postrojenja je **pouzdano rješenje problema odstranjenja letećeg pepela iz vrelih dimnih plinova prije njihovog propuštanja u plinsku turbinu**
- Trenutno su PFBC sustavi ispitani i primjenjivi za postrojenja snage manje od 100 MW, a imaju **efikasnost oko 42%**
- Za filtriranje dimnih plinova se zbog visoke temperature moraju upotrebljavati keramički materijali.
- **Filteri su izrađeni u obliku keramičkih cijevi**

EOOR 2013/14 - ZT

56

IZGARANJE UGLJENA U FLUIDIZIRANOM SLOJU POD TLAKOM S KOMBINIRANIM PARNO-PLINSKIM CIKLUSOM



EOOR 2013/14 - ZT

57

RASPLINJAVANJE UGLJENA S KOMBINIRANIM PLINSKO PARNIM TOPLINSKIM CIKLUSOM

- Temelj ove tehnologije se sastoji **rasplinjavanju ugljena te korištenje dobivenog plina u kombiniranom plinsko parnom toplinskem ciklusu**.
- Termoelektrane s integralnim rasplinjavanjem ugljena i kombiniranim plinsko parnim ciklusom (IGCC) za pretvorbu toplinske u električnu energiju su danas dostigle stupanj razvoja koji dozvoljava da ih se tretira kao tehnički i komercijalno zrela postrojenja za primjenu u elektroprivredi
- **Postrojenje elektrane se sastoji iz tri osnovna dijela:**
 - Postrojenje za proizvodnju pročišćenog plina kao goriva za plinsku turbinu
 - Postrojenje za separaciju zraka
 - Postrojene kombinirane plinsko-parne cikluse.

EOOR 2013/14 - ZT

58

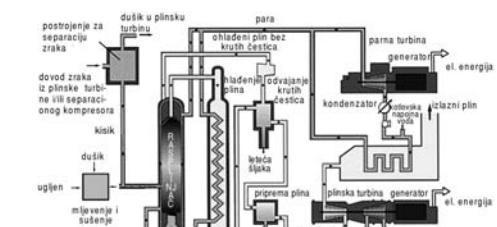
RASPLINJAVANJE UGLJENA S KOMBINIRANIM PLINSKO PARNIM TOPLINSKIM CIKLUSOM

- Kombinirani proces s integralnim rasplinjavanjem ugljena (Integrated Gasification Combined Cycle, IGCC) zamjenjuje uobičajeno ložište na ugljen rasplinjačem i plinskom turbinom.
- **Preko 99% sumpora uklanja se prije izgaranja plina.**
- Toplina na izlazu iz plinske turbine koristi se za proizvodnju pare za konvencionalnu parnu turbinu.
- Plinska i parna turbina rade zajedno u kombiniranom ciklusu.

EOOR 2013/14 - ZT

59

RASPLINJAVANJE UGLJENA S KOMBINIRANIM PLINSKO PARNIM TOPLINSKIM CIKLUSOM



Integrirana jedinica kombiniranog postupka s rasplinjavanjem ugljena

60

RASPLINJAVANJE UGLJENA S KOMBINIRANIM PLINSKO PARNIM TOPLINSKIM CIKLUSOM

- Energetska bilanca postrojenja je slijedeća:**
- Od 100% toplinske energije koje u postrojenje unosi ugljen:
 - 75% energije se iz rasplinjača odvodi **proizведенim plinom**,
 - 25% parom (kojom se hlađe vreli plinovi u rasplinjaču) a
 - 10 % su gubici u procesu rasplinjavanja** i čišćenju plinova (šljaka, sumpor i topinski gubici).
- Od **90% energije** (plin+para) koje se dovodi kombiniranom ciklusu
 - 47% se pretvara u električnu energiju** na generatoru (to je ujedno i bruto iskoristivost elektrane) a
 - ostatak (43%)** se (s izuzetkom topinskih gubitaka) **odvodi u kondenzator parne turbine i dimnjak ispušnih plinova**

EOOR 2013/14 - ZT

61

Dekarbonizacija fosilnih goriva



62

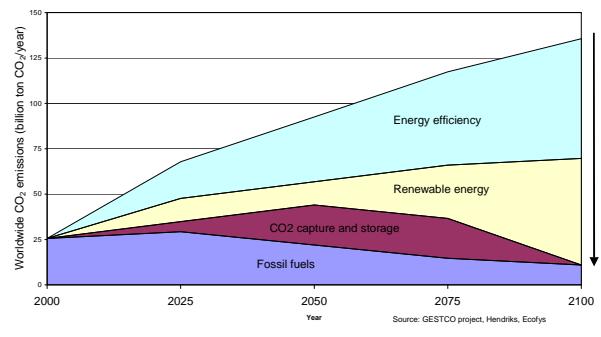
Kako smanjiti emisije?

- Danas je postalo jasno da zajedničkim djelovanjem porasta energetske učinkovitosti i primjene obnovljivih izvora energije **nije moguće na vrijeme** postići potrebnu razinu smanjenja emisija.
- Djelotvorno ograničavanje globalne promjene klime zahtijeva i primjenu **hvatanja (capture)** i **skladištenja (storage)** CO₂, (engl. CCS - Carbon Capture and Storage) u podzemnim geološkim formacijama.

EOOR 2013/14 - ZT

63

Mogućnosti smanjenja emisija



64

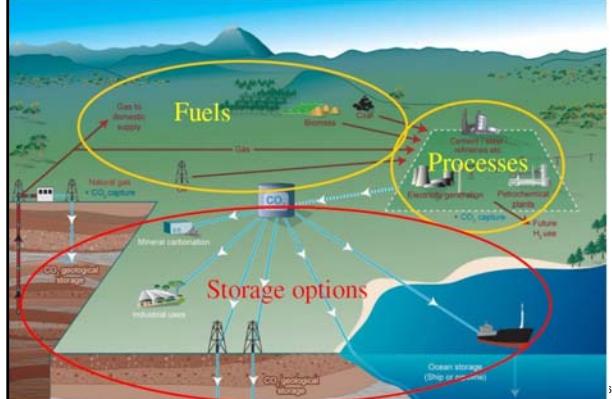
Mogućnosti smanjenja emisija

- Primjena CCS tehnologije bit će **učinkovita podrška** postupnom prijelazu od sadašnjeg sustava korištenja fosilnih goriva prema novom sustavu dobave energije, čija će raznolikost zadovoljavati zahtjeve minimalnog utjecaja na klimatske promjene.
- Naš sadašnji sustav dobave energije u prijelaznom razdoblju ostat će u najvećoj mjeri nepromijenjen, ali uz obavezu izgradnje nove infrastrukture.

EOOR 2013/14 - ZT

65

Sustav hvatanja i spremanja CO₂



Što je hvatanje i uskladištenje CO₂?

- Sva fosilna goriva sadrže ugljik.
- Prilikom izgaranja, ugljik se spaja s kisikom iz zraka stvarajući CO₂.
- Uklanjanjem ugljika **prije ili poslije procesa izgaranja**, npr. u termoelektranama, sprječava se ispuštanje CO₂ u atmosferu.
- Uređaj za uklanjanje CO₂ tako postaje izvor **koncentriranog CO₂, kojeg treba transportirati u podzemno ležište.**

EDOR 2013/14 - ZT

67

Što je hvatanje i uskladištenje CO₂?

- Podzemno ležište može biti:
 - iscrpljeno ležište naftne ili plina,
 - duboki slojevi ugljena ili
 - vodonosnici (stijene ispunjene slanom vodom).
- Nove termoelektrane i velika industrijska postrojenja **treba opremiti uređajima za hvatanje CO₂ i cjevovodima za njegov transport do mjesta utiskivanja u podzemna skladišta.**

EDOR 2013/14 - ZT

68

Gdje i kako "uhvatiti" CO₂?

- Oko 60% emisija CO₂ ljudskog porijekla događa se na velikim stacionarnim izvorima (tzv. točkasti izvori), kao što su termoelektrane, rafinerije, postrojenja za pročišćavanje prirodnog plina, tvornice cementa i druga industrijska postrojenja.
- U okviru većine tih industrijskih procesa, otpadni, dimni plin sadrži od 5% do 15% CO₂.
- Jedna mogućnost je **odvojiti CO₂ od ostalih sastojaka** u dimnom plinu, i tako dobiti plin koji sadrži više od 90% CO₂.

EDOR 2013/14 - ZT

69

Gdje i kako "uhvatiti" CO₂?

- Drugi način je **uklanjanje ugljika iz goriva prije izgaranja**, kao u slučaju kada se iz prirodnog plina (metan, CH₄) proizvodi smjesa vodika, H₂ i CO₂.
- Tehnologija hvatanja CO₂ iz struje otpadnih plinova dobro je poznata i uhodana u različitim industrijskim procesima.
- Sada se izdvojeni CO₂ uglavnom ispušta u atmosferu, dok se samo **male količine**, nakon dodatnog pročišćavanja, koriste u **industriji gaziranih napitaka**.
- **Postojeće tehnologije i procesi uklanjanja CO₂ još nisu prilagođeni velikim razmjerima primjene, koje zahtijevaju emisije iz termoelektrana.**

EDOR 2013/14 - ZT

70

Gdje uskladištiti CO₂?



EDOR 2013/14 - ZT

71

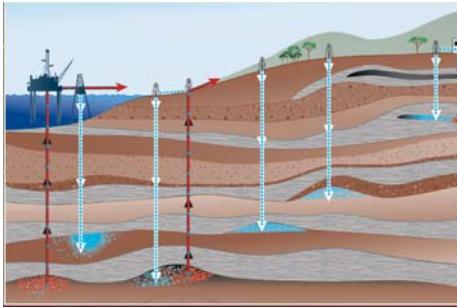
Gdje uskladištiti CO₂?

- Nakon hvatanja, CO₂ se može **uskadištiti ili ponovno koristiti**, npr. u industriji napitaka ili u staklenicima za poticanje rasta biljaka.
- Tržište za ovakvu komercijalnu uporabu CO₂ **jako je ograničeno**, tako da najveći dio prikupljenog CO₂ **treba permanentno, zauvijek uskladištiti u geološkim formacijama**, koje uključuju **iscrpljena naftna i plinska ležišta, duboke vodonosnike te duboke i za eksploataciju nedostupne slojeve ugljena**.
- CO₂ se također može ukloniti kemijskim vezanjem u minerale.

EDOR 2013/14 - ZT

72

Gdje uskladištitи CO₂?



EDOR 2013/14 - ZT

73

Gdje uskladištitи CO₂?

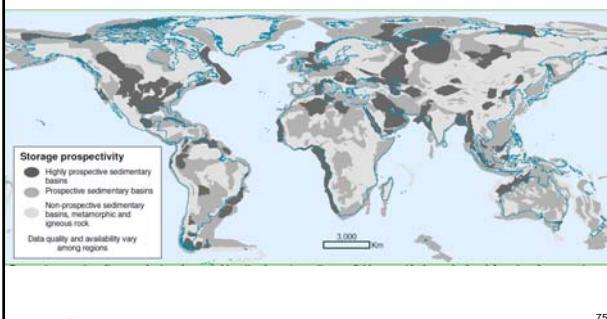
Globalni kapacitet mogućeg geološkog skladištenja CO₂ (1 Gt = 1 milijarda tona)

Opcija	Kapacitet skladištenja u Gt CO ₂
Duboki slani vodonosnici (geološki slojevi ispunjeni slanom vodom)	400 - 10 000
Iscrpljena naftna i plinska polja	930
Slojevi ugljena	30
Emisije CO₂ u svijetu	25 Gt godišnje

Izvor: IEA-GHG, 2004

EDOR 2013/14 - ZT

Perspektivna podzemna skladišta



EDOR 2013/14 - ZT

75

Lokacije na kojima se planiraju ili provode značajne aktivnosti za spremanje CO₂



EDOR 2013/14 - ZT

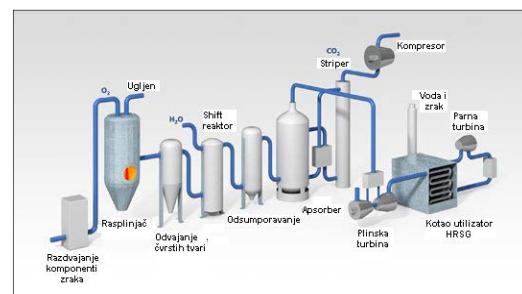
76

Sustavi hvatanja CO₂ iz dimnih plinova

- Tri moguće izvedbe u sustavu termoelektrana na ugljen:
 - Hvatanje CO₂ prije izgaranja (*Pre-combustion capture*)
 - Hvatanje CO₂ iz sustava izgaranja u struji kisika (*oxy-fuel*)
 - Hvatanje CO₂ nakon izgaranja (*post combustion capture*)

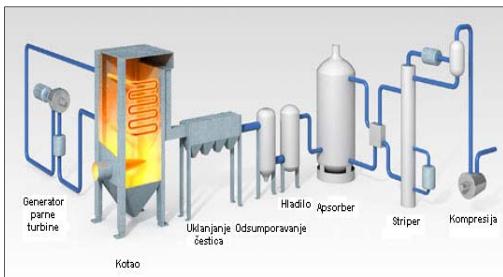
EDOR 2013/14 - ZT

Hvatanje CO₂ prije izgaranja



EDOR 2013/14 - ZT

Hvatanje CO₂ nakon izgaranja



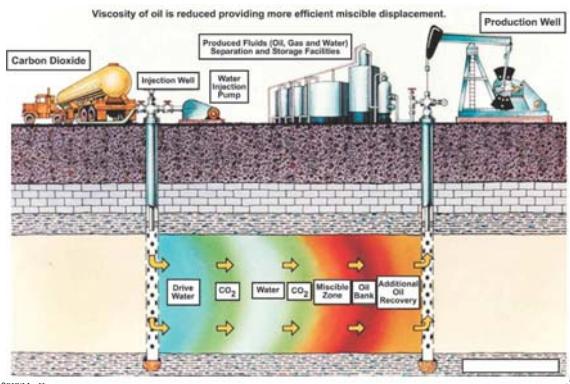
EOOR 2013/14 - ZT

Ležišta nafte i plina

- Ležišta nafte i plina su dobro istražena i smatraju se pouzdanim kandidatima za uskladištenje CO₂, jer su milijunima godina zadržavala naftu, plin a često i CO₂.
- Utiskivanje CO₂ u nekim ležištima potaknuti dodatnu proizvodnju zaostale nafte ili plina.
- Prihodi od dodatne proizvodnje mogu smanjiti troškove uskladištenja CO₂.
- Ovi postupci, nazvani metodama povećanja iscrpka nafte ili plina (engl. EOR), primjenjuju se u SAD već nekoliko desetljeća.
- Dosadašnja svrha utiskivanja CO₂ nije bila njegovo uskladištenje nego povećanje proizvodnje nafte.

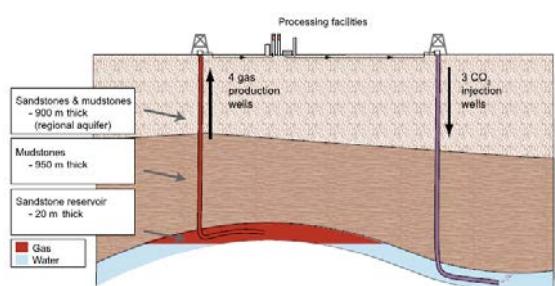
80

Poboljšano crpljenje nafte



EOOR 2013/14 - ZT

Poboljšano crpljenje plina



82

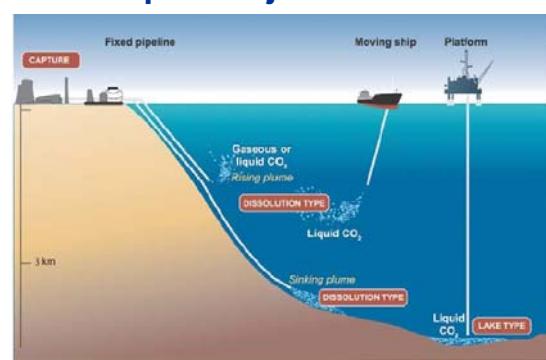
Duboki slani vodonosnici

- Duboki slani vodonosnici podzemne su geološke formacije stijena, tipično pješčenjaka, koje sadrže slanu vodu.
- Te formacije predstavljaju golem potencijal uskladištenja CO₂: ima ih u većini industrijaliziranih zemalja, obično su vrlo velike, a često se nalaze u blizini velikih industrijskih izvora CO₂.
- Utiskivanje CO₂ u vodonosnike slično je utiskivanju u plinska i naftna ležišta.
- Prvi komercijalni projekt utiskivanja CO₂ u podzemlje je norveški projekt Sleipner, gdje se godišnje utiskuje oko 1 milijun tona u vodonosnik ispod dna Sjevernog mora.

EOOR 2013/14 - ZT

83

Spremanje u oceane

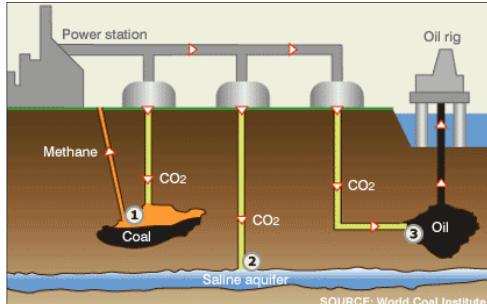


84

Slojevi ugljena

- **Slojevi ugljena** katkada se ne mogu iskoristavati jer su ili pretanki ili se nalaze na prevelikoj dubini.
- Naslage ugljena obično sadrže različite količine metana.
- Pokazalo se **tijekom utiskivanja CO₂** u slojeve ugljena, ugljikov dioksid prianja uz površinu ugljena i **istiskuje metan**.
- To znači da tijekom uskladištenja CO₂ u slojevima **ugljena dolazi do proizvodnje metana**.
- Prihod od prodaje metana može smanjiti troškove uskladištenja CO₂.

EOOR 2013/14 - ZT



86

Koji su troškovi hvatanja, transporta i uskladištenja CO₂?

- Izdvajanje CO₂ iz struje dimnih plinova termoelektrane zahtijeva **dodatajni utrošak energije**, što utječe na proizvodnu cijenu električne struje.
- Stupanj rasta cijene ovisi o vrsti termoelektrane (plinske elektrane ili elektrane na ugljen) kao i o cijeni goriva.
- Razne studije, između ostalih ona u okviru Greenhouse Gas istraživačko-razvojnog programa Međunarodne agencije za energiju (I EA) pokazuju da postupak hvatanja CO₂ povećava cijenu proizvodnje struje za **1.3 do 3 Eurocenta po kWh**.

EOOR 2013/14 - ZT

87

Koji su troškovi hvatanja, transporta i uskladištenja CO₂?

- Drugi način iskazivanja dodatnih troškova je količina anulirane (**izbjegnute**) emisije CO₂.
- **Sadašnja cijena hvatanja CO₂, je od 25 do 60 € po toni izbjegnutog CO₂.**
- Očekuje se da će rezultati tekućih istraživanja prepovoljiti ove troškove.

EOOR 2013/14 - ZT

88

Koji su troškovi hvatanja, transporta i uskladištenja CO₂?

- **Cijene transporta** su relativno **male**: transport CO₂ na udaljenosti preko 100 km cjevovodom stajat će od 1 do 4 € po toni CO₂.
- **Troškovi uskladištenja** jako ovise o vrsti **podzemnog ležišta** u koji se utiskuje CO₂.
- **Cijene utiskivanja** u vodonosnike i iscrpljena plinska i naftna ležišta kreću se od 10 do 20 € po t CO₂.
- Ako je utiskivanje CO₂ popraćeno dodatnom proizvodnjom nafte ili plina, troškovi mogu biti manji od 0 €/t.
- Drugim riječima, u tim slučajevima uskladištenje CO₂ bit će zapravo unosan pothvat.

EOOR 2013/14 - ZT

89

Koji su rizici prilikom podzemnog uskladištenja CO₂?

- Primjena bilo koje tehnologije uključuje rizike.
- U slučaju primjene tehnologije podzemnog uskladištenja CO₂, treba dati odgovore na sljedeća pitanja:
 - jesu li rizici geološkog uskladištenja CO₂ prihvatljivi,
 - jesu li ti rizici usporedivi s rizicima drugih mogućnosti smanjivanja emisija CO₂.
- Prilikom podzemnog uskladištenja glavni rizik predstavljaju transport i samo uskladištenje u geološkim formacijama.
- Podzemno ležište za uskladištenje treba biti dovoljno udaljeno od seizmički aktivne zone, što jamči stabilnost stijena.

EOOR 2013/14 - ZT

Koji su rizici prilikom podzemnog uskladištenja CO₂?

- Kod transporta velikih količina CO₂ cjevovodom može u principu doći do nezgoda.
- Međutim, kontrolom i primjenom sigurnosnih mjera, koje se u mnogim europskim zemljama već godinama uspješno primjenjuju pri transportu prirodnog plina cjevovodom, rizici transporta CO₂ ne mogu biti veći od onih, kada se radi o prirodnom plinu.
- Budući da CO₂ nije zapaljiv ni eksplozivan poput prirodnog plina, posljedice eventualnog propuštanja cjevovoda s CO₂ bit će znatno blaže.

EOOR 2013/14 - ZT

Koji su rizici prilikom podzemnog uskladištenja CO₂?

- Pri skladištenju CO₂, glavni rizik je neispravnost utisne bušotine, što može dovesti do propuštanja utiskivanog CO₂.
- Mogućnost iznenadnog izlaska CO₂ iz podzemnog ležišta veoma je mala i usporediva je s erupcijama prirodnog plina iz plinskih ležišta, koje su jako rijetke.

EOOR 2013/14 - ZT

Potrebni poticaji

- Zbog velikih investicija, potrebnih za dodatnu tehnologiju, izlazak CCS tehnologije na tržiste zahtjeva poticaje energetskim tvrtkama.
- Treba uspostaviti cjenik za ugljik, u obliku poreza na CO₂ ili sustava trgovanja ugljikom.
- U komercijalnom sustavu, tržiste za CO₂ stvara se određivanjem maksimalne kvote emisija CO₂ za svaku zemlju i izdavanjem dozvola (tzv. CO₂ krediti) "proizvođačima" emisija.

EOOR 2013/14 - ZT

93

Potrebni poticaji

- Ako se razvojem CCS tehnologije postignu cijene od 20 ili manje € po toni izbjegnutog CO₂, a sama tehnologija pokaže sigurnim i održivim postupkom smanjivanja emisija stakleničkih plinova, tijekom sljedećih desetak godina moglo bi doći do njene komercijalne primjene, uz uvjet da se istovremeno uredi i fiskalna i normativna regulativa.

EOOR 2013/14 - ZT

94

Hvatanje CO₂ nakon izgaranja

- Brojne tehnologije u razvoju
- Kemijska apsorpcija s aminima najpogodnija:
 - Pogodna za plinske struje s manjim konc. CO₂
 - Dokazana tehnologija komercijalno dostupna
 - Sustav djeluje pri uobičajenim uvjetima tlaka i temperature
 - Velika ulaganja u razvoj ove tehnologije

EOOR 2013/14 - ZT

Cijena proizvodnje električne energije i cijena izbjegnutog CO₂

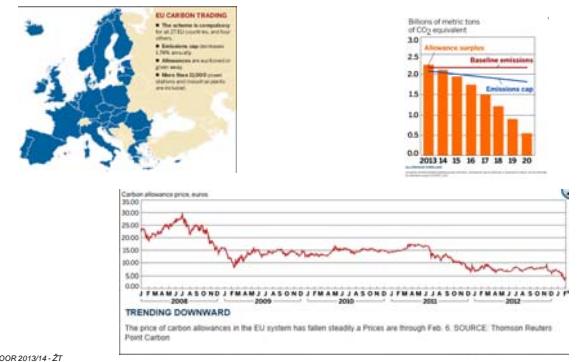
	JEDINICA	TEP C	TEP C + CCS
Investicija	Milijun US\$	975	1236
Pogonski troškovi	Milijun US\$/god	25,9	41,9
Troškovi goriva	Milijun US\$/god	115,9	115,9
Godišnji trošak investicije	Milijun US\$/god	92,8	117,6
Ukupni godišnji trošak	Milijun US\$/god	234,6	275,4
Godišnja proizvodnja el. energije	MWh/god	3.607.720	2.847.872
Specifična emisija CO ₂	t/MWh	0,725	0,092
Cijena el. energije	US\$/MWh	65,02	96,70
Cijena izbjegnutog CO₂	US\$/t CO₂	50,1	
Cijena izbjegnutog CO₂	€/t CO₂		38,5

EOOR 2013/14 - ZT

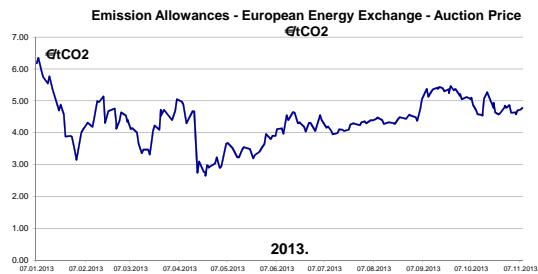
Kretanje cijena emisijskih jedinica CO₂ (2008. - 2009.)



Kretanje cijena emisijskih jedinica CO₂ (2008. - 2013.)



Kretanje cijena emisijskih jedinica CO₂ (2013.)



Izvedeni sustavi za CCS



CO₂ hvatanje nakon
izgaranja na plinskoj
elektrani u Maleziji



CO₂ hvatanje prije izgaranja u elektrani za
rasplinjavanje ugljena
u North Dakota, USA

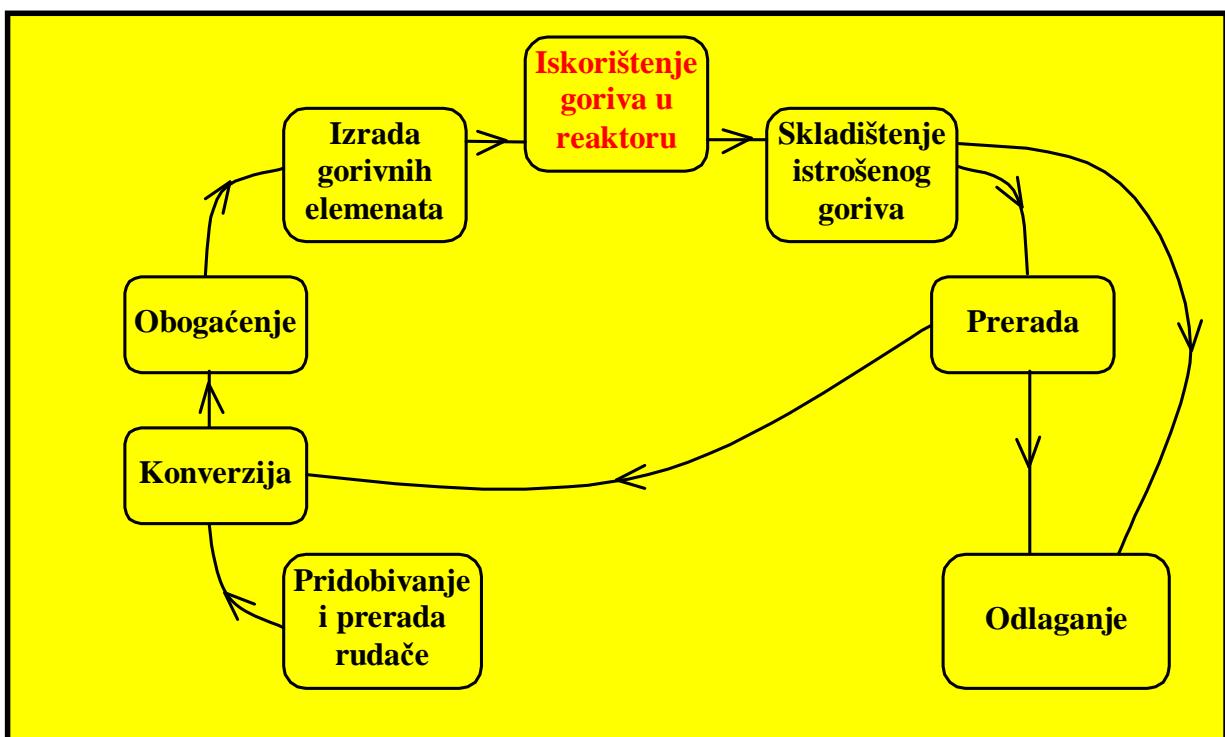
100

Energetika, okoliš i održivi razvoj

- nuklearni dio (2 od 3):

Sigurnost nuklearne elektrane

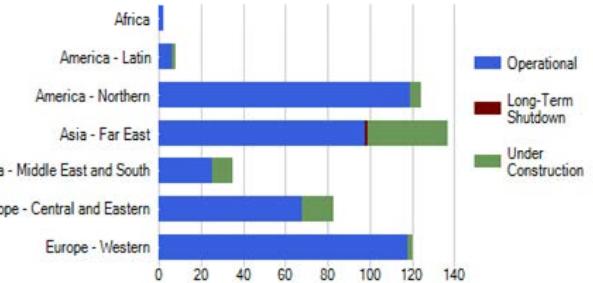
Prof. dr. sc. Nikola Čavlina



436 nukl. reaktora u pogonu

63 u izgradnji

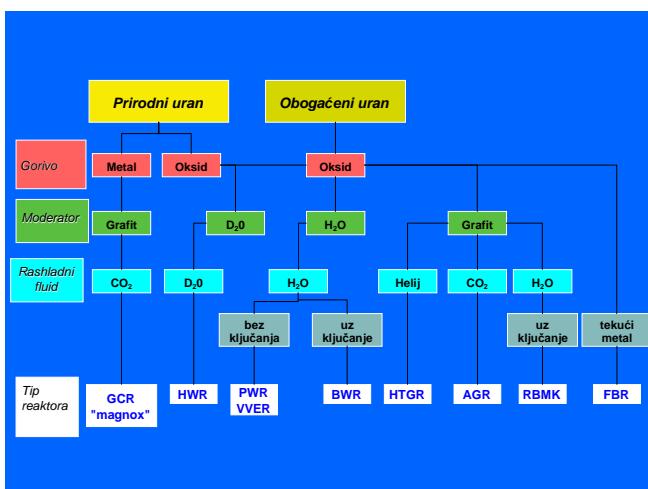
Regional Distribution of Nuclear Power Plants
(Click on the chart for more statistics)



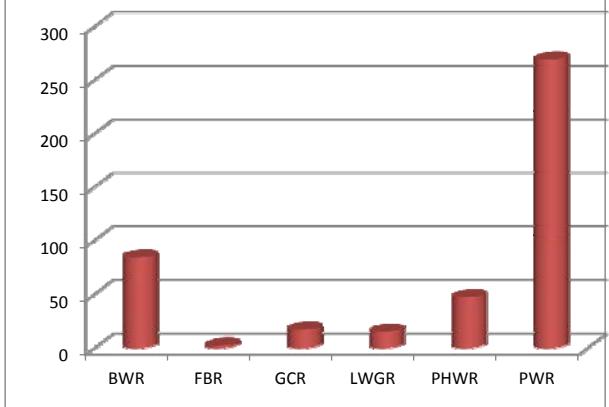
New connections to the grid	
HONGYANHE-1	(1000 MW(e), PWR, CHINA) on 18 February
HONGYANHE-2	(1000 MW(e), PWR, CHINA) on 23 November
KUDANKULAM-1	(917 MW(e), PWR, INDIA) on 22 October
Permanent shutdowns	
CRYSTAL RIVER-3	(860 MW(e), PWR, USA) on 5 February
KEWAUNEE	(566 MW(e), PWR, USA) on 7 May
SAN ONOFRE-2	(1070 MW(e), PWR, USA) on 7 June
SAN ONOFRE-3	(1080 MW(e), PWR, USA) on 7 June
Construction starts	
BARAKAH-2	(1345 MW(e), PWR, UAE) on 28 May
BELARUSIAN-1	(1109 MW(e), PWR, BELARUS) on 6 November
SHIN-HANUL-2	(1340 MW(e), PWR, KOREA REP.) on 19 June
SUMMER-2	(1117 MW(e), PWR, USA) on 9 March
SUMMER-3	(1117 MW(e), PWR, USA) on 2 November
TIANWAN-4	(1050 MW(e), PWR, CHINA) on 27 September

3

Pregled tipova nuklearnih reaktora



Ukupni broj reaktora u svijetu





Nuklearna elektrana Krško

Snaga	Originalno 1983 (MW)	SGR UPR 2000 (MW)	LP TU 2006 (MW)
Termička snaga reaktora	1876	1994	1994
Termička snaga primarnog kruga	1882	2000	2000
Instalirana snaga	664	707	727
Snaga na pragu elektrane	632	676	696
Snaga na pragu elektrane s rashladnim tornjevima u pogonu	620	656	666

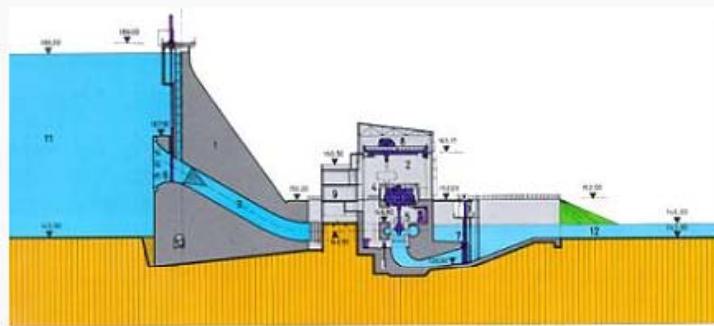


$$\Delta = -30 \text{ MW}$$

$$\Delta = 44 \text{ MW}$$

HE "Lešće"

instalirana snaga 42.29 MW



HE Lešće je pribransko postrojenje s dvije glavne proizvodne jedinice i jedinicom biološkog minimuma.

Izgradnjom betonske gravitacijske brane visine 52.5 m i duljine u kruni 176.5 m formira se akumulacijski bazen ukupne zapremljivosti 25.7 hm³ te korisne zapremljivosti 17.2 hm³

- duljina akumulacije 12.61 km
- površina 146.0 ha



• “ HE Lešće je koštala 97 milijuna eura...”

 HEP PROIZVODNJA d.o.o.

godišnja proizvodnja	prosječna	2009.	2010.	2011.
električna energija	98 GWh	0	31 GWh	52 GWh

Energetika i okoliš, ak.g.2011/12

7

ZELENO-ENERGETSKI RAT

Zeleni: HE Lešće treba srušiti! HEP: Srušimo ih onda sve!



Datum objave:
15.05.2012 08:00

Autor: [L. Filipović](#)

Povećaj veličinu slova
 Smanji veličinu slova

Pošalji prijatelju
 Ispisi stranicu

tportal.hr | Daily in English |

Biznis

Lokalci razočarani i uzvodno i nizvodno

I u općinama uzvodno i nizvodno od brane mnogo su očekivali od hidroelektrane. Nadali su se na vali na kupnju zemlje oko akumulacijskog jezera i većem broju turista, a dobili su, tvrde, samo probleme.

Načelnik općine Bosiljevo **Josip Korenić** žali se da im HEP još nije platio ni kune naknade za akumulaciju (sve je zapelo zbog Ministarstva gospodarstva). Očekuje da će dobiti 200.000 kuna, što im je, objašnjava, dovoljno da pokriju troškove javne rasvjete.

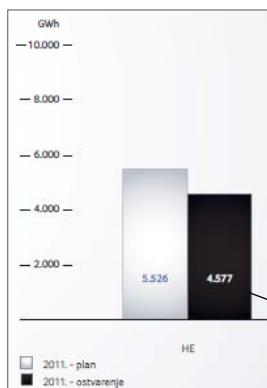
Nizvodno od brane, načelnik općine Netretić **Ivica Gračan** kaže da mu je žao što je Lešće izgrađeno jer je potopljeno kanjon Dobre a rijeka nizvodno od brane, zbog pada temperature vode, više nije za kupanje i ribičiju, što će smanjiti broj turista.

Hidroelektrana, kao i čovjek, može doživjeti i više od 100 godina. Jedina hidroelektrana sagrađena u samostalnoj Hrvatskoj, Lešće na Dobri, u komercijalnom pogonu je samo godinu i pol. Ali i to kratko razdoblje dovoljno je za zelene da je proglaše opasnim projektom, a neki traže i njezino rušenje. S druge strane, za HEP je Lešće u tih godinu i pol potvrđilo da se radi o više nego isplativoj investiciji

Energetika i okoliš, ak.g.2011/12

8

Hidroelektrane	
Ukupni kapacitet za proizvodnju (prema metodologiji podjele HEP Trgovine)	
Protočne hidroelektrane	403 MW
Akumulacijske hidroelektrane	1 707 MW
Od toga reverzibilne hidroelektrane	281 MW
Male hidroelektrane	16,74 MW



4,58 TWh

HE Varaždin HE Čakovec HE Dubrava

HE Ozalj

HE Želeni Vir

RHE Lepenica

CHE Fužin

HE Gojak

HE Vinodol

HE Lešće

HE Senj

HE Sklope

RHE Velebit

MHE Krčić

HE Miljacka

HE Jaruga

HE Peruća

CHE B.Blato

HE Orlovac

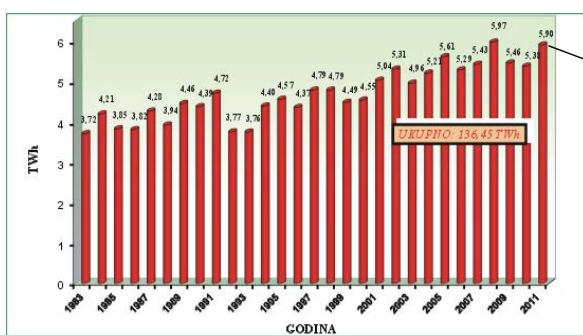
HE Dale

HE Žukovac

HE Kraljevac

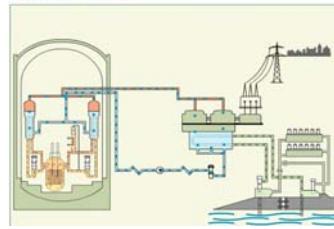
HE Zavrešje

HE Dubrovnik



5,90 TWh

Radna shema NEK-a



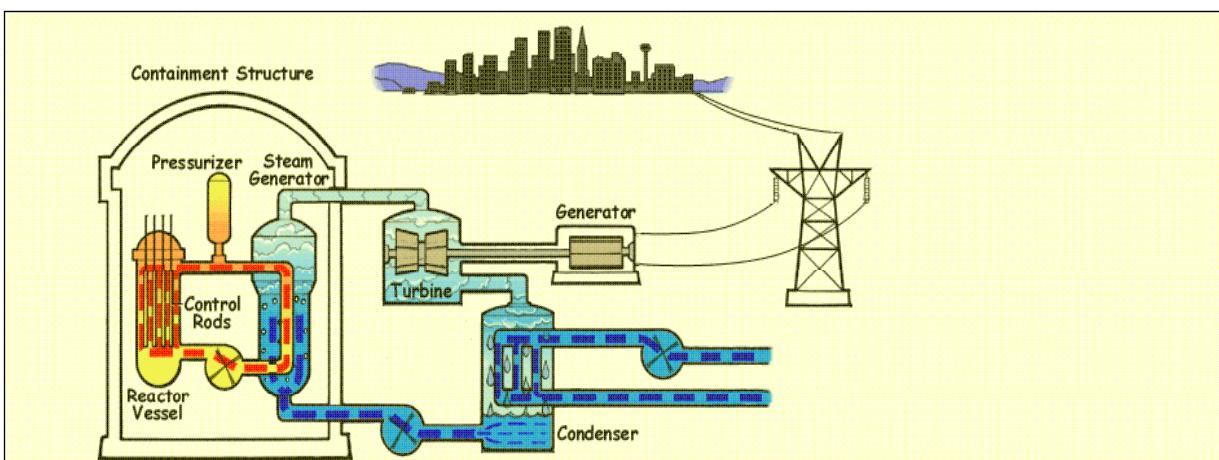
Energetika i okoliš, ak.g.2012/13

9

PWR – princip rada

Tipični parametri PWR-a:

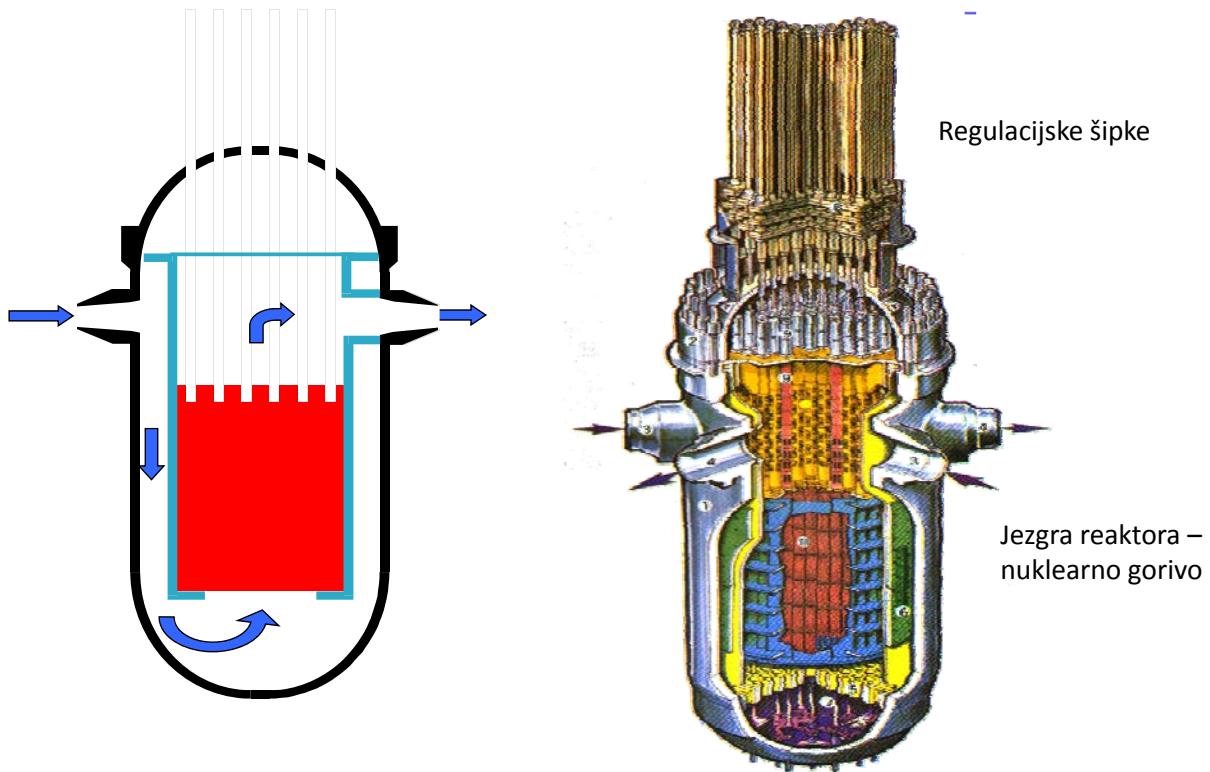
- primarni tlak 15 do 16 MPa
- prosječna primarna temp. 570-590 K
- porast temp. u reaktoru 40 do 50 K
- protok po rashl. krugu 6 m³/s
- sekundarni tlak 6 do 8 MPa
- temperatura pojne vode 490 K
- protok pare po parogeneratoru 520 kg/s



Energetika i okoliš, ak.g.2011/12

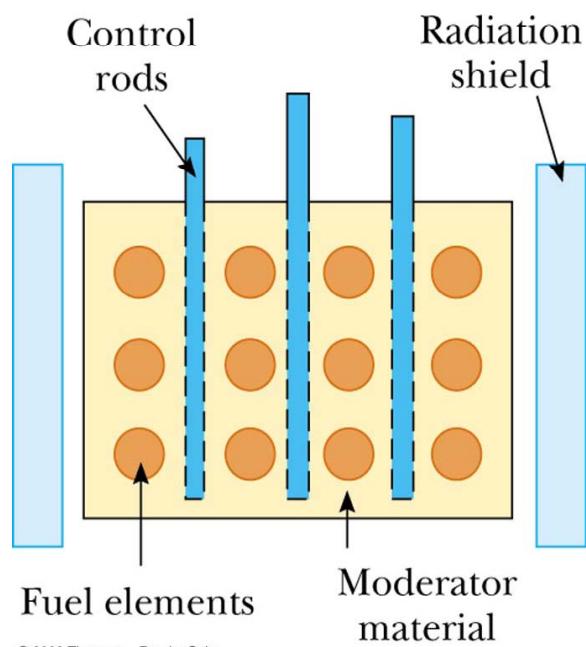
10

Nuklearni reaktor

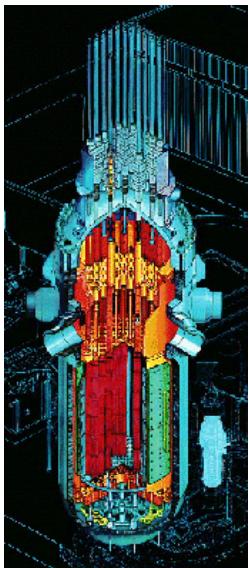


Nuklearni reaktor - jezgra

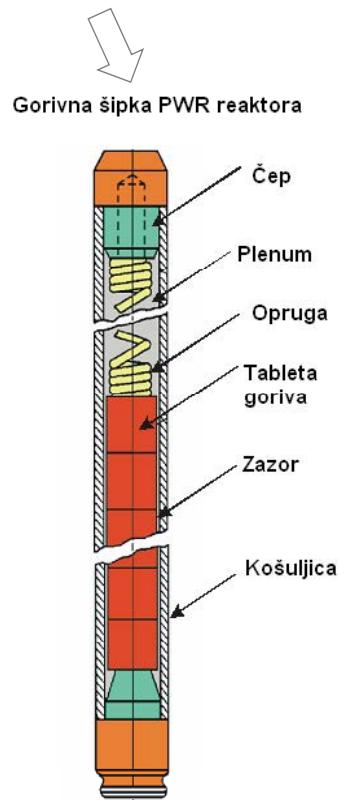
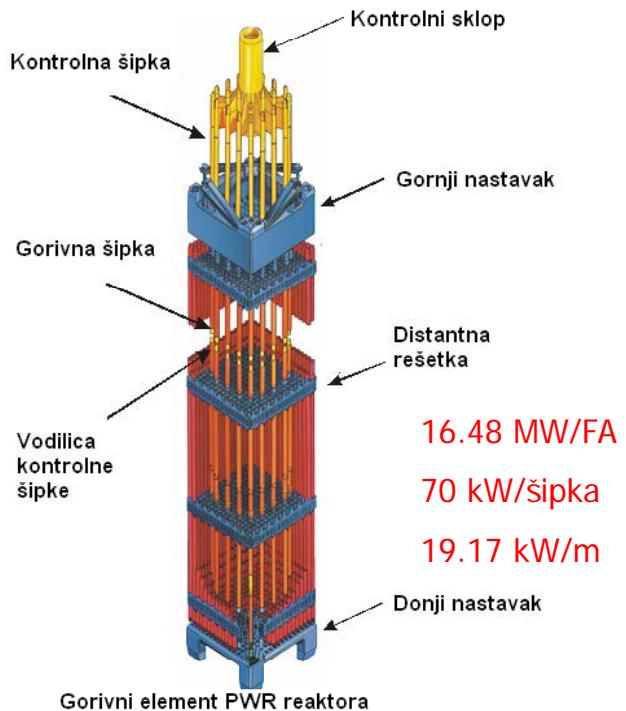
- Nuklearno gorivo je smješteno u gorivnim elementima
- Moderator je materijal koji ima sposobnost usporavanja neutrona
- Rashladno sredstvo odvodi toplinu iz reaktora
- Regulacijske šipke sadrže materijale koji absorbiraju neutrone, služe za regulaciju snage reaktora
- Jezgra je okružena štitom od zračenja



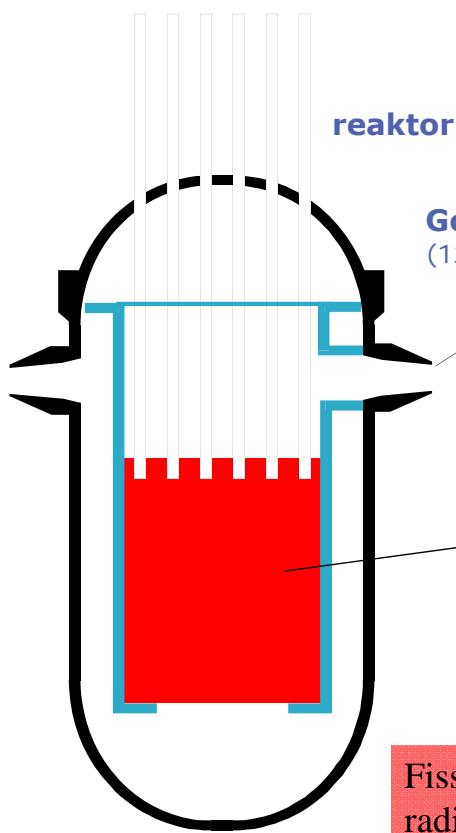
© 2003 Thomson - Brooks Cole



Gorivni element i gorivna šipka



Nukelarno gorivo



Gorivni element
(121 u reaktoru NEK)



Gorivna šika
(235 in an element)

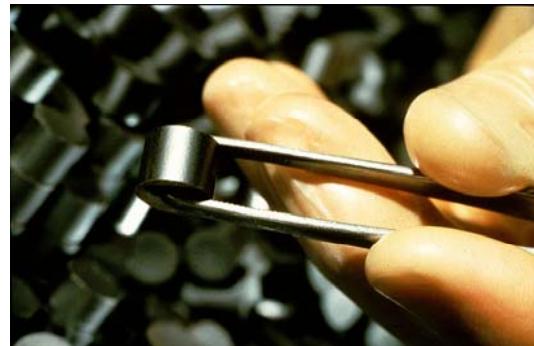


**uranium
pellet**

Fission products 99.999% of radioactivity in fuel

Core and nuclear fuel assemblies

- A nuclear fuel is a material that is used to sustain a controlled nuclear fission reaction, usually by releasing neutrons and energy
- PWR and BWR reactors use an Uranium oxide (U-235 and U-238) sintered into ceramic pellets that are placed in tubes, and the tubes are bundled together.
- 90 – 95% theoretical density
- Beveled on edges to prevent fuel-clad mechanical interaction
- About 4.0-5.0% enrichment, to achieve 50,000 MWd/t burnup

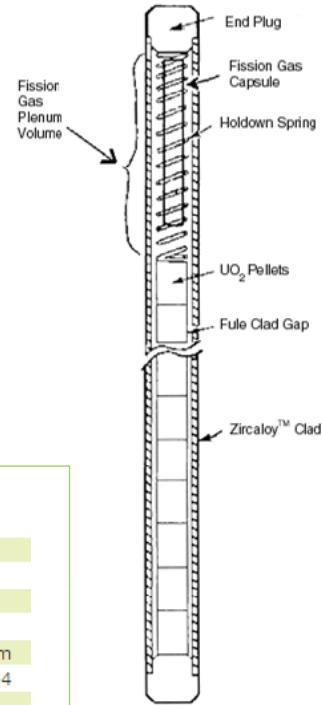


Amaya, M. et al., Measurement of Crystal Lattice Strain and Crystallite Size in Irradiated UO₂ Pellet by X-ray Diffractometry, Journal of Nuclear Science and Technology, vol.45, no.3, 2008, p.244-250.

15

Core and nuclear fuel assemblies

- Each fuel rod contains:
 - Fuel pellets
 - Generate heat to boil water
 - A spring
 - Allows fuel pellets to expand and contract
 - Helium gas
 - Improve the heat transfer capability



Gorivo

Broj gorivnih elemenata:	121
Broj gorivnih šipki u gorivnom elementu:	235
Raspored gorivnih šipki:	16 x 16
Dužina gorivnih šipki:	3,658 m
Debljina košuljice:	0,572 mm
Materijal košuljice:	Zircaloy-4
Kemijski sastav goriva:	UO ₂
Promjer gorivne tablete:	8,192 mm
Dužina gorivne tablete:	13,46 mm
Ukupna količina urana:	48,7 t

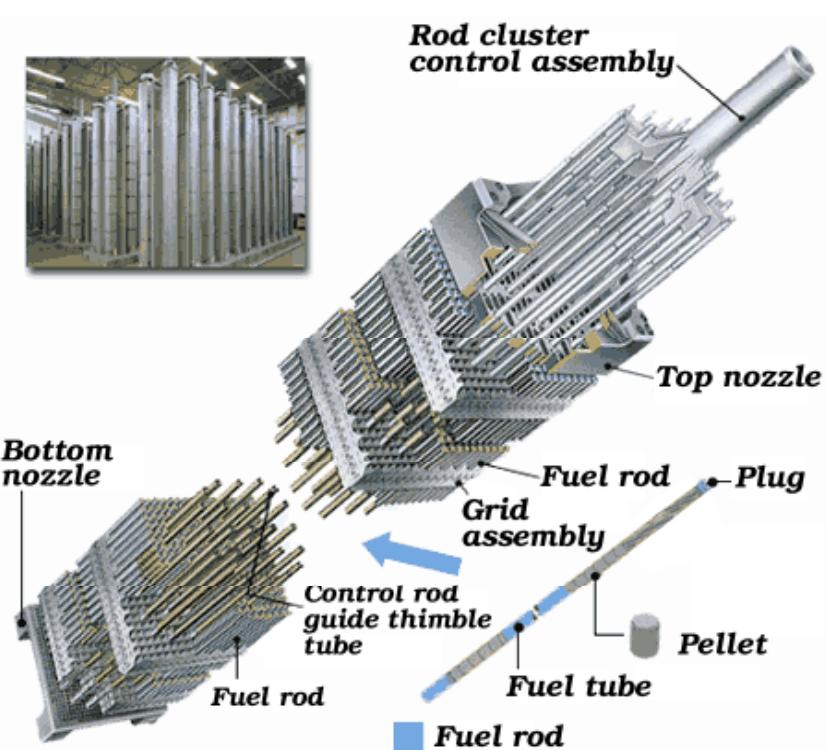
16

Core and nuclear fuel assemblies

- To illustrate the fuel assembly:

- Fuel pellets are stacked into fuel tubes.
- Fuel tubes are arranged with other fuel tubes to form an assembly.
- Grid assemblies support the structure

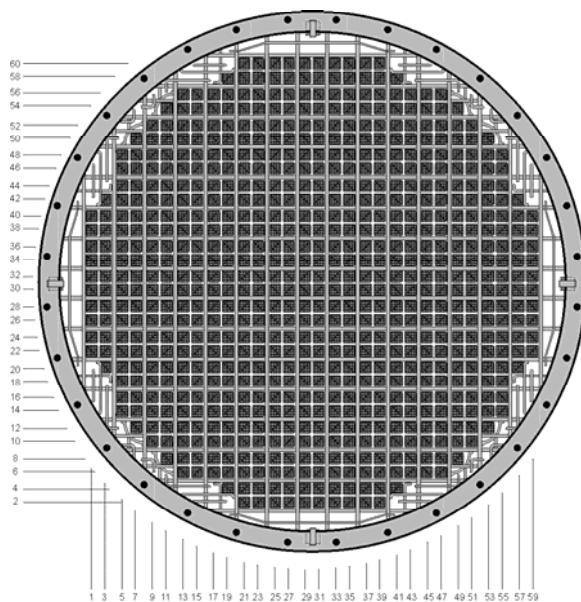
- Typical commercial fuel bundles are 12 feet in height



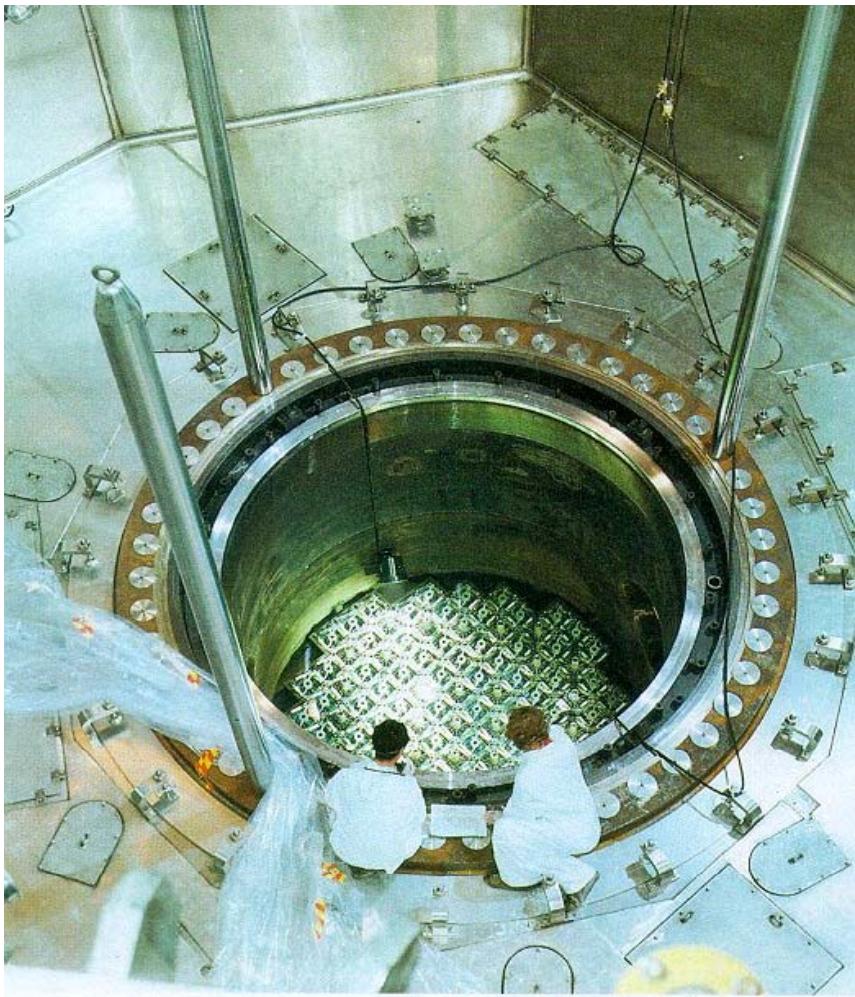
17

Core and nuclear fuel assemblies

- Fuel is placed into specific locations in the core
- Near-cylindrical shape minimizes neutron leakage



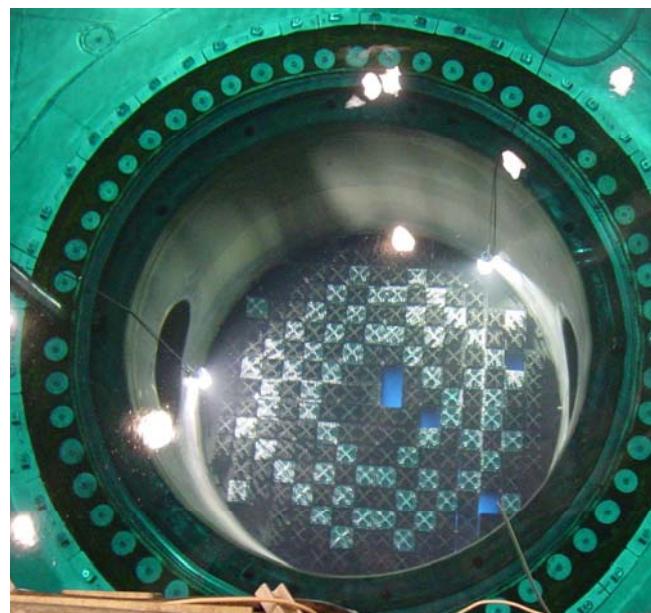
18



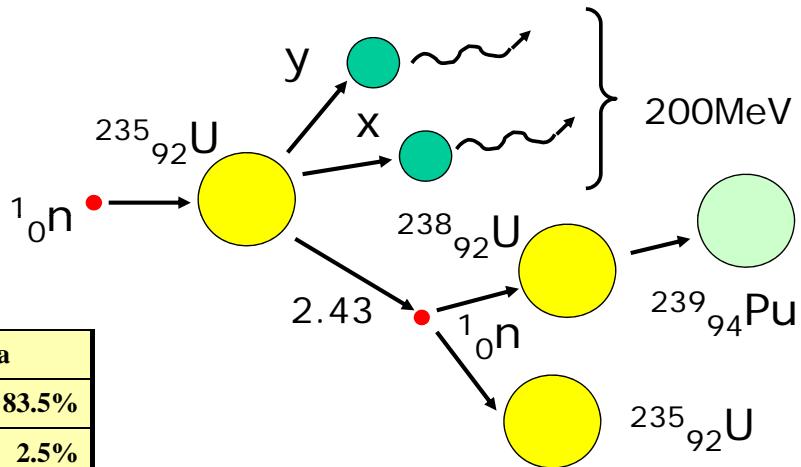
Reaktorska posuda

Open for refueling

- Dark grey: old irradiated fuel assemblies
- Silver: fresh fuel assemblies
- Bright blue: empty fuel positions glowing due to Cherenkov radiation



Fisija Urana



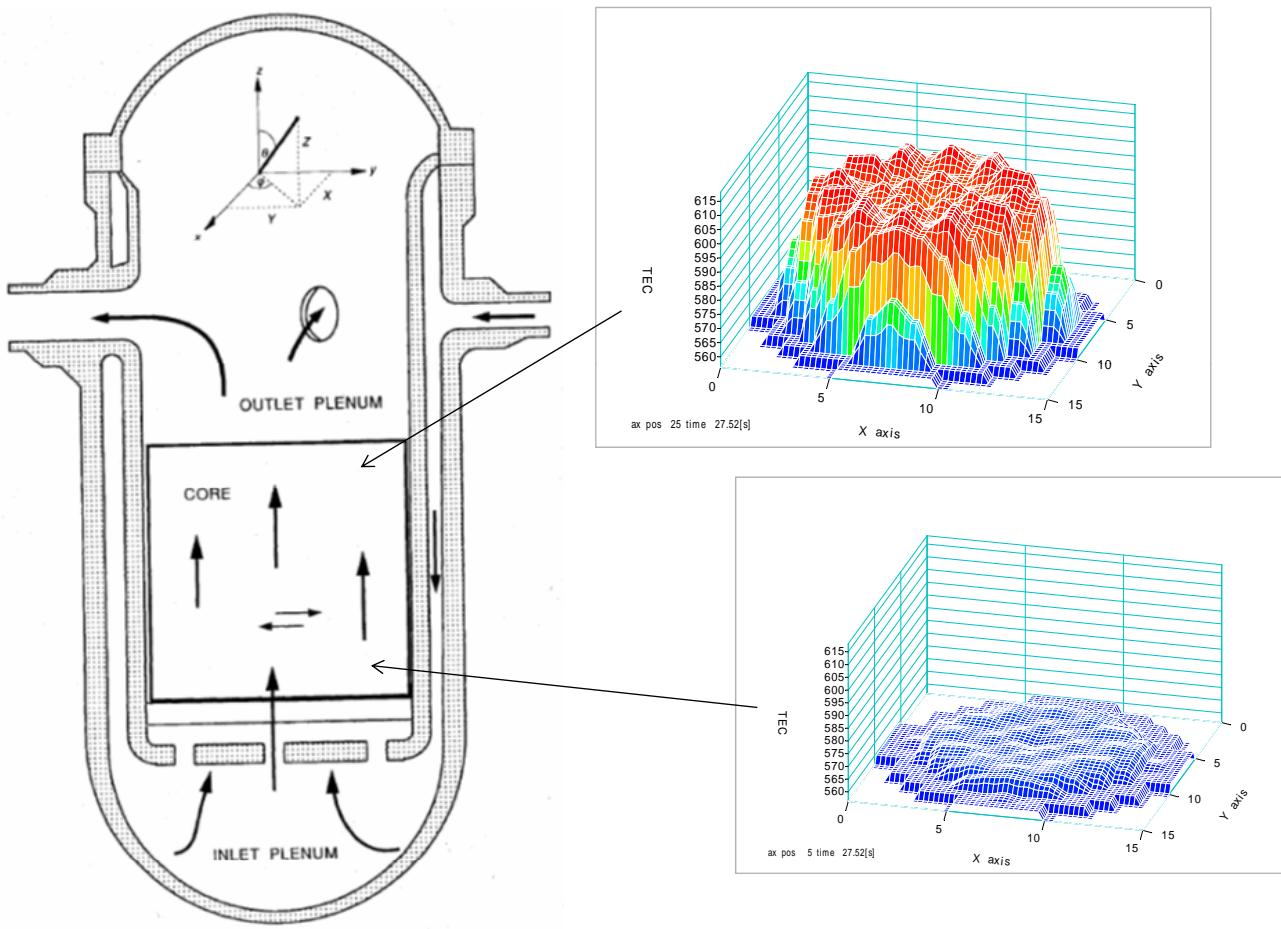
Energija iz fisije Urana	
Kinetička fragmenata	83.5%
Trenutne γ -zrake	2.5%
Kinetička neutrona	2.5%
β -raspad fragmenata	3.5%
γ zrake fragmenata	3.0%
Energija neutrina	5.0%

21

Nuklearni reaktor

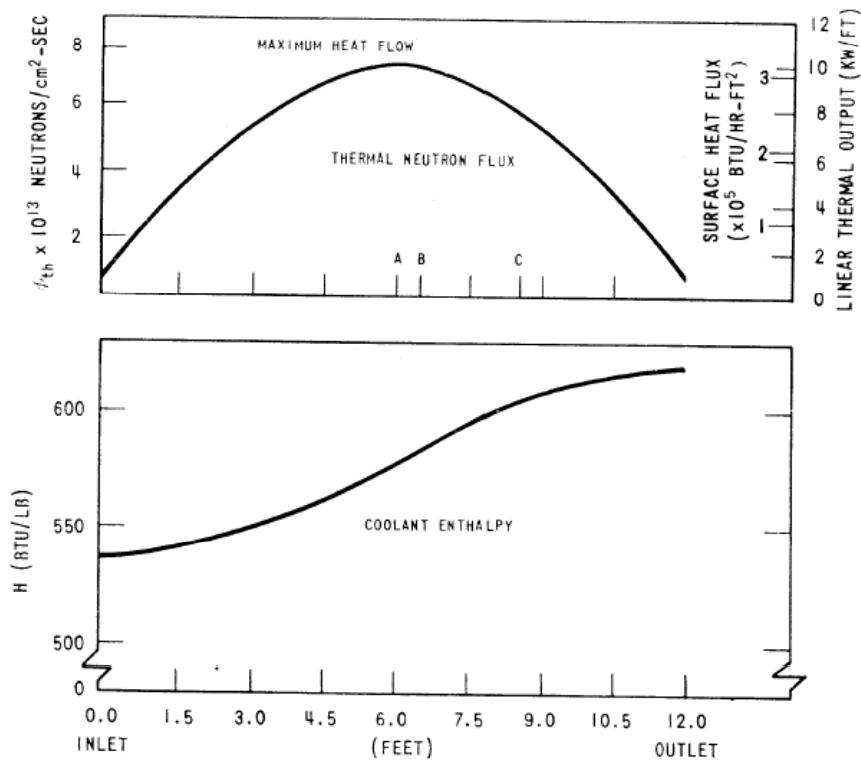
- Nuklearni reaktor je sustav projektiran da omogući kontroliranu samoodržavajuću nuklearnu reakciju fisije
- Parametar koji opisuje tijek odvijanja procesa naziva se multiplikacijski faktor k .
- Definiran je kao omjer srednjeg broja neutrona u dvije susjedne generacije neutrona (prije i poslije fisije)
- Da bi se nuklearna reakcija mogla nadzirati njegova vrijednost ne smije biti puno veća od 1
- Reaktor koji ima $k=1$ zovemo kritičnim reaktorom i on održava konstantan broj neutrona i snagu proizvedenu fisijom
- Ako je $k < 1$ broj neutrona i snaga reaktora će se s vremenom smanjivati i reaktor zovemo podkritičnim a ako je $k > 1$ broj neutrona u reaktoru i snaga reaktora će se povećavati i reaktor zovemo nadkritičnim
- Kako je k u praksi vrlo blizu 1 uvedena je veličina koja se naziva reaktivnost i definirana je kao $p = (k-1)/k$ i predstavlja relativno odstupanje reaktora od kritičnog stanja

22

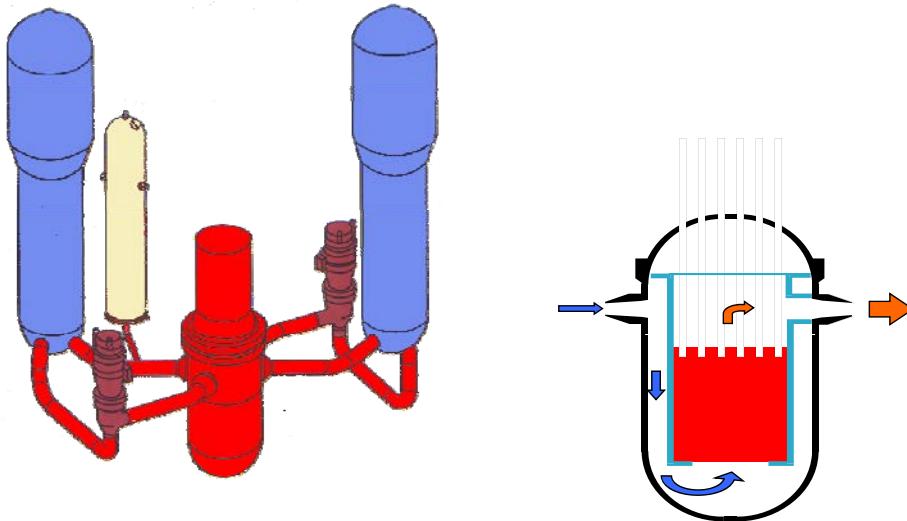


23

Axial Flux Distribution along a Coolant Channel



24



$$Q = \Delta T c_p G$$

Q - toplinska snaga jezgre (W)
 ΔT - porast temperature rashladnog sredstva prolaskom kroz jezgru (K),
 c_p - specifični toplinski kapacitet (J/kg.K)
 \dot{m} - maseni protok (kg/s)

$$Q = 2000 \text{ MW},$$

$$\Delta T = 40 \text{ K},$$

$$CP = 5,7 \text{ kJ/(kg.K)}$$

$$\dot{m} = 2E9/(40 \times 5,7E3) = 8772 \text{ kg/s}$$

25



Tehnički podaci

Elektrana

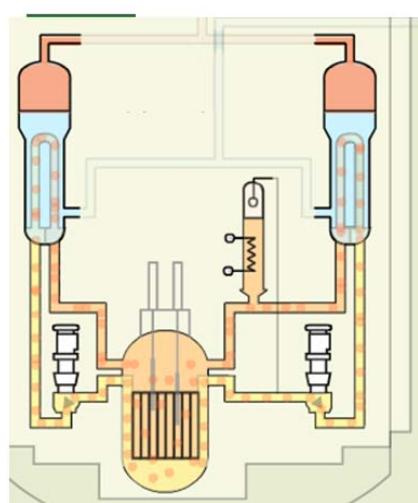
Tip reaktora:	Lakovodni tlačni reaktor
Toplinska snaga reaktora:	1994 MW
Električna snaga na sponama generatora:	727 MW
Snaga na pragu elektrane:	696 MW
Toplinsko iskorištenje:	35 %

Gorivo

Broj gorivnih elemenata:	121
Broj gorivnih šipki u gorivnom elementu:	235
Raspored gorivnih šipki:	16 x 16
Dužina gorivnih šipki:	3,658 m
Debljina košuljice:	0,572 mm
Materijal košuljice:	Zircaloy-4
Kemijski sastav goriva:	UO ₂
Promjer gorivne tablete:	8,192 mm
Dužina gorivne tablete:	13,46 mm
Ukupna količina urana:	48,7 t

Reaktorsko hlađilo

Tvar:	H ₂ O
Dodaci:	H ₃ BO ₃
Broj rashladnih petlji (ili krugova):	2
Ukupni protok mase:	9220 kg/s
Tisk:	15,41 MPa (157 ata)
Ukupna zapremina:	197 m ³
Temperatura na ulazu u reaktor:	287 °C
Temperatura na izlazu iz reaktora:	324 °C
Broj crpki:	2
Kapacitet crpke:	6,3 m ³ /s
Snaga motora crpke:	5,22 MW



Primarni krug



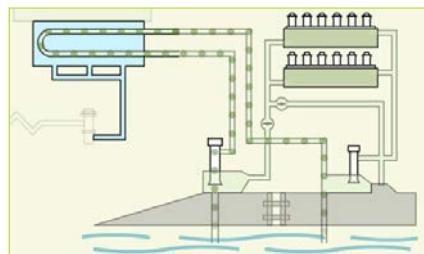
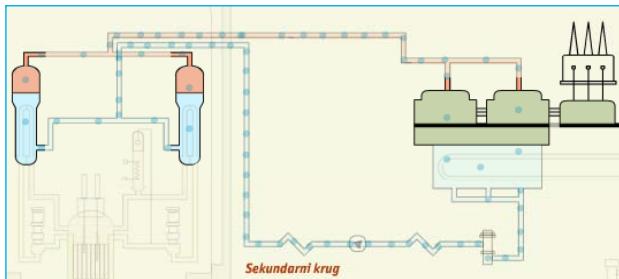
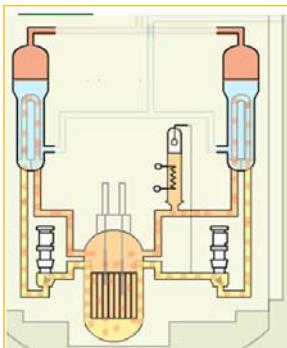
Nuklearna
Elektrarna
Krško

Parogenerator

Materijal:	INCONEL 690 TT
Broj parogeneratora:	2
Tlok pare na izlazu:	6,5 MPa (63,5 ata)
Temperatura pare na izlazu:	280,1 °C
Temperatura napojne vode na ulazu:	219,4 °C
Maseni protok pare iz obaju parogeneratora:	1090 kg/s
Visina parogeneratora:	20,6 m
Težina parogeneratora:	345 t
Broj U-cijevi u parogeneratoru:	5428
Ukupna površina prijenosa topline:	7177 m ²
Vanjski promjer U-cijevi:	19,05 mm
Debljina U-cijevi:	1,09 mm

Turboagregat

Maksimalna snaga:	727 MW
Protok pare:	1090 kg/s
Uzlazni tlak svježe pare:	6,2 MPa (63 ata)
Temperatura svježe pare:	275,5 °C
Brzina okretaja turbine:	157 rad/s (1500 vrt./min)
Vlažnost pare na ulazu:	0,46 %
Kondenzacijski tlak (vakuum):	5,1 kPa (0,052 atma)
Prosječna temperatura kondenzata:	33 °C
Broj glavnih napojnih crpki:	3
Kapacitet napojne crpke:	50 %
Nominalna snaga generatora:	813 MVA
Nominalni napon:	21 kV
Nominalna frekvencija generatora:	50 Hz
Nominalni cos φ:	0,85



27

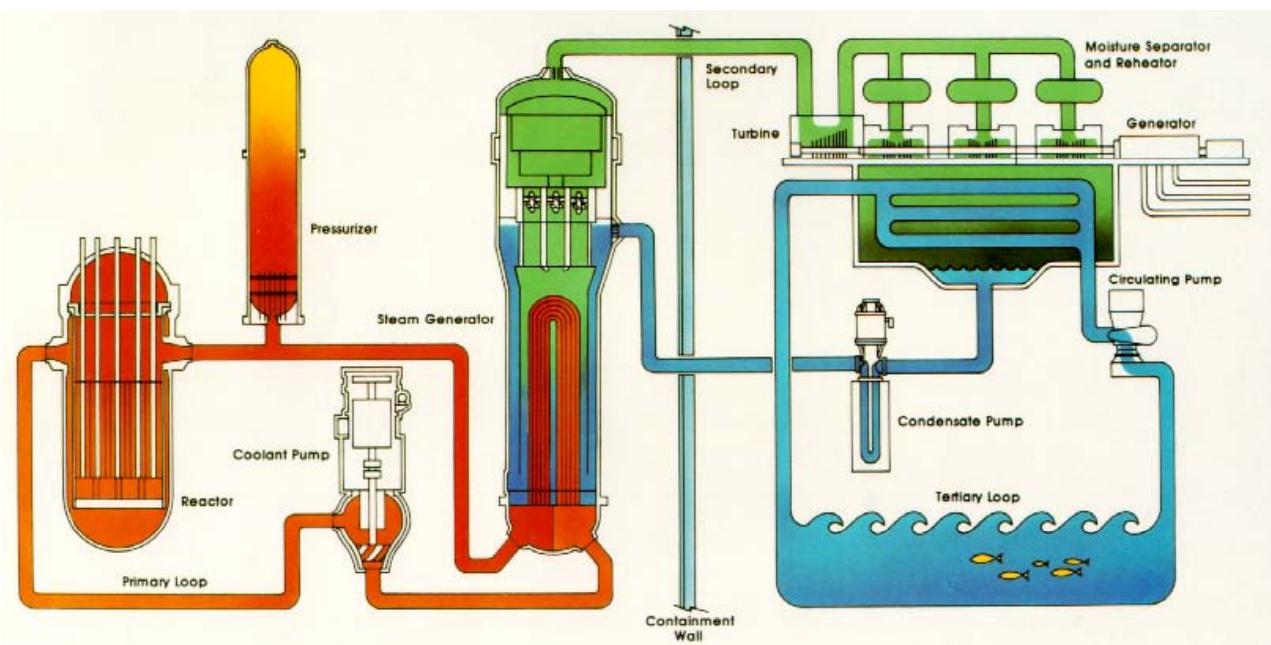
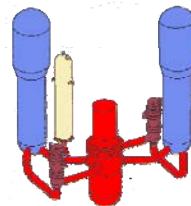
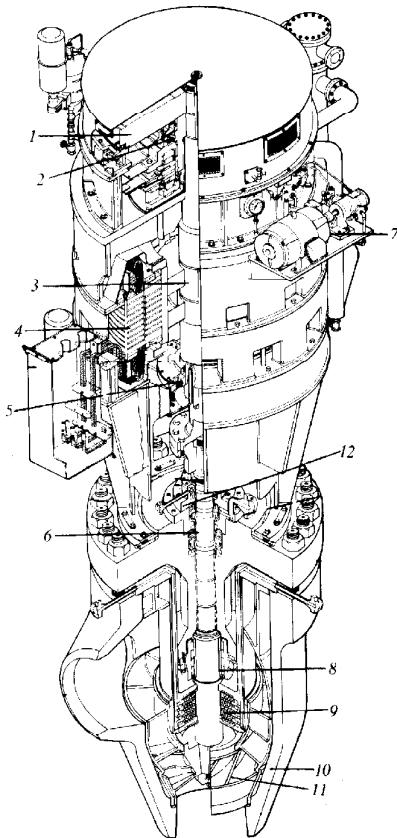


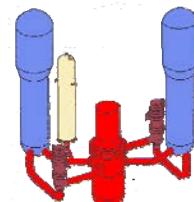
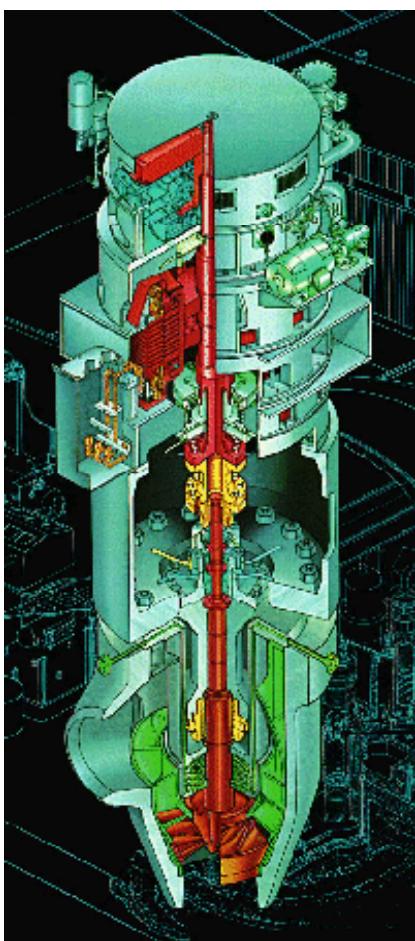
Figure 1.1
 Nuclear Steam Supply System
MB 3618A



Pumpa PWR-a:

- jednostupnjevita centrifugalna
- pogonjena asinkronim motorom
- snaga pogonskog motora 6 do 7 MW
- protok kroz pumpu oko 6,5 m³/s
- razlika tlaka fluida na pumpi 0,9 - 1 Mpa
- visina 8,5 m
- masa oko 100 tona

Slika 3.3.16. Pumpa rashladnog fluida reaktora: 1 – zamašnjak, 2 – gornji radijalni ležaj, 3 – osovina motora, 4 – stator motora, 5 – donji radijalni ležaj, 6 – osovina pumpe, 7 – pumpa za ulje, 8 – ležaj pumpe, 9 – hladnjak, 10 – kućište pumpe, 11 – rotor pumpe, 12 – brtve na osovini.



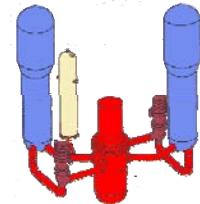
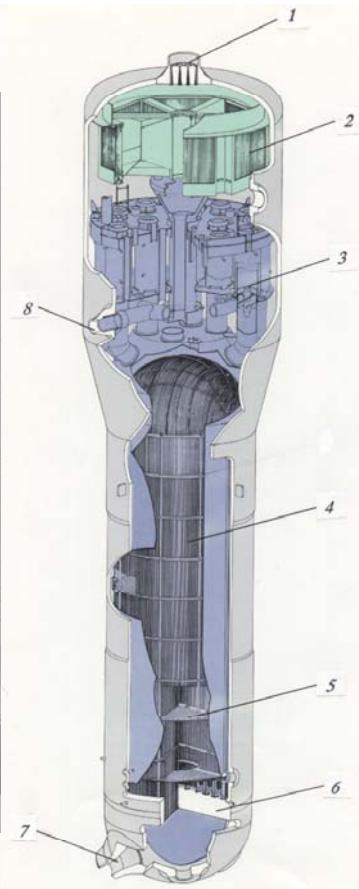
Specifičnosti pumpe PWR-a:

- minimizirati propuštanje rash. fluida kroz osovinu
(rashl.fl. radioaktivlan → kontamin. kontejnmenta)
- podmazivanje donjih ležajeva bez klasičnih maziva
(klasična maziva → kontaminacija rashladnog fluida)

brtvljjenje protutlakom, ubrizgava se nekonatminirana voda pod tlakom većim od nego u prim.kr.

donji ležaj pumpe od grafita,

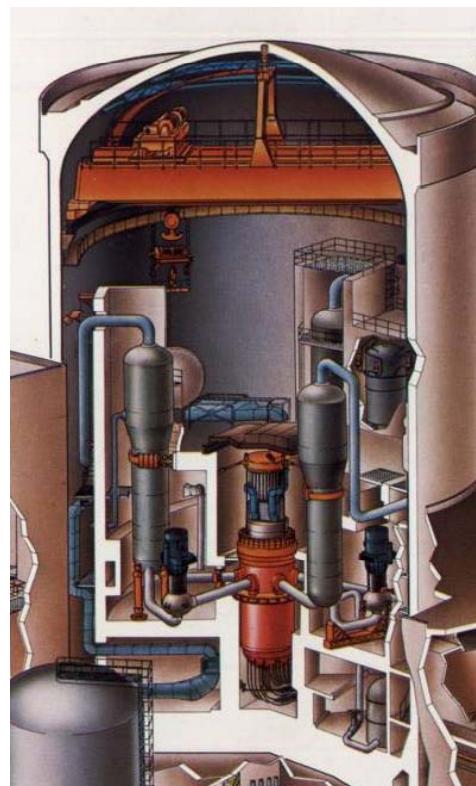
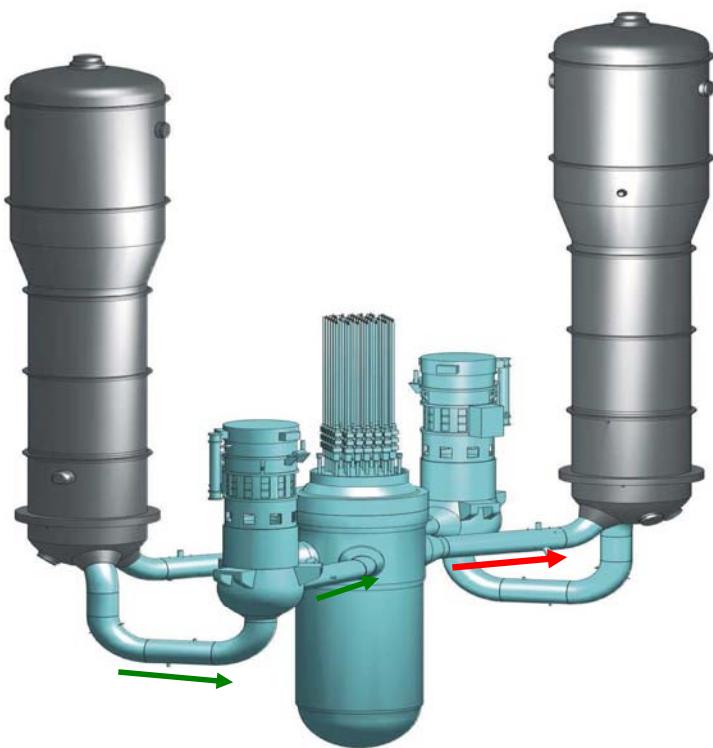
podmazivanje ubrizganom vodom



Parogenerator PWR-a:

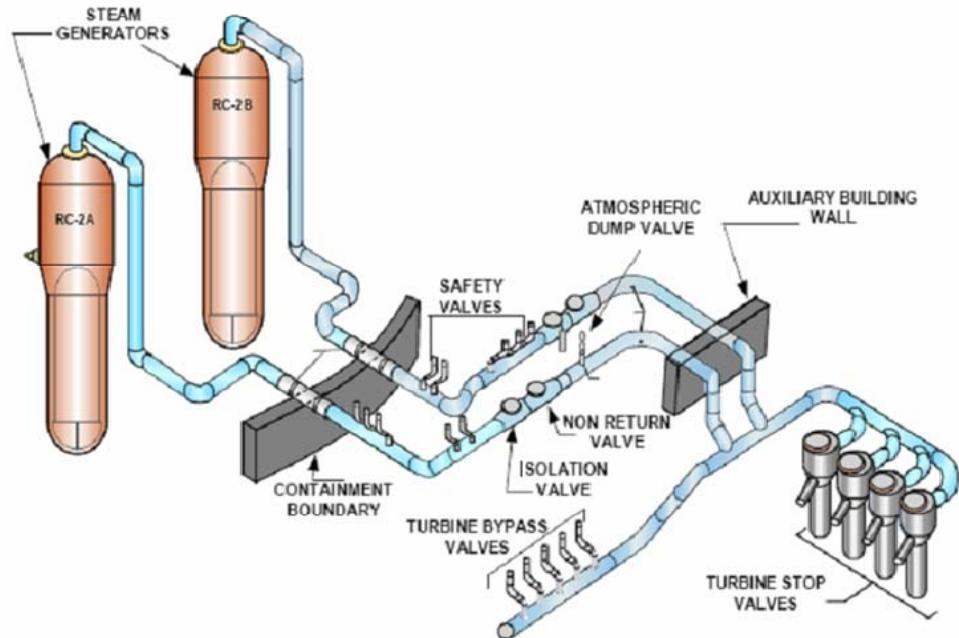
1. izlaz pare
2. sušionik pare
(promjena smjera protoka)
3. separator vlage
(rotacijsko kretanje, centrif.s.)
4. cijevni snop
5. potporna rešetka
6. cijevna stijenka
7. ulaz primarnog fluida
8. ulaz napojne vode

31

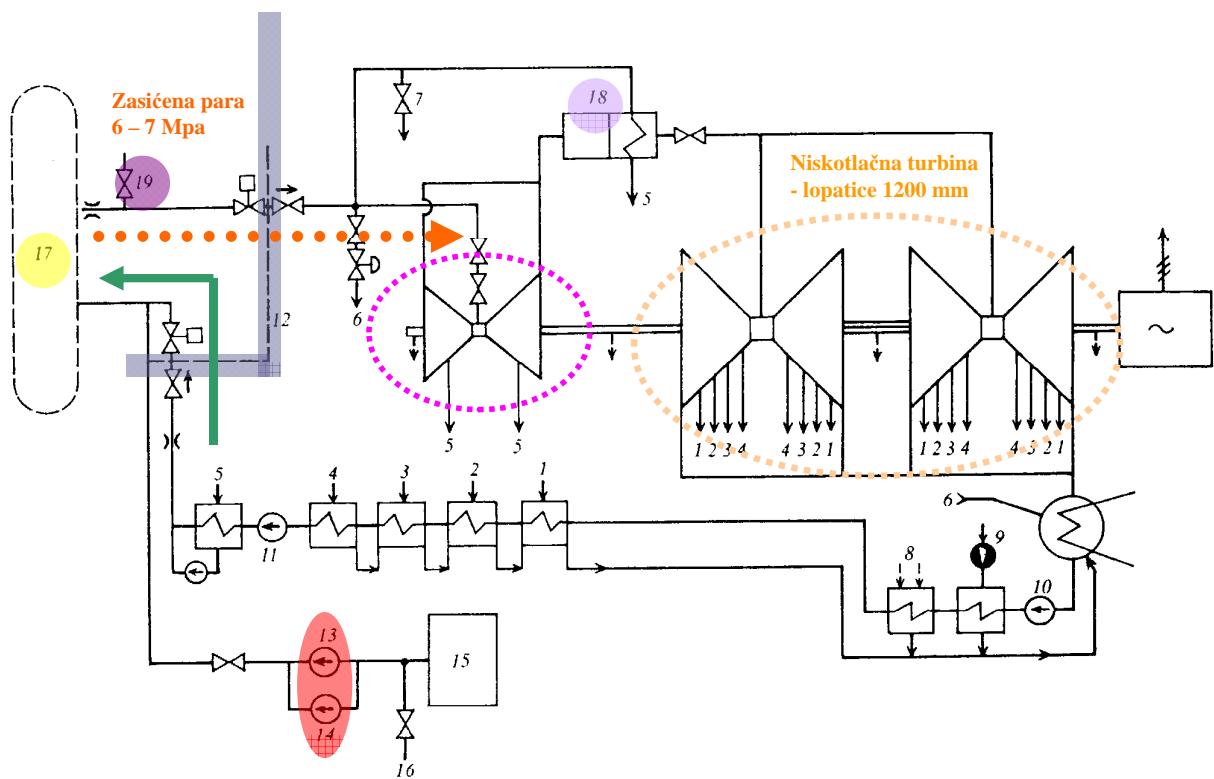


32

NSS System



33



Slika 3.5.1. Sekundarni krug nuklearne elektrane: 1, 2, 3, 4 – niskotlačni regenerativni zagrijivači napojne vode, 5 – visokotlačni regenerativni zagrijivači napojne vode, 6 – obilazni cjevovod (bajpas) svježe pare, 7 – napajanje parne turbine za pogon pumpe pomoćne napojne vode, 8 – kondenzator brtvene pare, 9 – kondenzator ejektora, 10 – pumpa kondenzata, 11 – glavna napojna pumpa, 12 – granica zaštitne posude, 13, 14 – pumpe za pomoćnu napojnu vodu na parni i električni pogon, 15 – spremnik kondenzata, 16 – izvor sirove vode, 17 – parogenerator, 18 – separator vlage i pregrijač pare, 19 – rasteretni i sigurnosni ventili.

Pomoći sustavi reaktora

U normalnom pogonu

- a) **RHR**
Sustav za odvođenje ostatne topline
- b) **CVCS**
Sustav za volumnu i kemijsku kontrolu
- c) **CC**
Sustav za hlađenje nuklearnih komponenti

U slučaju kvara

- a) **SI**
Sustav za sigurnosno ubrizgavanje vode
- b) **CS**
Sustav za tuširenje unutrašnjosti zaštitne posude
- c) **AFW**
Pomoći sustav napojne vode

Sustav za odvođenje ostatne topline Residual Heat Removal (RHR)

- Tijekom remonta postrojenja (izmjene goriva), kod otvorenoga primarnog rashladnog kruga, hlađenje reaktorske jezgre ovisi jedino o radu sustava za odvod ostatne topline
- RHR je priključen paralelno s glavnim rashladnim krugom. Voda za hlađenje se oduzima iza parogeneratora a vraća se ispred reaktora.
- Zbog velikog značenja za sigurnost, RHR sadrži po dvije identične pumpe i dva izmjenjivača topline koji se prespajanjem mogu međusobno zamjenjivati
- RHR se ne može uključiti u rad kod nominalnog tlaka sustava i zbog toga je od glavnoga rashladnog kruga odvojen dvostrukim izolacijskim ventilima

Pomoćni sustavi reaktora u akcidentalnim situacijama

a) SI

Sustav za sigurnosno ubrizgavanje vode

b) CS

Sustav za tuširenje unutrašnjosti zaštitne posude

c) AFW

Pomoćni sustav napojne vode

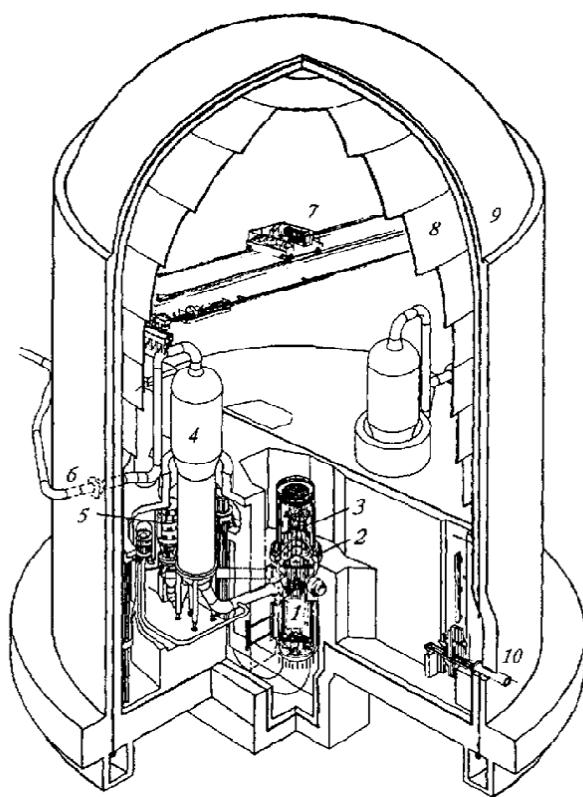
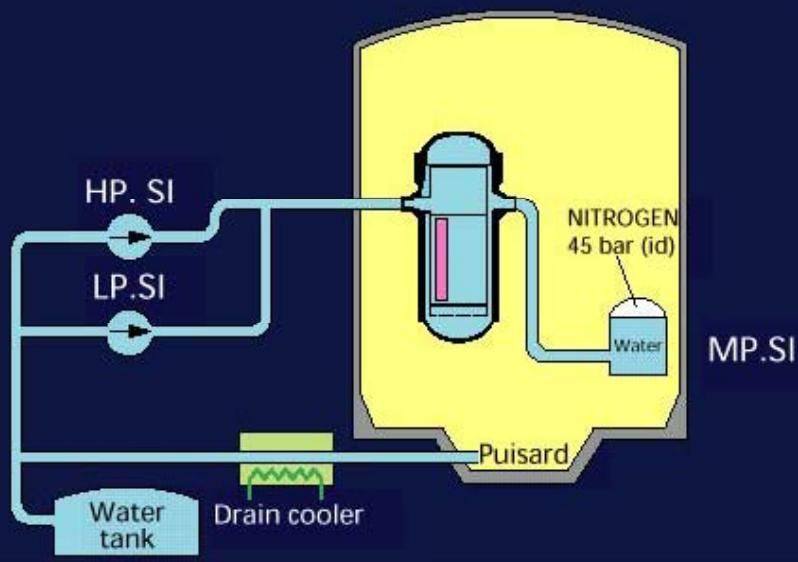
Sustav za zaštitno hlađenje reaktorske jezgre (ECCS)

- Osigurava dobavu borirane vode u reaktor, radi hlađenja jezgre nakon gubitka hermetičnosti primarnog kruga
- Pasivne komponente ECCS-a: spremnici s boriranom vodom, koji se aktiviraju kada tlak padne ispod 5MPa
- Aktivne komponente:
 - Na visokom tlaku: visotlačne pumpe CVCS-a
 - Na srednjem tlaku: SI
 - Na niskom tlaku: RHR

Pumpe za sve tri tlačne razine crpu vodu iz spremnika borirane vode i tlače je u primarni cjevovod ispred i iza reaktora

SAFETY INJECTION SYSTEM

(High pressure, medium pressure, low pressure)



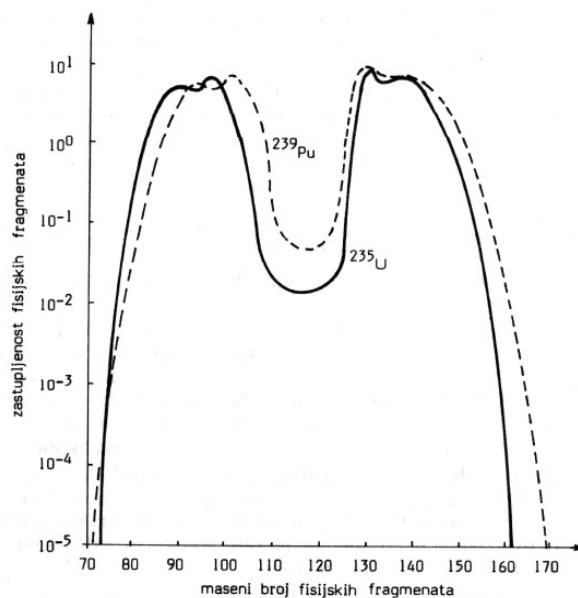
Slika 3.2.4. Smještaj komponenata primarnog kruga nuklearne elektrane s tlakovodnim reaktorom (PWR) u zaštitnoj posudi: 1 – jczgra reaktora, 2 – reaktorska posuda, 3 – pogoni mehanizama regulacijskih šipki, 4 – parogenerator, 5 – cirkulacijska pumpa, 6 – glavni parovod, 7 – polarni kran, 8 – čelična zaštitna posuda, 9 – armirano betonska zgrada, 10 – kanal za prolaz goriva.

Fisijski produkti

- plemeniti plinovi: Kr, Xe
- lako hlapljivi FP: I, Cs, Te ...
- srednje hlapljivi FP: Ba, La, Sr, Ru
...
- slabo hlapljivi FP: aktinidi, In, Cd
...

Akcidentalno ispuštanje FP:

1. "gap release": ispuštanje plinovitih FP iz zazora u slučaju pucanja košuljice
2. u slučaju topljenja goriva ispuštaju se preostali plinoviti FP i lako hlapljivi FP



41

➤ Radiaktivnost fisionih produkata

➤ Ostatna toplina

Tablica 5.24a. Opadanje aktivnosti reaktorske jezgre reaktora tipa PWR, snage 1 100 MW(e) tijekom 10 godina (prema WASH-1 250). Pretpostavljeno je da je reaktor prije zaustavljanja radi izmjene goriva radio punom snagom 293 dana, pri gustoći snage 37,5 MW/t. Reaktor sadrži 82 tone goriva, a svježe gorivo jest 3,3% obogaćeni uran.

Vrijeme nakon obustave rada reaktora dan	Ukupna aktivnost 10^{16} Bq	Toplinska snaga radioaktivnog raspada kW
0 (tren prekida rada)	63 820	225 000
1	15 650	17 400
5	8 550	9 720
15	4 920	5 600
30	3 563	4 060
60	2 464	2 350
120	1 517	1 740
210	925	1 100
365	562	659
1 097	192	204
3 653	79	67

42

Ostatna toplina

Generirana snaga
nakon obustave reaktora:

- ostatna toplina posljedica je radioaktivnog raspada fizijskih produkata

P_0 – snaga reaktora prije obustave

t_0 – vrijeme rada reaktora

t – vrijeme rada i obustave

(vremena su u danima)

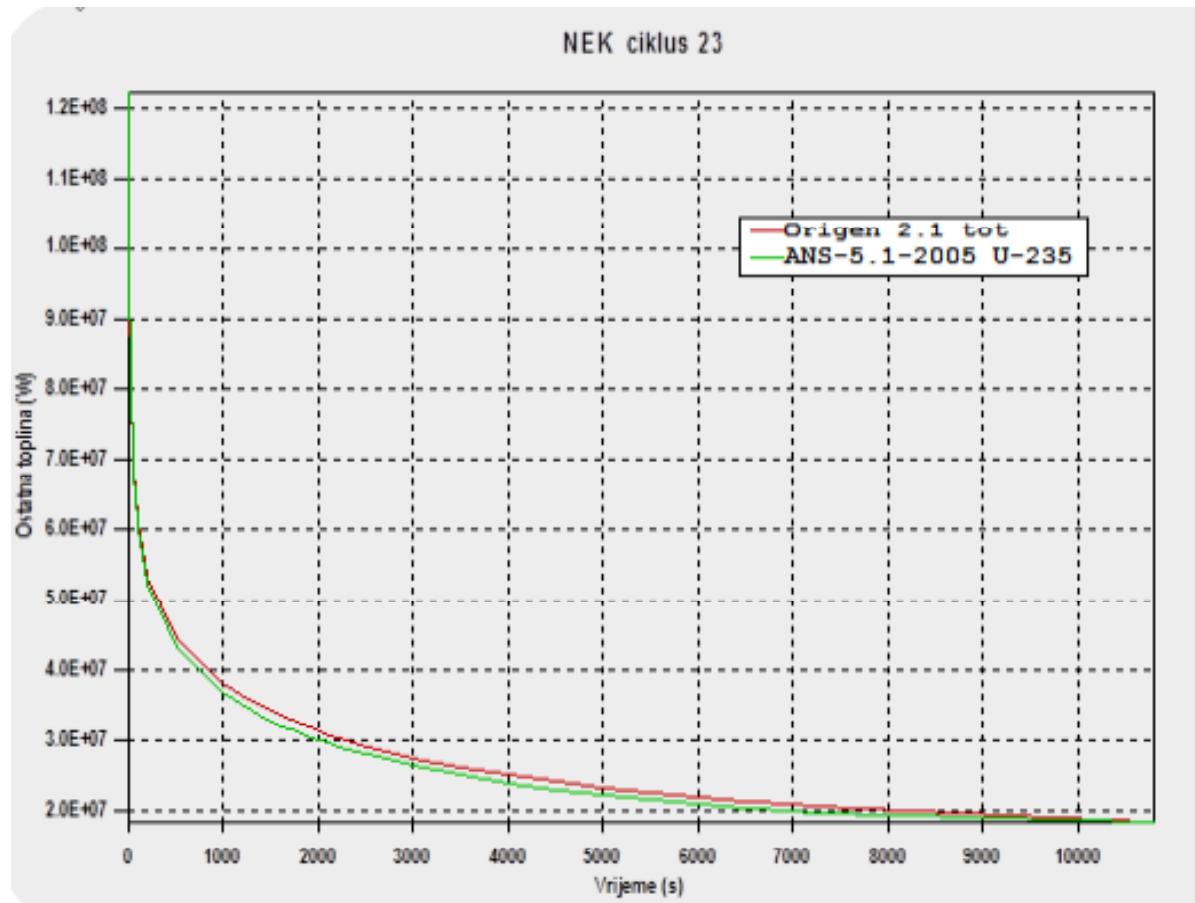
$$P = P_0 \cdot 0,0061 \cdot \left[(t - t_0)^{-0,2} - t^{-0,2} \right]$$

43

Ostatna toplina

- Fisijom nastaju nova jezgra – fizijski fragmenti
- Postoji stotinjak načina na koji se teška jezgra može cijepati
- Novonastala jezgra su beta i gama radioaktivna jer imaju višak neutrona obzirom na broj protona Z
- Približno 180 MeV energije se oslobodi neposredno pri fisiji a oko 20 je posljedica radioaktivnog raspada fizijskih produkata
- Brzina osobađanja te zakašnjele energije ovisi o konstantama radioaktivnog raspada
- Radioaktivnost fizijskih produkata i pripadajuća toplina osnovni su sigurnosni problem u reaktoru
- Zaustavljanjem lančane reaktivnosti ovaj izvor ne nestaje
- Neposredno nakon obustave ostatna toplina iznosi približno 6% nominalne snage na kojoj je reaktor radio
- Zbog velikog broja fizijskih produkata iznos ostatne topline uzimamo u obzir aproksimativnim relacijama

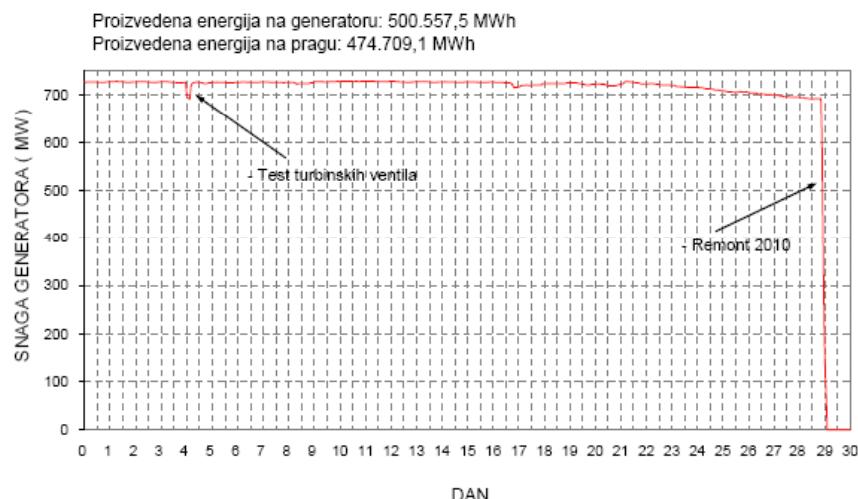
44



Sigurnost nuklearnih elektrana

- Zanemarive emisije u normalnom pogonu
- Konzervativan projekt s visokim stupnjem sigurnosti
- Visoki zahtjevi na kvalitetu materijala i ugradnju
- Da bi se postigao siguran pogon potrebno je:
 - *spriječiti nagle poraste snage*
 - *osigurati odvođenje ostatne topline*
 - *spriječiti ispuštanje radioaktivnog materijala*
 - *pospremiti na siguran način istrošeno gorivo*

IZVJEŠĆE O RADU NUKLEARNE ELEKTRANE KRŠKO ZA RUJAN 2010.



U rujnu se rijeka Sava zagrijavala zbog rada NEK prosječno za $1,3^{\circ}\text{C}$ a najviše za $2,7^{\circ}\text{C}$ od dozvoljena 3°C .

Udio najveće ukupne dopustive godišnje radioaktivnosti u tekućim ispuštanjima u rujnu je bio 6,81 % a za ostale dopustive radionuklide 0,00163 %.

Cjelogodišnji utjecaj na stanovništvo zbog ispuštanja radioaktivnih tvari ograničen je ljetnom dozom od $50 \mu\text{Sv}$ za pojedinca iz kritične skupine stanovništva. Ocijenjen utjecaj je u rujnu iznosio 0,13 % od dopustive doze na rastojanju 500 m.

U tom su mjesecu uskladištena 8 paketa ($1,664 \text{ m}^3$) nisko i srednje radioaktivnog otpada.

Vlasništvo, upravljanje



50 %

50 %



Nadležnost za sigurnost



Ministrstvo za okolje in prostor
Uprava Republike Slovenije za jedrsko varnost

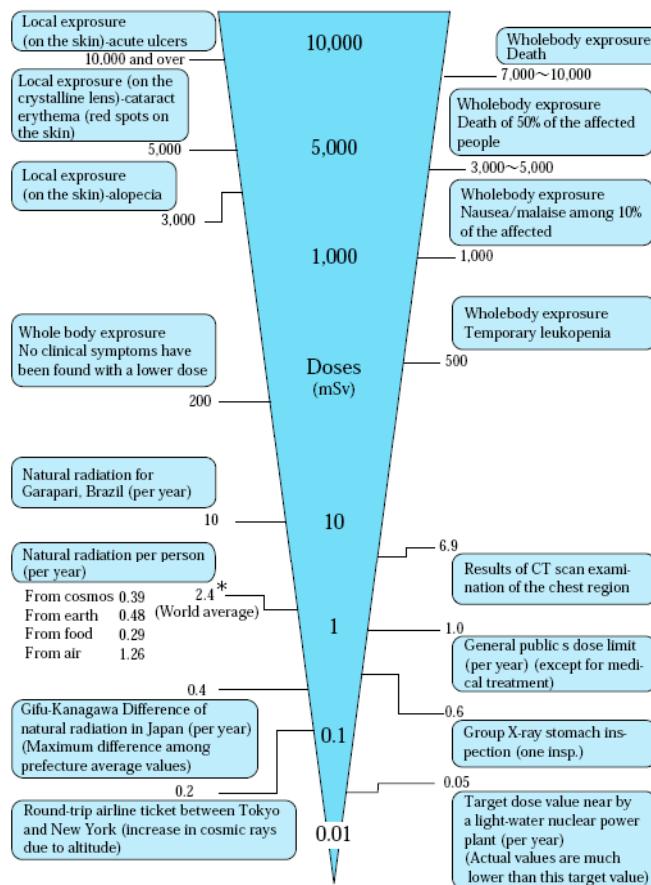
Units of Radioactivity and Radiation

(Conversion Table for International new unit system, SI, and former units)

	New units	Definition	Former units	Conversion formula
Unit of radioactivity: capability to give off radiation	Becquerel, Bq	Radioactive material in which one atom decays per second.	Curie, Ci	$1\text{Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{Bq}$
Absorbed dose: Quantity in which radiation absorbed	Gray, Gy	Radiation dose when one joule of energy is absorbed per each 1 kg	Roentgen absorbed dose, rad	$1\text{rad} = 0.01\text{Gy}$
Dose equivalent: influence degree of radiation received by people	Sievert, Sv	Unit of gray multiplied by the relative biological effectiveness.	Roentgen equivalent man, rem	$1\text{rem} = 0.01\text{Sv}$

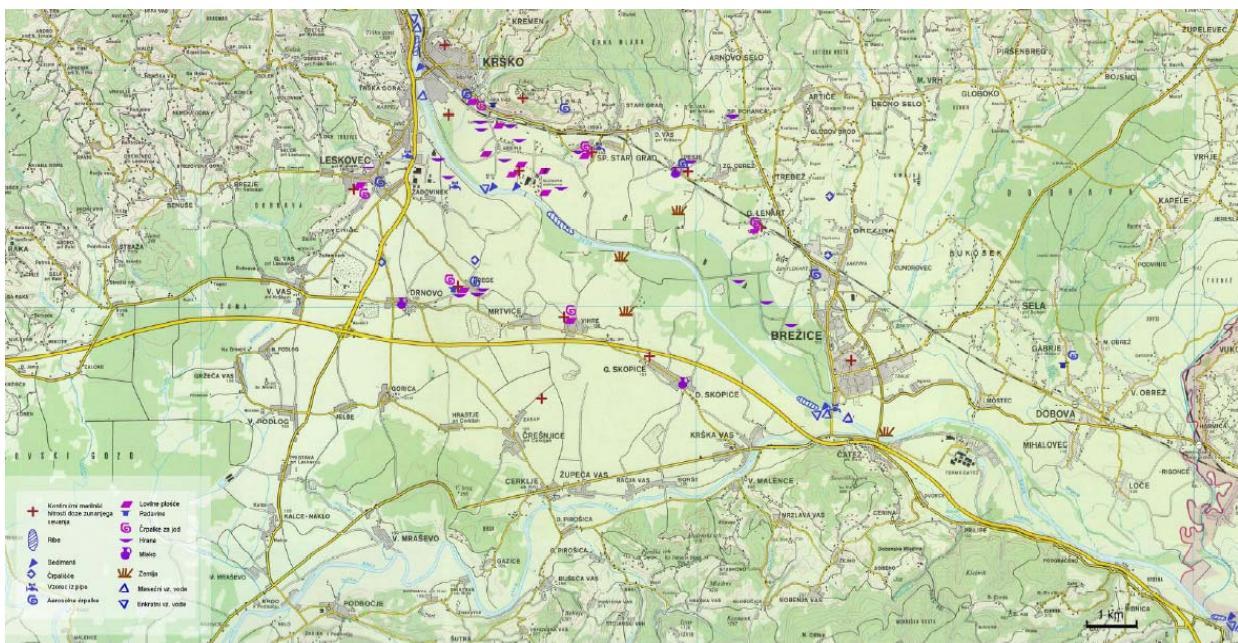
49

<Reference> Radiation Doses and Their Physical Effects



50

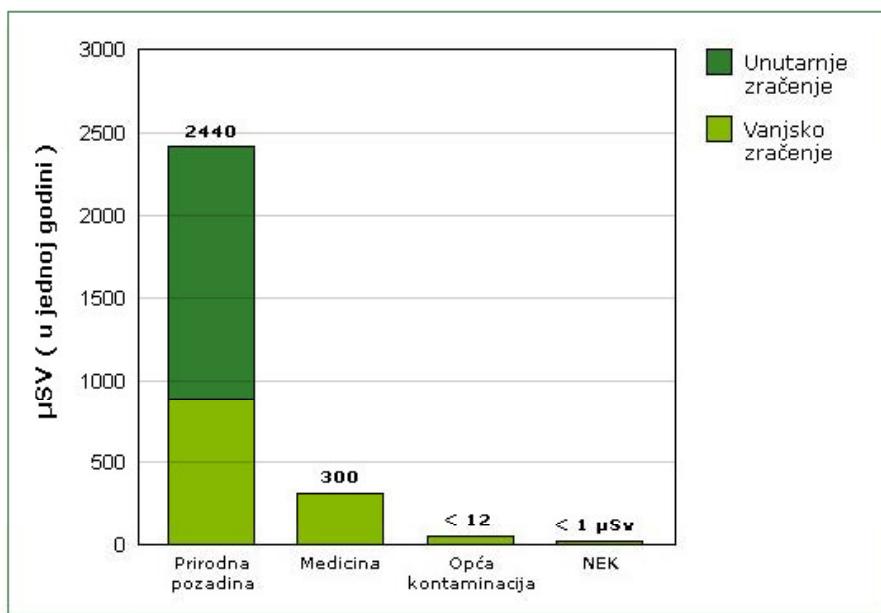
Mjerenja emisija i radioaktivnosti područje oko NE Krško



- postavljeno je 13 automatskih postaja za mjerenje zračenja
- u okolini elektrane postavljeno je više od 60 dozimetara
- laboratorijska mjerenja uzorka savske vode i mjerenja uzorka sedimenata i riba

51

Usporedba procijenjenih doza kod stanovništva i kritične skupine

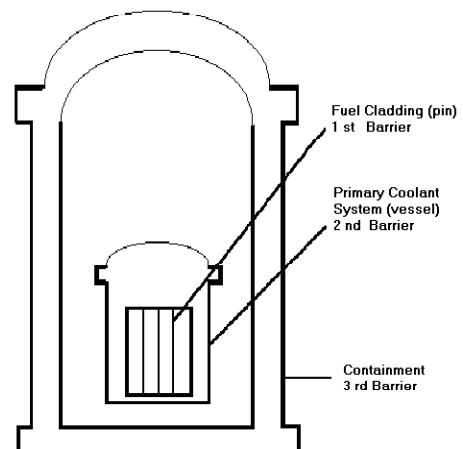
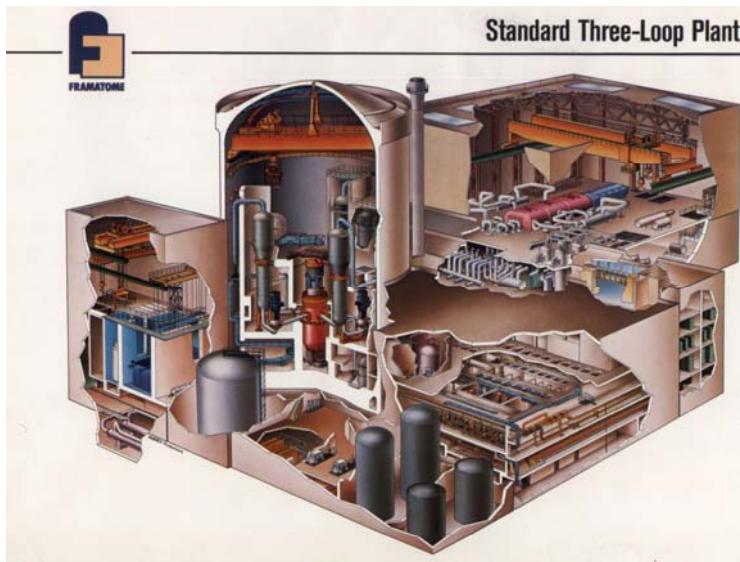


Radioaktivni elementi u uzorcima koji su karakteristični za efluente iz NEK-a u većini su slučajeva ispod donje granice detekcije. Efektivna je doza na pojedinca iz skupine okolnoga stanovništva, koje je može biti najviše izloženo utjecaju NEK-a, ispod 1 mikroSv, što je manje od 0,1 posto doze koja je posljedica zračenja prirodnih i umjetnih izvora.

52

Sigurnosni koncept

Obrana po dubini



53

Obrana po dubini

- Osnova filozofije projektiranja nuklearne elektrane sa stajališta sigurnosti je tzv. obrana po dubini
- Obrana po dubini prepostavlja postojanje višestrukih barijera za širenje radioaktivnosti i sigurnosnih sustava koji osiguravaju njihovu nepropusnost
- Barijere u smislu zaštite okoliša djeluju serijski, jedna nakon druge
- Izgubljenu funkciju jednog sustava važnog za sigurnost automatski preuzima drugi
- Bitni sustavi su ili udvojeni ili višestruki
- Sustavi mogu biti aktivni ili pasivni (kako dobivaju energiju potrebnu za izvršavanje sigurnosne funkcije)
- Barijere možemo razmatrati kao stvarne fizičke barijere ugrađene u nuklearnu elektranu i kao fizičke i administrativne mjere koje se poduzimaju u nuklearnoj elektrani za zaštitu tih barijera

54

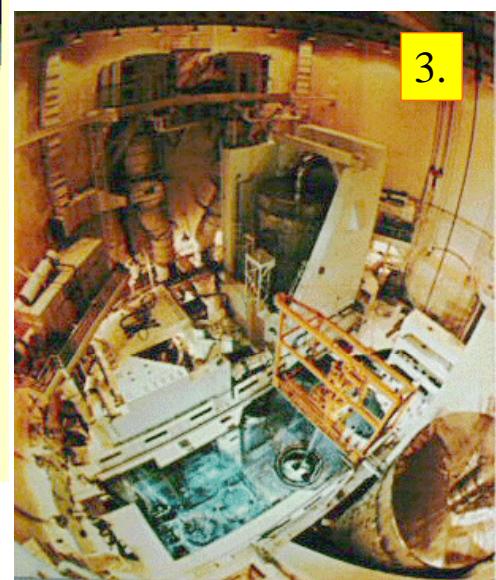
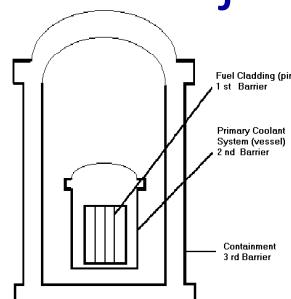
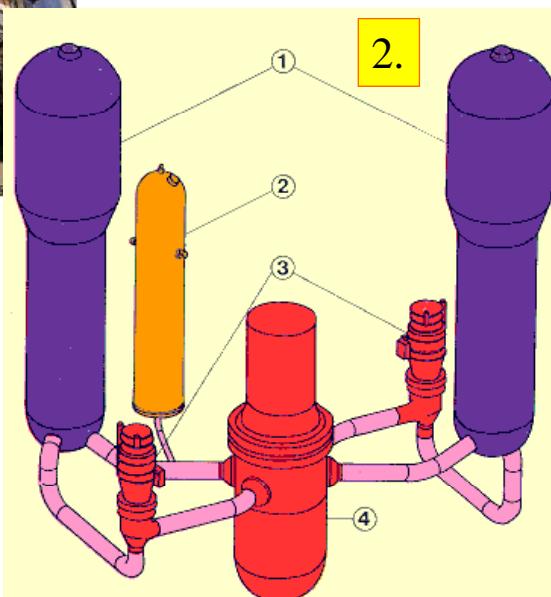
Obrana po dubini

- Fizičke barijere su:
 - matrica nuklearnog goriva
 - obloga gorivnog elementa
 - primarni rashladni krug
 - zaštitna posuda (kontejnment)
- Tehnički sustavi koji osiguravaju funkciju fizičkih barijera:
 - sustav za zaštitno hlađenje jezgre reaktora (štiti gorivne elemente od pregrijanja)
 - sustav za ograničavanje porasta tlaka u kontejnменту (štiti zaštitnu posudu od previsokog tlaka i temperature)

55



Obrana po dubini, fizičke barijere

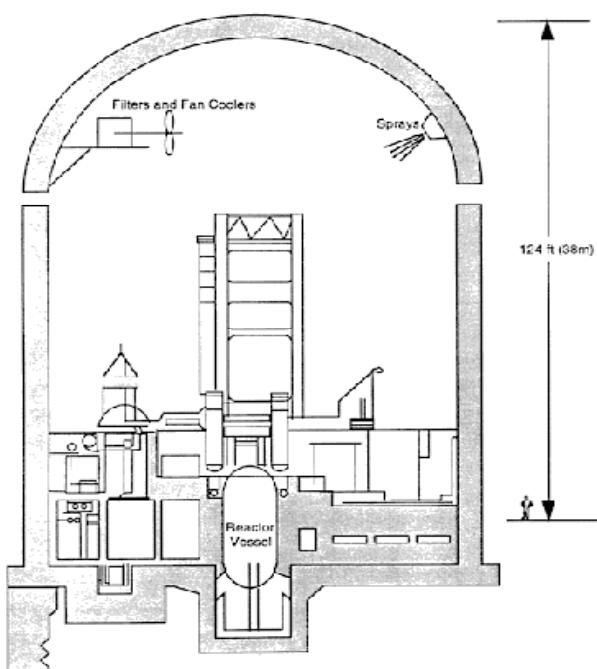


Principi projektiranja sigurnosnih sustava

- Jednostruki otkaz
- Redundantnost
- Diverzitet
- Neovisnost sustava
- Fizička separacija
- Provjera stanja sustava
- Aktivna i pasivna sigurnost

57

Zaštitna zgrada

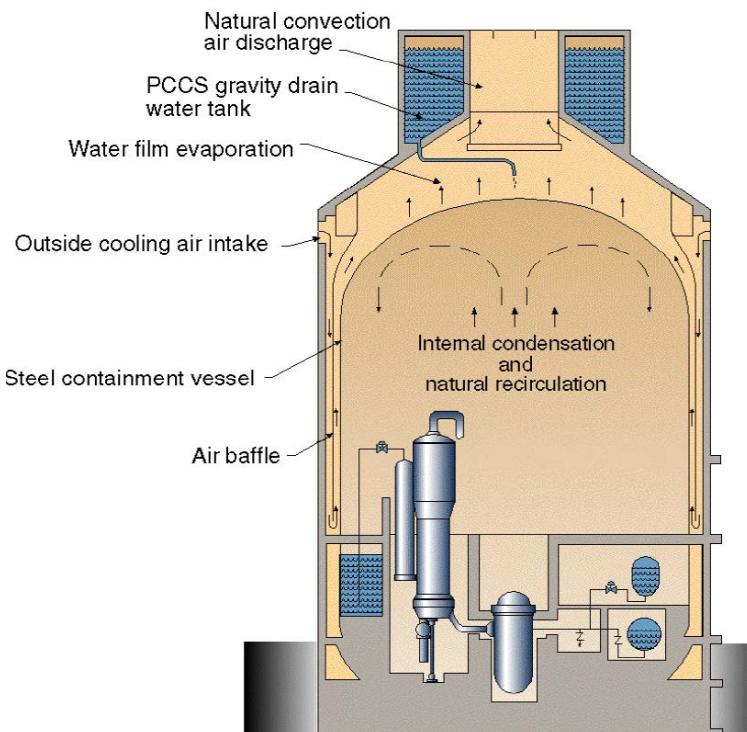


- Jednostruki ili dvostruki
- $P = 0,3 - 0,5 \text{ MPa}$
- $V = 70.000 - 95.000 \text{ m}^3$
- Akcident - porast tlaka
- Redukcija tlaka
- Tuširanje (sprejevi)
- Recirkulacija (filteri)
- Kondenzacija

58

Pasivni sigurnosni sustavi

Primjer AP1000



59

Analize sigurnosti elektrane

- Cilj je demonstrirati da NE može biti u pogonu bez nepotrebnog rizika za zdravlje ljudi i sigurnost
- Aplikacija za pogonsku dozvolu uključuje dokumentirano stanje sigurnosti elektrane - sigurnosni izvještaj elektrane (Final Safety Analysis Report - FSAR)
- Sigurnosni izvještaj mora sadržavati analizu projekta i pogonskih svojstava elektrane da se pokaže postojanje sigurnosnih margini za sve relevantne sigurnosne limite za vrijeme normalnog pogona, tranzijenata i projektnih akcidenata za cijelo vrijeme života elektrane

60

Ocjene sigurnosti

- Auto industrija

Car crash test

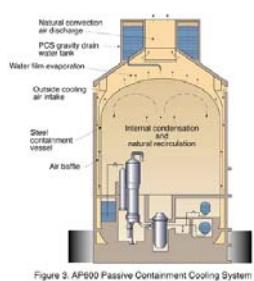


61

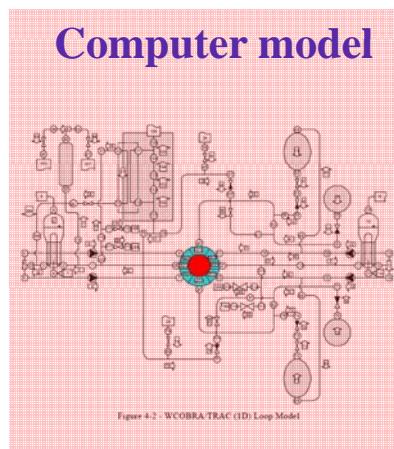
Ocjene sigurnosti

- Nuklearna industrija

Anticipated Operational Occurrences
Design Basis Accidents
Beyond Design Basis Accidents
Severe Accidents



Računarski programi za analize sigurnosti su matematičko-fizikalni modeli reaktora i sustava što omogućava simulacije rada nuklearne elektrane



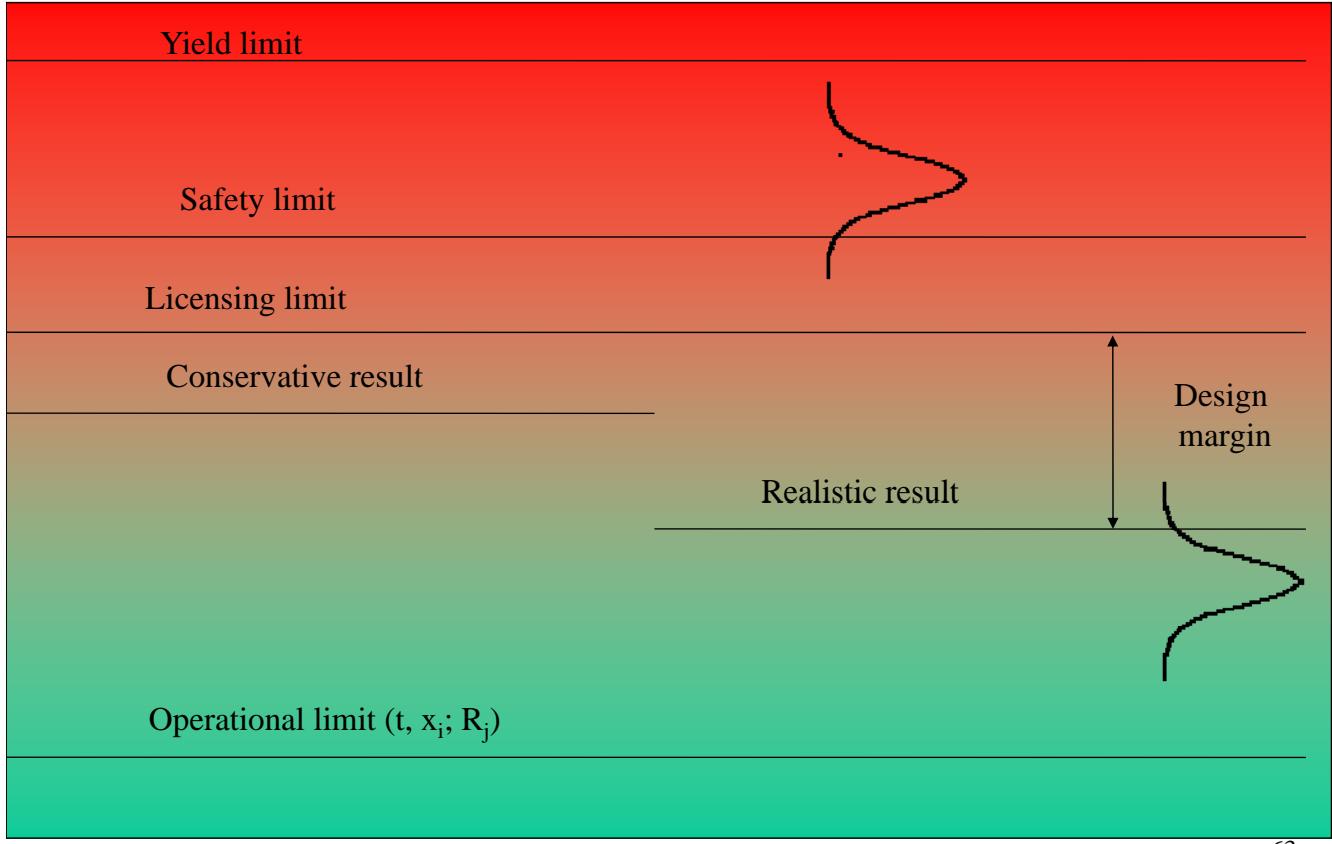
Računarski programi:
RELAP5
TRAC
CATHARE
ATHLET

Uzaci podaci o postrojenju

Eksperimentalna postrojenja

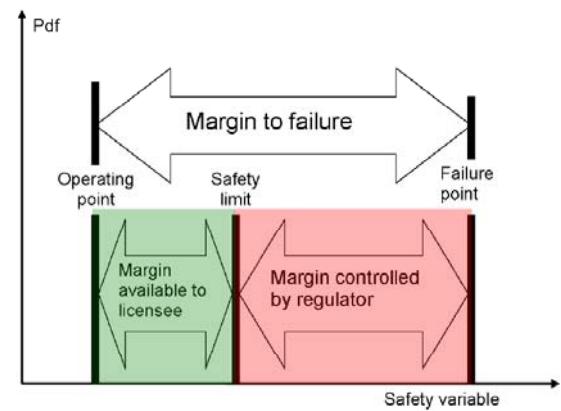
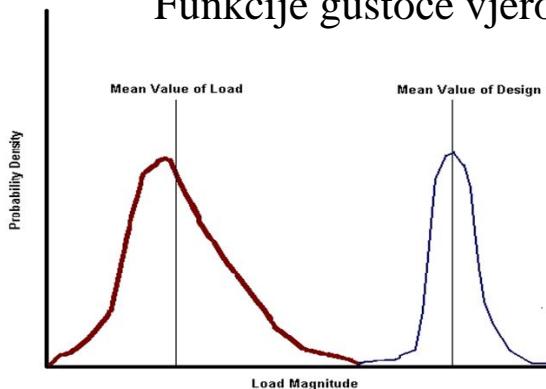
62

Sigurnosna granica



63

Funkcije gustoće vjerojatnosti



64

Događaji od značaja za sigurnost

- Svrha evaluiranja širokog spektra događaja u sigurnosnim analizama je da se ocjene sva pogonska stanja elektrane i da se demonstrira suglasnost s regulatornim zahtjevima i uvjetima navedenim u pogonskoj dozvoli
- Da se osigura sustavan pristup koristi se kategorizacija događaja po frekvenciji pojavljivanja, težini posljedica i prirodi poremećaja

65

FARMER RISK MODEL

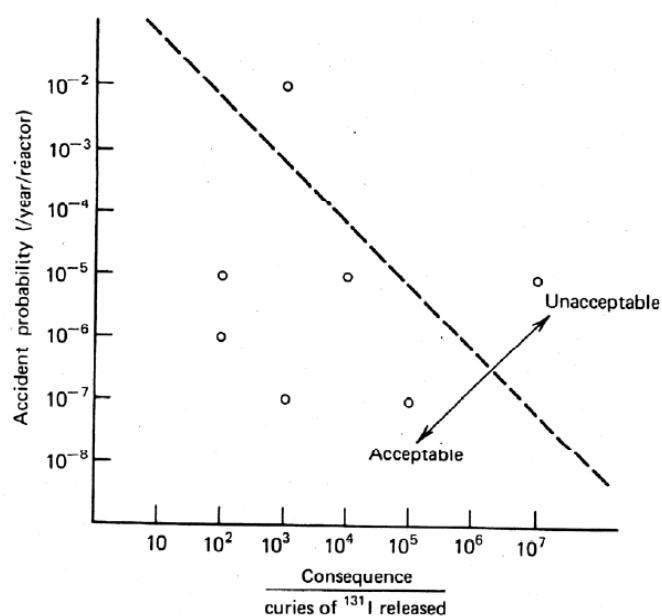
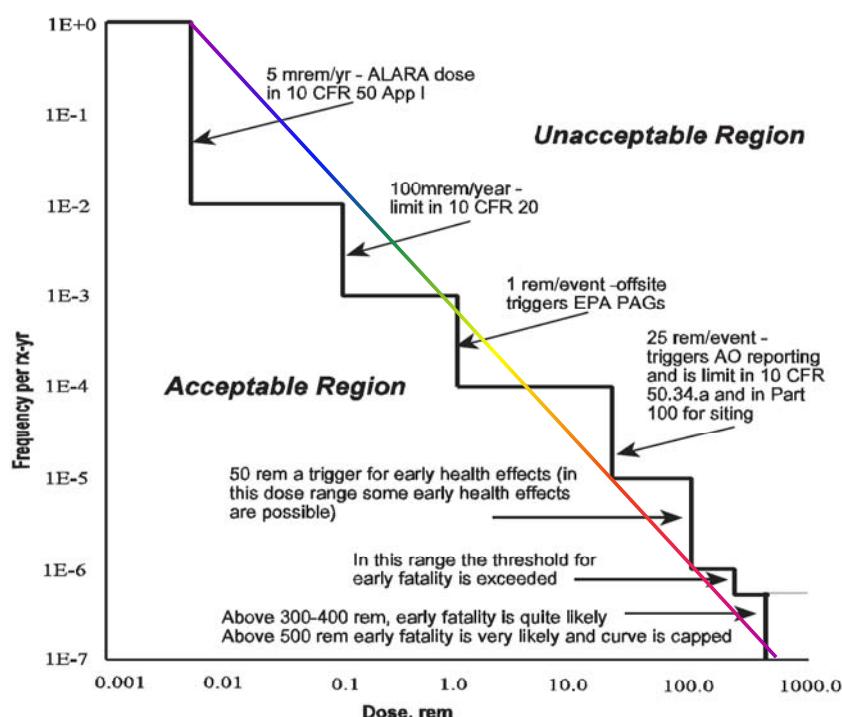


FIGURE 2-4 Accident consequences as a release of curies of ^{131}I at ground level versus accident probability occurrences. Adapted from F. R. Farmer, "Reactor Safety and Siting: A Proposed Risk Criterion," *Nucl. Saf.*, **8**, 539–548 (1967).

Frequency-Consequence Curve

(NUREG-1860)



Tablica 9.2.1. Rezultati proračuna vjerojatnosti oštećenja jezgre NE Krško prije i poslije promjene parogeneratora i drugih tehničkih poboljšanja

Prepostavljeni inicijalni događaji	Prije tehničkih poboljšanja (stanje 1998. god.)		Poslije tehničkih poboljšanja (stanje 2000. god.)	
	Vjerojatnost oštećenja jezgre po godini pogona	Doprinos vjerojatnosti oštećenja jezgre %	Vjerojatnost oštećenja jezgre po godini pogona	Doprinos vjerojatnosti oštećenja jezgre %
Interni događaji	$5,34 \cdot 10^{-5}$	24,3	$4,2 \cdot 10^{-5}$	32,8
Poplava*	$4,55 \cdot 10^{-6}$	2,1	$4,53 \cdot 10^{-6}$	3,5
Potres	$5,68 \cdot 10^{-5}$	25,8	$5,67 \cdot 10^{-5}$	44,2
Požar*	$9,29 \cdot 10^{-5}$	42,2	$1,25 \cdot 10^{-5}$	9,8
Ostali eksterni događaji	$1,26 \cdot 10^{-5}$	5,5	$1,26 \cdot 10^{-5}$	9,8
Ukupno	$2,2 \cdot 10^{-4}$	100	$1,28 \cdot 10^{-4}$	100

*Poplava i požar su unutarnji i vanjski događaji

Elektrane i okoliš.

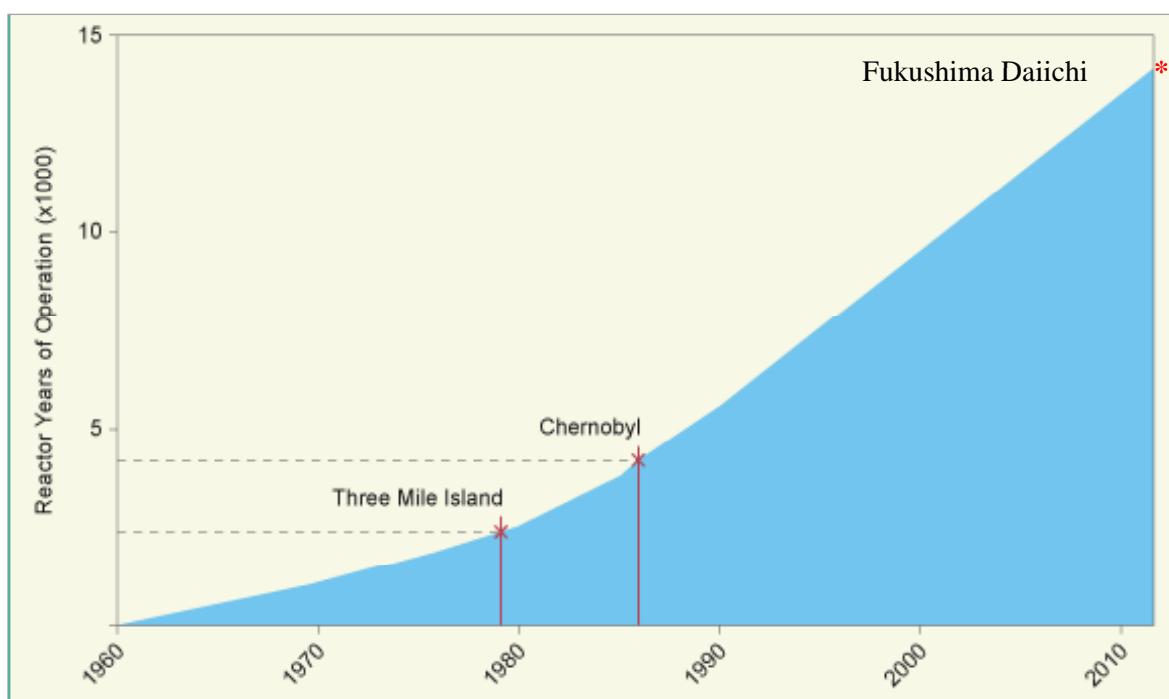
Očekivani godišnji broj ranih smrtnih slučajeva i bolesti
15 milijuna stanovnika koji žive na 30 km
od lokacija američkih nuklearnih elektrana :

Vrsta akcidenta	Rani smrtni slučajevi	Povrede
Automobilske nesreće	4 200	375 000
Padovi	1 500	75 000
Požari	560	22 000
Udari struje	90	?
Udari gromova	8	?
Pogon stotine nuklearnih reaktora	0,3	6

Elektrane i okoliš: Tablica 9.3.1.1

69

Cumulative Reactor Years of Operation



70

Nesreća u TMI-2

March 28, 1979, 4:00 am local time

	K R I T E R I J I		
	Utjecaj na okoliš	Utjecaj na lokaciju	Starije sigurnosnih barjera
7 Velika nesreća	Veliko ispuštanje, utrošak na zdravlje ljudi i okoliš na velikom području		
6 Ostvrlina nesreća	Značajno ispuštanje, primjena svih planiranih zaštitenih mjeri		
5 Nesreća s utjecajima na okoliš	Ograničeno ispuštanje, primjena određenih planiranih zaštitenih mjeri	Veliko oštećenje jezgre ili radioaktivnih barjera	
4 Nesreća bez značajnih utjecaja na okoliš	Manje ispuštanje, ozračenja reda veličine najvećeg dozvoljenog	Značajno oštećenje jezgre ili radioaktivnih barjera, smrtonosna ozračenja	
3 Ozbiljna nesreća	Veoma malo ispuštanje, ozračenja manje od najvećeg dozvoljenog	Značajna kontaminacija, ozračenja s akutnim učinkom	Sve sigurnosne barjere narušene
2 Nezgoda		Značajna kontaminacija, prekoračenje ozračenja	Nepravilnosti u radu sigurnosnog sustava
1 Nepopravnost			Odsutanje od normalnog rada postrojenja
0 Devijacija	Zanemarivo utjecaj na sigurnost		
Dogadjaj izvan ljestvice	Bez utjecaja na sigurnost		



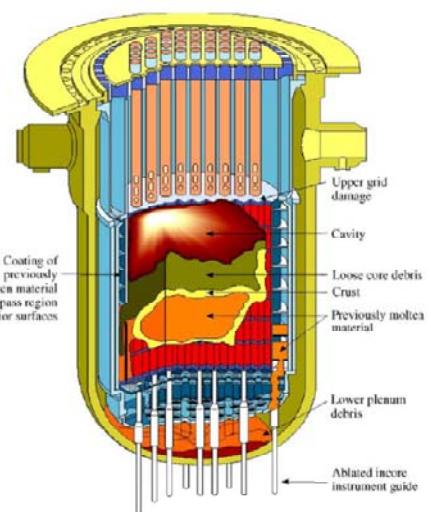
71

Nesreća u NE Otok tri milje TMI-2

Sekvenca događaja

1. Kvar sustava za demineralizaciju pojne vode parogeneratora
2. Ispad pumpi pojne vode
3. Ventil sustava pomoćne pojne vode ostao zatvoren što operateri nisu primijetili
4. Gubitak vode na sekundarnoj strani parogeneratora
5. Pregrijavanje primarnog kruga, porast tlaka, obustava reaktora
6. Otvaranje rasteretnih ventila tlačnika – ostali otvoreni!
7. Primarna voda se gubi, tlak pada, isparavanje vode
8. Operateri zaustavljaju primarne pumpe radi zaštite pumpi
9. Formiranje parnog mjehura u jezgri koji blokira protok vode kroz reaktor i potiskuje vodu u tlačnik
10. Operateri zaustavljaju rad pumpi sustava za zaštitno hlađenje jezgre
11. Pregrijavanje jezgre

➤ oštećenje jezgre



72

INES

(The International Nuclear Event Scale)

	K R I T E R I J I		
	Utjecaji na okoliš	Utjecaji na lokaciju	Stanje sigurnosnih barijera
7 Velika nesreća	Veliko ispuštanje, učinci na zdravje ljudi i okoliš na velikom području		
6 Ozbiljna nesreća	Značajno ispuštanje, primjena svih planiranih zaštitnih mjeru		
5 Nesreća s utjecajima na okoliš	Ograničeno ispuštanje, primjena određenih planiranih zaštitnih mjeru	Veliko oštećenje jezgre ili radioloških barijera	
4 Nesreća bez značajnih utjecaja na okoliš	Manje ispuštanje, ozračenja reda veličine najvećeg dozvoljenog	Značajno oštećenje jezgre ili radioloških barijera, smrtonosna ozračenja	
3 Ozbiljna nezgoda	Veoma malo ispuštanje, ozračenja manja od najvećeg dozvoljenog	Značajna kontaminacija, ozračenja s akutnim učincima	Sve sigurnosne barijere narušene
2 Nezgoda		Značajna kontaminacija, prekomjerna ozračenja	Nepravilnosti u radu sigurnosnih sustava
1 Nepravilnost			Odstupanja od normalnog rada postrojenja
0 Devijacija	Z a n e m a r j u t j e c a j n a s i g u r n o s t		
Dogadjaj izvan ljestvice	B e z u t j e c a j a n a s i g u r n o s t		

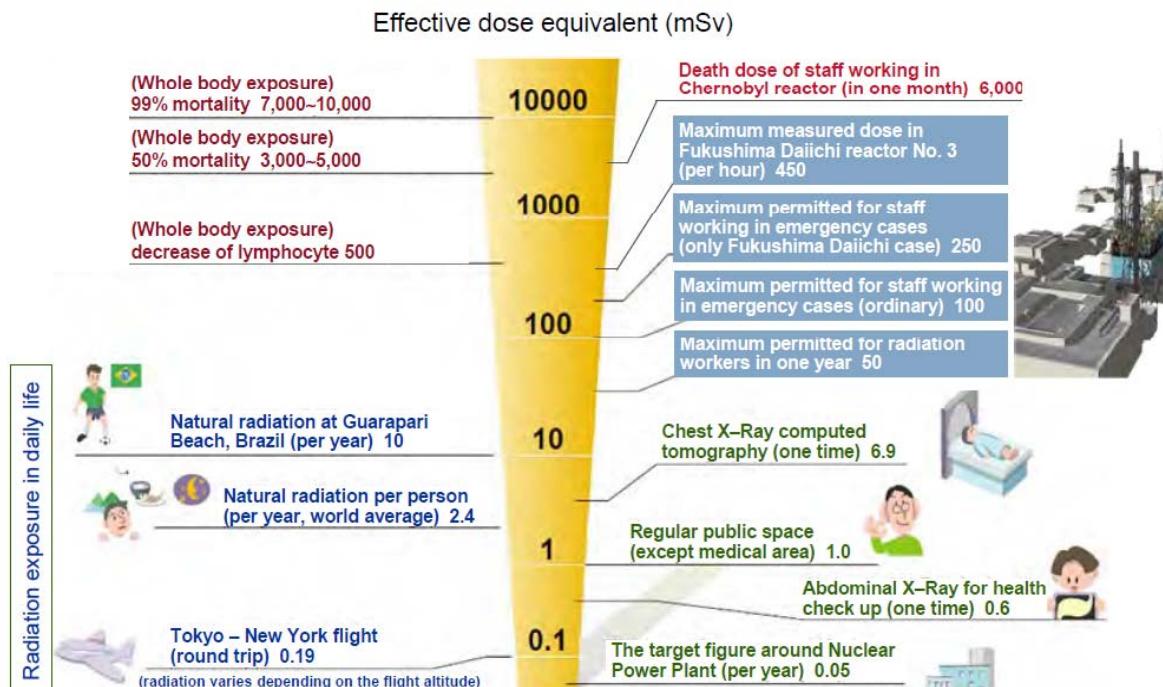
Chernobyl-4 – 1986. – INES 7
Fukushima Daiichi - 2011- INES 7

73

Difference Between Chernobyl and Fukushima ①

	Chernobyl	Fukushima Dai-ichi
Cause	Human Error during an Experimental Test	A magnitude 9.0 Earthquake and Tsunami
Reactor Design	“Graphite-moderated” BWR without Containment Vessel	BWR with Containment Vessel
Shutdown	Out of control (Chain Fission Reaction)	Automatic Shutdown (Fission Reaction was ceased)
Explosion	Nuclear Blasts in its core Intense Graphite Fire burned 10 days	Hydrogen Explosion outside the reactor vessels
Reactor Core	Total Destruction	Remain the original form with some leakage
Radiation Released	5.2 million tera-becquerels	0.37 million tera-becquerels
Area Affected	500 km from the plant	Limited around the evacuation area
Spent Fuel Pools	—	Partial Fuel Damage
Related Death	Initial death of 29 (later 64 are confirmed)	Zero

Radiation Dose: Reference and Comparisons



Source: TEPCO: AP, Spiegel Online, 19 April 2011
(Note) The amount of natural radiation is including the effect of inhalation of Radon.
(source) UNSCEAR 2000 Report, "Sources and Effects of Ionizing Radiation" etc.

75

Some energy-related accidents since 1977

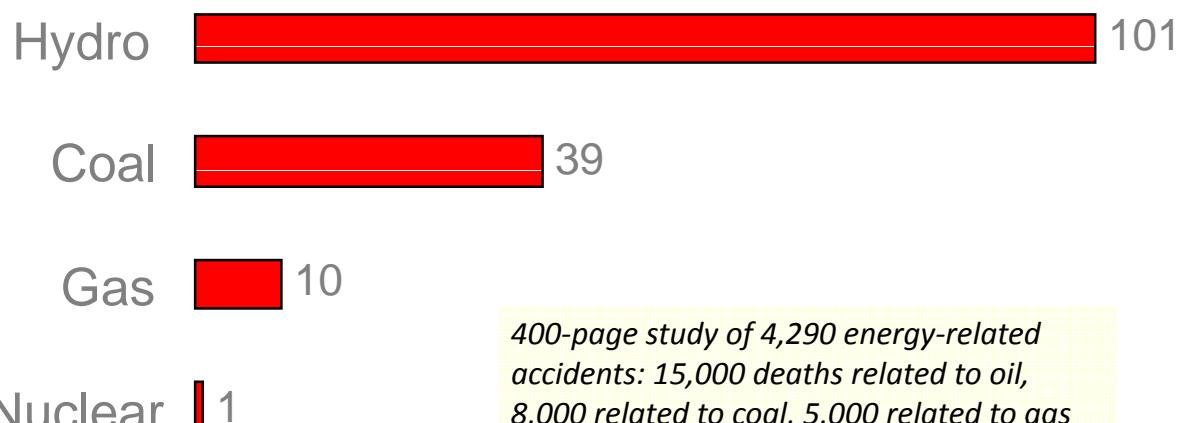
Place	year	number killed	comments
Machhu II, India	1979	2500	hydro-electric dam
Hirakud, India	1980	1000	hydro-electric dam
Ortuella, Spain	1980	70	gas explosion
Donbass, Ukraine	1980	68	coal mine methane
Israel	1982	89	gas explosion
Guavio, Colombia	1983	160	hydro-electric dam
Nile R, Egypt	1983	317	LPG explosion
Cubatao, Brazil	1984	508	oil fire
Mexico City	1984	498	LPG explosion
Tbilisi, Russia	1984	100	gas explosion
northern Taiwan	1984	314	3 coal mine
Chernobyl, Ukraine	1986	31+	nuclear reactor
Piper Alpha, North Sea	1988	167	explosion of
Asha-ufa, Siberia	1989	600	LPG pipeline leak
Dobrnja, Yugoslavia	1990	178	coal mine
Hongton, Shanxi, China	1991	147	coal mine
Belci, Romania	1991	116	hydro-electric dam
Kozlu, Turkey	1992	272	coal mine methane
Cuenca, Ecuador	1993	200	coal mine
Durunkha, Egypt	1994	580	fuel depot hit by

Some energy-related accidents since 1977 (cont.)

Place	year	number killed	comments
Seoul, S.Korea	1994	500	oil fire
Minanao, Philippines	1994	90	coal mine
Dhanbad, India	1995	70	coal mine
Taegu, S.Korea	1995	100	oil & gas explosion
Spitsbergen, Russia	1996	141	coal mine
Henan, China	1996	84	coal mine methane
Datong, China	1996	114	coal mine methane
Henan, China	1997	89	coal mine methane
Fushun, China	1997	68	coal mine methane
Kuzbass, Siberia	1997	67	coal mine methane
Huainan, China	1997	89	coal mine methane
Huainan, China	1997	45	coal mine methane
Guizhou, China	1997	43	coal mine methane
Donbass, Ukraine	1998	63	coal mine methane
Liaoning, China	1998	71	coal mine methane
Warri, Nigeria	1998	500+	oil pipeline leak
Donbass, Ukraine	1999	50+	coal mine methane
Donbass, Ukraine	2000	80	coal mine methane
Shanxi, China	2000	40	coal mine methane
Guizhou, China	2000	150	coal mine methane
Shanxi, China	2001	38	coal mine methane
Sichuan, China	2002	23	coal mine methane
Jixi, China	2002	115	coal mine methane

77

Deaths from Accidents from Generating Electricity per Billion MWe-hr



*Includes Chernobyl

78

- James Lovelock (“Gaia”), British chemist - 1997 Blue Planet Prize:
“We are headed toward a warmer Earth where most life on the planet will have to move to the Arctic basin, to a few islands, ... My justification for nuclear power is that even the results of an all-out nuclear war pale into insignificance compared to what is going to happen.”
- Patrick Moore, a founding member of Greenpeace:
“In the 1970s, I equated nuclear energy to holocaust. Now, my views have changed. Nuclear energy may be the energy source that can save our planet from another possible disaster - catastrophic climate change. ... Wind and solar can't replace coal, nuclear, and hydro. Natural gas is too expensive. Nuclear is, by elimination, the only viable substitute for coal. It is that simple.”

Predmet:

ENERGETIKA I OKOLIŠ I ODRŽIVI RAZVOJ

1. **Atmosfera:** sastav Zemljine atmosfere, fizikalno kemijski procesi koji izazivaju promjene u Zemljinoj atmosferi, razvoj Zemljine atmosfere, površinske temperature planeta,
2. **Ozonski omotač** i njegov značaj za život na zemlji i ozonske rupe
3. **Efekt globalnog zagrijavanja** i emisije plinova staklenika, mogućnosti smanjenja emisija CO₂
4. **Globalna promjena klime**

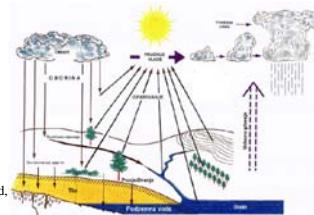
Prof.dr.sc. Željko Tomšić

ZT - EOOD 2013-14

ZEMLJIN OKOLIŠ

- Uкупni globalni okoliš sastoji se od **5 glavnih područja:**

- **plinovita atmosfera**
- **tekuća hidrosfera**
- **kriosfera** (pojam koji opisuje sva područja na Zemlji, gdje je voda pretvorena u kruti oblik, uključujući osim ledenjaka i morski led, jezerski led, snježni pokrivač, ledeni pokrivač, smrznutu zemlju)
- **kruta litosfera**
- **živuća biosfera**



ZT - EOOD 2013-14

ZEMLJINA ATMOSFERA i OZON

ZT - EOOD 2013-14

ZEMLJINA ATMOSFERA

- **Općenito**

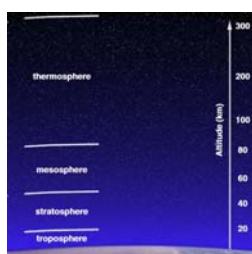
- **Atmosfera** je **plinoviti omotač** koji obavlja Zemlju.
- **Oblik** atmosfere je sličan obliku Zemlje i s njom se neprekidno okreće.
- **Meteorologija** proučava:
 - sastav i strukturu atmosfere,
 - njezino fizičko stanje,
 - postanak,
 - značenje i razvoj fizičkih meteoroloških pojava koje se javljaju u atmosferi i na Zemljinoj površini.

4

ZT - EOOD 2013-14

Današnja atmosfera

- Tlak i temperatura se mijenjaju s visinom iznad površine Zemlje



- Temperatura
- **u troposferi pada s visinom,**
 - u stratosferi se ne mijenja, a
 - u mezosferi pada s visinom
 - u termosferi temperatura raste s visinom.

ZT - EOOD 2013-14

Sunčev zračenje

- **Spektar Sunčevog zračenja** obuhvaća valne dužine od 120 nm do 10000 nm:
 - **ultraljubičasto (UV)** zračenje od 100 do 380 nm
 - **vidljivo zračenje (svjetlost)** od 380 do 780 nm i
 - **infracrveno (IR)** zračenje, veće od 780 nm.
- **Ultraljubičasto** zračenje se obično dijeli u tri spektralna područja:
 - **UV-C** zračenje (100-280 nm),
 - **UV-B** zračenje (280-315 nm) i
 - **UV-A** zračenje (315-380 nm).

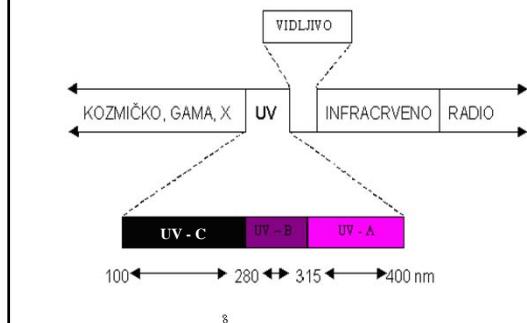
ZT - EOOD 2013-14

Ozonski omotač i UV zračenje

ZT - EOOD 2013-14

7

Elektromagnetski spektar Sunčevog zračenja



8

UV zračenje



9

ZT - EOOD 2013-14

UV zračenje

- **UV-C zračenje smrtonosno je za živi svijet** ali ga kisik i ozon u potpunosti apsorbiraju u višim slojevima atmosfere
- Do površine planete dopire najviše UV-A koje je ljudima potrebno za sintezu **D vitamina**
- Prevelike količine **UV-A zračenja** imaju **veliki učinak na potkožno tkivo** te mogu prouzročiti prerano starenje kože
- **UV-B zračenje** je u velikoj mjeri apsorbirano na molekulama ozona, a i preostali i dio koji dolazi do tla može izazvati najprije crvenilo i plikove na koži, a kasnije i teže bolesti te razna oštećenja

10

OZON U ATMOSFERI



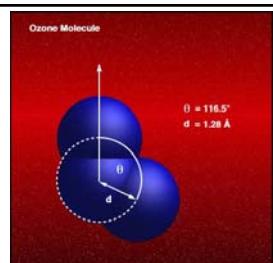
Ovisno o mjestu zadržavanja ozon može **štítiti ili štetiti** život na zemlji

ZT - EOOD 2013-14

11

Ozon

- Ozon je otkriven 1839. Godine - njemački znanstvenik Christian F. Schonbein
- Ozon je **svijetlo plave boje**, relativno nestabilna molekula koja se sastoji od 3 atoma kisika
- **Nastaje iz molekule kisika O₂ djelovanjem UV zračenja s atomom kisika**
- Karakterizira ga **jedinstveni miris** koji se često osjeća tokom munji i izboja električne opreme
- Ime nastalo od grčke riječi **ozein = mirisati**



U čistom stanju je modrikast plin koji se na -112,4 °C kondenzira u tekućinu tamnomodroljubičaste boje.
Ledište mu je na -251,4 °C.
Lako se razgradije na temperaturi od oko 100 °C ili već pri sobnoj temperaturi uz prisustvo određenih katalizatora

12

Koncentracija ozona



ZT - EDOB 2013-14

13

Štetni ozon

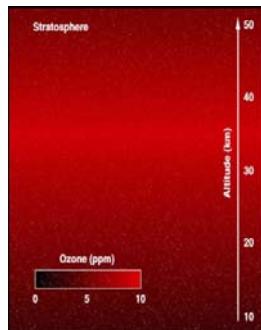
- Kada je blizu površine Zemlje u zraku koji dišemo ozon je **štetan polutant** koji uzrokuje oštećenja pluća, tkivo i nasade i razmatra se kao "loš ozon"
- Ozon je snažan **fotokemijski oksidant** koji oštećeju gumu, plastiku i sav biljni i životinjski svijet.
- Reagira sa automobilskim ispušnim plinovima i benzinskim parama i **stvara sekundarne polutante** kao što su aldehidi i ketoni
- Ozonska zagadenja nastala u urbanim sredinama mogu se **proširiti na okolna ruralna i šumska područja** koja su stotinama km uz vjetar

ZT - EDOB 2013-14

14

Zaštitnički ozon

- Većina ozona je koncentrirana u stratosferi na visini od 25 km i tu se smatra "**dobrim ozonom**"
- Iako ozon predstavlja tanki sloj atmosfere on je **krucijalan** za život na Zemlji
- Odos dobrog i lošeg ozona u atmosferi ovisi o balansu između procesa stvaranja i uništavanja ozona
- Poremećaj tog procesa može imati ozbiljne posljedice za život na Zemlji i već postoje dokazi da se balans mijenja
- Koncentracija ozona u štitu se smanjuje, a nivo u zraku koji dišemo povećava**



ZT - EDOB 2013-14

15

Zaštitnički ozon

- Bez filterske uloge ozonskog sloja život na Zemlji ne bi bio moguć zbog prodiranja **UV-B zraka**.
- Svako oštećenje ozonskog omotača za 1%, povećava prodiranje UV-B zraka za **1,5%**.
- UV-B zrake mogu u malim količinama biti korisne obzirom da sudjeluju u procesu stvaranja D vitamina, važnog za pravilan rast kostiju.

Međutim, **povećano UV-B zračenje ima štetno djelovanje i na žive organizme na Zemlji i na materijalna dobra.**

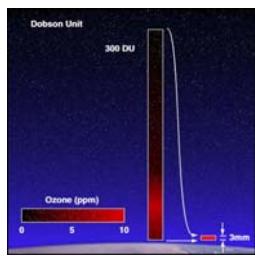


ZT - EDOB 2013-14

16

Mjera za ozon

- Količina ozona u stratosferi je mala, rijetko prelazi 10 ppm volumno
- Ozon se mjeri u jedinici **DOBSON (DU)**
- 1 Dobson odgovara $2,69 \cdot 10^{-16}$ molekula po cm^2 što je ekvivalentno količini plina u 1 cm^2 kod 1 atmosfere tlaka
- Prosječni nivo ozona je 300 DU** što je ekvivalentno sloju debelom 3 mm ako se komprimira na površinu zemlje
- Nivo može općenito varirati od manje od 100 DU do preko 500 DU

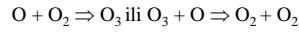


ZT - EDOB 2013-14

17

Uništavanje ozona

- Ista karakteristika ozona koja je jako važna, a to je apsorpcija UV zračenja uzrokuje i njegovo uništenje
- Kada je molekula ozona izložena UV zračenju može se vratiti u O_2 i O
- Kada molekula ozona apsorbira čak i malu UV energiju dijeli se u običnu molekulu kisika i slobodni atom kisika
- $\text{O}_3 + \text{UV, vidljiva svjetlost} \Rightarrow \text{O} + \text{O}_2$ - Chapmann rekcija**
- Slobodni atom O može zatim reagirati s molekulom O_2 stvarajući ozon ili može uzeti atom iz postojecog ozona i stvoriti dva molekula O_2



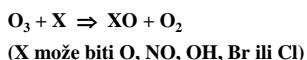
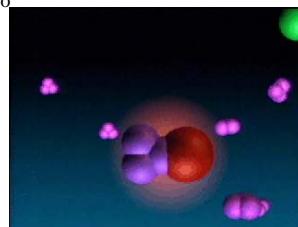
Tokom disocijacije atom i molekula kisika dobiju kinetičku energiju



18

Uništavanje ozona

- Većina uništenja ozona nastaje kroz **katalitički proces** rade nego kroz Chapman reakciju
- Ozon je jako nestabilna molekula koja rado daje svoj ekstra kisik slobodnim radikalima** kao što su dušik, vodič, brom i klor. Ove tvari prirodno nastaju u stratosferi, iz izvora kao što su vodena para ili oceani

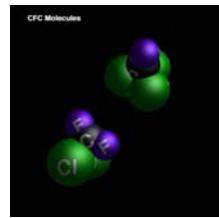


ZT – EDOB 2013-14

19

Nastajanje i uništavanje ozona

- Antropogeno uništavanje**
- Proizvedene tvari mogu dostići ozonski nivo atmosfere
- Cl** ispušten iz CFC i **brom** iz halogena su dvije najvažnije tvari vezane uz uništenje ozona
- CFC** u troposferi je skoro **neuništiv**



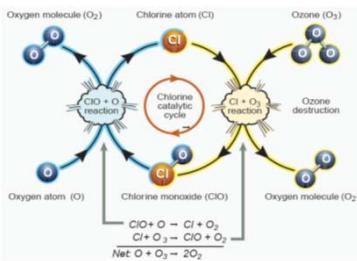
- CFC ostaje u troposferi više od 40 godina**, ako i više ne koristimo još niz godina doprinosit će uništenju ozona
- Atom klora je pravi katalizator za uništenje ozona i on nastaju u tom procesu fotodisocijacije

ZT – EDOB 2013-14

20

Nastajanje i uništavanje ozona

- Antropogeno uništavanje**
- Slobodni atom klora u početku reagira s nestabilnim kisikom iz ozona i tvori klor monoksid ClO, koji reagira s O i ponovno nastaje atom klora koji ponovo sudjeluje u reakciji uništavanja ozona



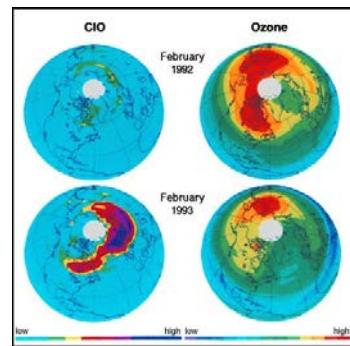
1 atom klora može prevesti 100 000 molekula ozona u kisik

ZT – EDOB 2013-14

21

Nastajanje i uništavanje ozona

- Antropogeno uništavanje**
- Klor prirodno nastaje u oceanima
- Glavnina Cl u atmosferi je produkt kemikalija proizvedenih ljudskom djelatnošću
- Bez proizvedenih CFC ne bi bilo klora u stratosferi
- Koncentracija CFC-12
 - 1960 100 pptv
 - 1975 200 pptv
 - 1987 400 pptv
- Znanstvenici vjeruju da stalno povećanje CFC vodi značajnom gubitku ozona

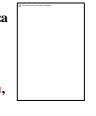


ZT – EDOB 2013-14

22

Tvari koje oštećuju ozonski omotač

- Znanstvena su istraživanja dokazala da su **tvari koje je čovjek prouzrokovali** oštećenja ozonskog omotača.
- Tvari koje sadrže u različitim kombinacijama kemijske elemente **klor, fluor, brom, ugljik i vodič**, poznatije su pod nazivom **tvari koje oštećuju ozonski omotač (TOOO)**.
- U tvari koje oštećuju ozonski omotač se ubrajaju:
 - Freoni** (klorofluorouglijici, CFC) koji se nalaze i koriste u:
 - aerosolima gdje služe kao potisni plin deodoranta, parfema, lakova za kosu, medicinskih preparata, insekticida i sl.
 - industriji namještaja kao **sredstvo za pjenjenje** pri proizvodnji pjenastih guma,
 - industriji fleksibilnih i krutih poliuretanskih pjena za **termoizolaciju**,
 - proizvodnji plastičnih masa,
 - sredstvima za čišćenje i odmašćivanje u elektroindustriji i u domaćinstvima kao otapala,
 - hladnjacima i ledenicama, hladnjачama i drugim rashladnim sustavima, te
 - klima uređajima i toplinskim pumpama.



ZT – EDOB 2013-14

23

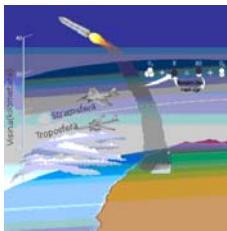
Tvari koje oštećuju ozonski omotač

- U tvari koje oštećuju ozonski omotač se i ubrajaju:
 - Haloni** koji se koriste prvenstveno u **uredajima za gašenje požara** i u protupožarnim instalacijama.
 - Osim freona i halona, ozonski omotač oštećuju:
 - ugljik tetraklorid** koji se nalazi u otapalima i sredstvima za čišćenje te u fumigantima,
 - metil bromid** koji služi kao sredstvo za fumigaciju tla u staklenicima a kod nas se najviše koristi u proizvodni presadnica duhana,
 - triklor etan**, odnosno metil kloroform koji se koristi kao otapalo za odmašćivanje strojeva te
 - nezasićeni klorofluorouglijikovodici** i **nezasićeni bromouglijikovodici**.

ZT – EDOB 2013-14

24

Kontrola ozona



Bez **sustavne kontrole tvari** koje oštećuju ozonski omotač stanje bi **za pedeset godina** moglo biti i do deset puta gore od sadašnjega, a razna oboljenja zahvatila bi milijune ljudi, predviđaju znanstvenici.

Oštećenje ozonskog omotača obuhvatilo bi do 2050. najmanje 50 posto površine srednjih širina sjeverne hemisfere i 70 posto površine srednjih širina južne hemisfere.

ZT - EODR 2013-14

25

Kontrola ozona

- Bez kontrole tvari koje uništavaju ozon posljedice po cijelokupan život bile bi katastrofalne:
 - **količina UV-B zračenja pristiglog na Zemlju bila bi**
 - dvostruko veća na srednjim širinama sjeverne hemisfere i
 - četverostruko veća na južnoj hemisferi –
 - **melanomi kože, katarakti očiju i druga oboljenja zahvatili bi milijune**
- smatraju znanstvenici

ZT - EODR 2013-14

26

Kontrola ozona

- **Prve pretpostavke** o tome što sve ljudska djelatnost može nanijeti ozonskom omotaču objavljene su **početkom 1970.-ih godina**.
- Ozon se oštećuje u prosjeku **4-5% po desetljeću**.
- Ranih osamdesetih **dokazano** je oštećenje ozonskog omotača nad Antarktikom s pomoću NASA-inog satelita.
- **Najjača oštećenja**, stanjenja ozonskog omotača, nazvana su "**ozonska rupa**", a vidljiva su nad **Antarktikom svako antarktičko proljeće** (od rujna do listopada), te nad **Arktikom u proljeće - ljetu**.
- Godine 1999. izmjerena je do tada najveća "rupa", veličine 27 milijuna kvadratnih kilometara. No 2000. ona se još povećala na 30 milijuna.
- Kada se jednom oslobole, klorofluorouglici ostaju aktivni nekoliko desetljeća, a **znanost još ne zna načine da se njihovo djelovanje neutralizira**.
- **Točno je da se ozonski omotač tanji i oštećeće i zbog prirodnih pojava** kao npr. erupcija vulkana ili zbog promjenjivih aktivnosti Sunca

ZT - EODR 2013-14

27

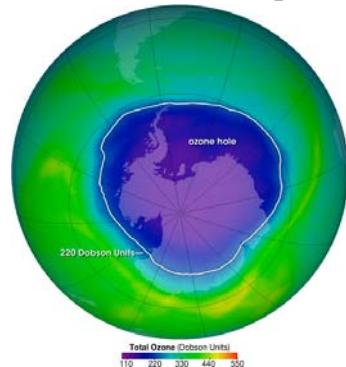
Ozonska rupa

- **Antarktička ozonska rupa** je područje antarktičke stratosfere u kojem je odnedavno (od 1975. god) **nivo ozona pao na 33% vrijednosti prije 1975.**
- **Područje s manje od 220 DU ozona**
- **To zapravo nije "rupa"** već je to stvarno znatno stanjenje ili smanjenje koncentracije ozona
- Ozonska rupa nastaje tijekom antarktičkog proljeća od rujna do prosinca kada jaki zapadni vjetrovi počnu kružiti oko kontinenta i tu je preko 50% niskog stratosferskog ozona uništeno
- U posljednje vrijeme ozonska rupa javlja se i iznad **Artika** - tj. sjevernog pola

ZT - EODR 2013-14

28

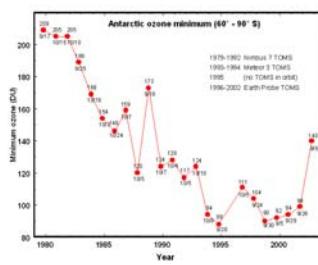
Ozonska rupa



ZT - EODR 2013-14

Ozonska rupa

Minimalna vrijednost 1979-03.

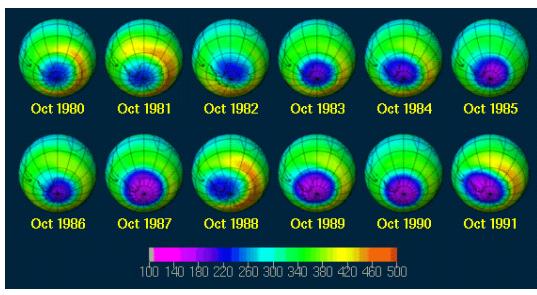


ZT - EODR 2013-14

Godišnji minimum na različitim mjestima i različitim datumima, tj. Najmanja izmjerena vrijednost bilo gdje u rupi tokom godine

Min. 88 DU 1994. God.
(28.09.)

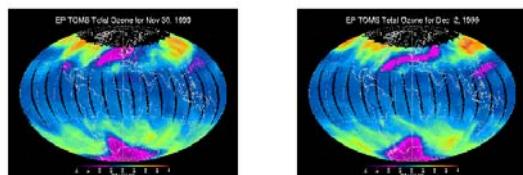
Srednje vrijednosti u listopadu Antarktička ozonska rupa



31

ZT - EODR 2013-14

Ozon iznad sjeverne hemisfere



- 165 Dobson Units (DU) iznad Sjevernog mora između Škotske i Norveške dana 30. listopada 1999.
- Prijašnja najniža vrijednost je bila 167 DU na istom mjestu 30. listopada 1985.

32

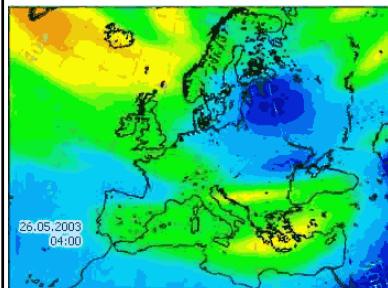
ZT - EODR 2013-14

Stanje nad Europom

- Ozonski sloj atmosfere iznad evropskoga kontinenta tanji je čak 30 posto.
- Periodična stanjivanja ozona nisu ništa novo, no zabrinjava što su se počela događati češće nego prethodnih godina.
- Ozonski omotač iznad Europe motri se pomoću GOME-a (Global Ozone Monitoring Experiment), sustava montiranog na satelit ERS-2, koji ima ugrađen spektrometar što mjeri snagu ultraljubičastog zračenja na valnim duljinama od 240 do 790 nanometara.
- Ozon je u tom spektru označen na valnim duljinama od 325 do 335 nanometara. ³³

ZT - EODR 2013-14

Stanje nad Europom



120 150 180 210 240 270 300 330 360 390 420 450

Na satelitskoj slici vidi se tamnoplavu područje koje predstavlja stanjeni sloj ozona, a proteže se preko cijelog evropskoga kontinenta.

ZT - EODR 2013-14

UV index

- Povećane količine UV zračenja koje stižu do tla i modni trend lijepoga tena, čine prijeko potrebnim da se **javnost izvijesti jednostavnim, svima razumljivim informacijama o stupnju opasnosti od UV zračenja**.
- **Zajedničkim djelovanjem** Svjetske zdravstvene organizacije (World Health Organization - WHO), Svjetske meteorološke organizacije (World Meteorological Organization - WMO), Programa Ujedinjenih naroda za okoliš (United Nations Environment Programme - UNEP) i Međunarodne komisije za zaštitu od neionizirajućeg zračenja (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection - ICNIRP) stvorena je nova veličina - **UV INDEKS**.

ZT - EODR 2013-14

UV index

- **UV indeks je broj koji pokazuje stupanj opasnosti od UV zračenja.**
- **Što je on veći, veća je i opasnost od štetnog djelovanja UV zračenja.**
- **UV indeks:**
 - **STUPANJ OPASNOSTI OD UV ZRAČENJA**
 - **POVEZAN JE S UČINCIMA NA KOŽU**
 - **PROGOZOZIRA SE ZA SUTRAŠNJI DAN**
 - **POTREBNO JE PODUZETI ZAŠTITNE MJERE**
 - **VEĆI UV INDEKS, VEĆA OPASNOST**

ZT - EODR 2013-14

Kako se određuje UV indeks?

- UV indeks je parametar koji se izračunava pomoću kompjutorskih modela.
 - Za izračun je ponajprije potrebno poznavati akcijski spektar.
 - Akcijski spektar je funkcija koja opisuje relativnu djelotvornost UV zračenja za pojedine valne duljine u izazivanju određene biološke reakcije.
 - Budući da su opekline najčešći štetni učinak na ljudskoj koži, za izračun UV indeksa koristi se eritemalni akcijski spektar CIE, koji opisuje reakcije kože na UV zračenje.
 - Zatim je potrebno odrediti energiju UV zračenja po valnim duljinama, da se dobije energetski spektar.
 - Izračunava se umnožak akcijskog i energetskog spektra i integrira (sumира) za sve valne duljine. Tako se dobiva biološki djelotvorno ozračenje.
 - Biološki djelotvorno ozračenje se integrira (sumира) za određeni vremenski period izlaganja suncu kako bi se dobila djelotvorna UV doza.
 - Djelotvorna UV doza se osrednji za promatrani vremenski interval i pomoći s faktorom 40 kako bi se dobila brojčana vrijednost koja predstavlja UV indeks.

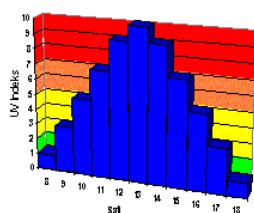
670-671

UV index

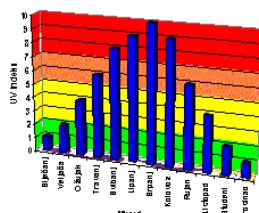
- Kao i UV zračenje, **UV indeks se mijenja i tokom dana i tokom godine.**
 - Procjene UV indeksa za sredinu ljeta, za vedar dan, pokazuju da **od 12 do 14 sati** postoji vrlo visoka opasnost od UV zračenja.
 - Sat vremena prije i sat nakon toga kritičnog perioda opasnost je visoka.
 - **Ujutro u 9 i 10 sati**, te poslijepodne **u 16 i 17 sati** opasnost je **umjerena**, dok **rano ujutro i kasno poslijepodne ne postoji gotovo nikakva opasnost od UV zračenja.**
 - Promatranjem vedrih dana tokom cijele godine utvrđeno je da **najveća opasnost prijeti u svibnju, lipnju, srpnju i kolovozu**, kada je UV indeks vrlo visok.
 - Visoke vrijednosti su u travnju i rujnu, a umjerene u ožujku i listopadu.
 - **Tijek zimskih mjeseci UV indeks je minimalan** i nije potrebna posebna zaštita, osim za skijaše i ljudе koji borave u planinama.

2000-00000

UV index



UV index kroz dan



UV index kroz mjesece

ZT - EOOR 2013-14

UV index

- Osim vremenski, **UV indeks se mijenja i s geografskom širinom.**
 - Ljudi koji putuju u različita klimatska područja, trebaju biti posebno na oprezu.
 - **UV indeks** općenito je **viši ako putujemo na jug, a niži idemo li prema sjeveru**, no ima i iznimaka.
 - **Radi primjerene zaštite**, najbolje se je **prije putovanja informirati o UV indeksu** na željenoj destinaciji i pratiti medijske prognoze kako bi boravak ondje bio siguran i ugodan.

2T-EOOR 2013-14

UV index

Na internet stranicama **Državnog hidrometeorološkog zavoda** (http://www.tel.hr/dhmz/prognoza/prognoze_uvi.html)

svakodnevno se objavljuje UV-indeks za područje **Hrvatske i Europe** na temelju podataka prognostičkog modela njemačke meteorološke službe.

Državni hidrometeorološki zavod za prognozu UV indeksa koristi model DM4 Njemačke službe za prognozu vremena - [DWD](#) ([Deutscher Wetterdienst](#)). Taj model pokriva područje Europe, a koristi satelitske podatke o količini ozona i temperaturi, te uz pomoć regresijskih jednadžbi izračunava vrijednosti UV indeksa.

87

UV index

PUT svijeta	UV INDEKS	PREVENTIVNA ZAŠTITA	VRIJEME BORAVKA NA SUNČU BEZ PREVENTIVE ZAŠTITE
	>9 Veoma velik		<15 min
	7 - 9 Velik		20 min
	4 - 7 Srednji		30 min
	2 - 4 Niski		30-60 min
	0 - 2 Minimalan		>60 min

PUT tamna	UV INDEKS	PREVENTIVNA ZAŠTITA	VRIJEME BORAVKA NA SUNČU BEZ PREVENTIVE ZAŠTITE
	>9 Veoma velik	   	<30 min
	7 - 9 Velik	   	40 min
	4 - 7 Srednji	   	60 min
	2 - 4 Niski	 	60-120 min
	0 - 2 Minimalan	 	>120 min

27

UV index



Vrijednosti UV indeksa 1 i 2 označuju nisku opasnost od UV zračenja. Većina ljudi može biti izložena suncu i više od sat vremena a da ne dobije opeklane. Za zaštitu se preporuča korištenje sunčanih naočala. Za ljude koji imaju vrlo osjetljivu kožu i za novorodenčad nalaže se stalan oprez. Ukoliko moraju boraviti na suncu sredinom dana, dobro je upotrijebiti sunčane naočale i zaštitnu kremu.

43

ZT - EDOB 2013-14

UV index



Vrijednosti UV indeksa 8, 9 i 10 označuju vrlo visoku opasnost od UV zračenja.

Za zaštitu se preporuča nošenje šešira sa širokim obodom, sunčanih naočala i odjeće s dugih rukavima, te korištenje zaštitnih krema. Maksimalno valja smanjiti boravak na suncu u doba dana između 11 i 16 sati.

Djeca mogu dobiti opeklane za manje od 10 minuta.

44

UV zračenje može prodrijeti kroz odjeću od rijetkog tkanja i naštetiti koži.

UV index

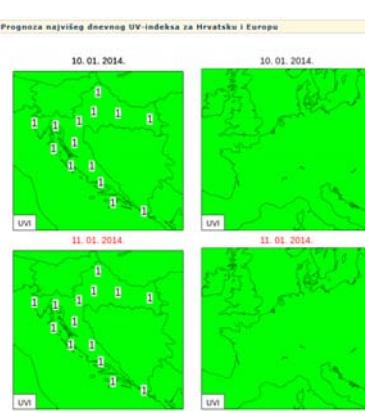


Vrijednosti UV indeksa 11 i iznad označuju ekstremnu opasnost od UV zračenja. Za zaštitu se preporuča boravak u zatvorenom prostoru u doba dana između 11 i 16 sati. Ukoliko je izlazak neizbjeglan, potrebno je nositi šešir sa širokim obodom, sunčana naočale i odjeću dugih rukava od gustog tkanja, koristiti zaštitne kreme i izbjegavati boravak na izravnom suncu. Djeca mogu dobiti opeklane za manje od 5 minuta.

45

ZT - EDOB 2013-14

Prognoza UV indeksa u Državnom hidrometeorološkom zavodu za Hrvatsku i Europu



ZT - EDOB 2013-14

Sunčanje i melanom



47

ZT - EDOB 2013-14

Međunarodni dogovori

- 1973. godine znanstvenici **Mario Molina i Sherwood Rowland** prvi **otkrivaju da CFC može imati veliku ulogu u uništavanju ozona**
- Od tada su se države širom svijeta složile da stvore međunarodne propise u nadi da će zaštititi ozonski omotač

Međunarodni dogовори

- Početak kontroliranja uništenja ozona datira u ranim sedamdesetim godinama kada su USA i zemlje zapadne Europe izrazile zabrinutost o emisijama iz transporta nadzvučnim avionima i iz raznih sprejava
- 1985. Bečka konvencija za zaštitu ozonskog omotača - koncenzus da je uništenje ozona ozbiljni ekološki problem, ali bez dogovora o akcijama pojedinih država
- 1987. Montrealski protokol o tvarima koje oštećuju ozonski omotač - odredeno da će se smanjiti proizvodnja CFC za 50% do 2000. godine
- 1990. Londonski amandmani na protokol - odredili da će se proizvodnja CFC i CCl4 i halona potpuno prestati do godine 2000.
- 1992. Dopuna Montrealskog protokola u Copenhagenu Određen period odgode prestanka proizvodnje CFC do 2006. God. za nužne svrhe i potrebe u zemljama u razvoju
- 1997. Izmjena Montrealskog protokola o tvarima koje oštećuju ozonski omotač
- 1999. Izmjenu Montrealskog protokola usvojena u Pekingu

ZT – EODR 2013-14

Spašavanje zemljiniog štita

- Daljinjom međunarodnom suradnjom znanstvenika, vladinih institucija i nevladinih udruga, **1987. godine u Montrealu je rođen Montrealski protokol o tvarima koje oštećuju ozonski omotač.**
- Tada su Protokol potpisale 22 zemlje svijeta.
- Danas **Montrealski protokol broji 184 zemalja članica**, od čega su 122 zemlje, s niskom potrošnjom freona i halona, obuhvaćene **člankom 5. Protokola**.
- Zemlje s velikom potrošnjom ovih tvari, pretežno razvijene zemlje, ukinula su potrošnju freona i halona – tvari iz Dodatka A Protokola, no uzmemmo li u obzir da **razvijene zemlje čine svega 20% svjetske potrošnje tvari** koje oštećuju ozonski omotač, vidljivo je kako je **ukidanje preostalih 80% ključno za osiguranje očuvanja i oporavka ozonskog omotača**.

ZT – EODR 2013-14

Republika Hrvatska i zaštita ozonskog omotača

- Notifikacijom o sukcesiji Republika Hrvatska je od 8. listopada 1991. godine stranica **Bečke konvencije o zaštiti ozonskog omotača i Montrealskog protokola** o tvarima koje oštećuju ozonski omotač.
- **Dopunu Montrealskog protokola** usvojenu u Londonu 29. lipnja 1990. godine potvrdio je Sabor Republike Hrvatske Zakonom o potvrđivanju dopune Montrealskog protokola o tvarima koje oštećuju ozonski omotač (Narodne novine, Međunarodni ugovori, broj 11/93).
- **Dopunu Montrealskog protokola usvojenu u Kopenhadenu** u studenom 1992. godine potvrdio je Sabor Republike Hrvatske Zakonom o potvrđivanju izmjene Montrealskog protokola o tvarima koje oštećuju ozonski omotač (Narodne novine, Međunarodni ugovori, broj 1/8/96).

ZT – EODR 2013-14

Republika Hrvatska i zaštita ozonskog omotača

- **Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva nadležno** je za provedbu Montrealskog protokola u Republici Hrvatskoj.
- Prihvaćanjem Montrealskog protokola te njegovih izmjena i dopuna, ostvareni su preduvjeti u Republici Hrvatskoj za daljnje djelovanje glede postupnog ukidanja potrošnje tvari koje oštećuju ozonski omotač.
- U suradnji s jednom od četiri provedbene agencije Montrealskog protokola, Programom zaštite okoliša Ujedinjenih naroda, Industrija i okoliš (UNEP IE), **1996. godine izrađen je Nacionalni program za postupno ukidanje tvari koje oštećuju ozonski omotač.**

ZT – EODR 2013-14

Republika Hrvatska i zaštita ozonskog omotača

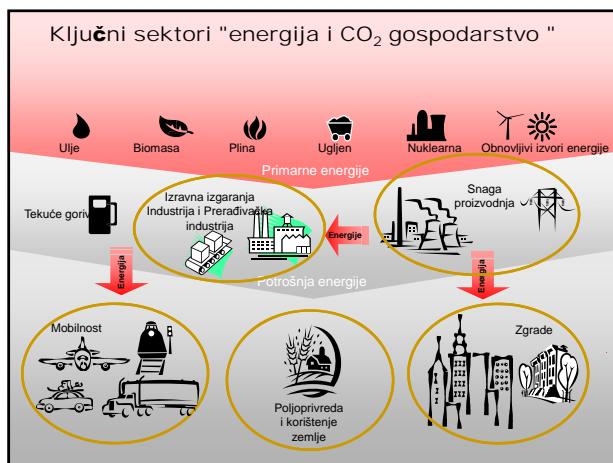
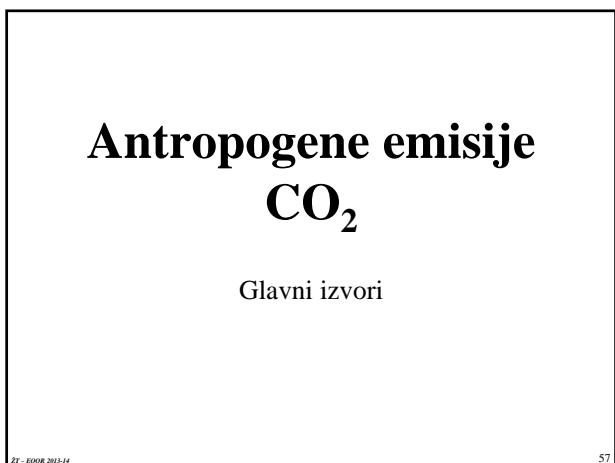
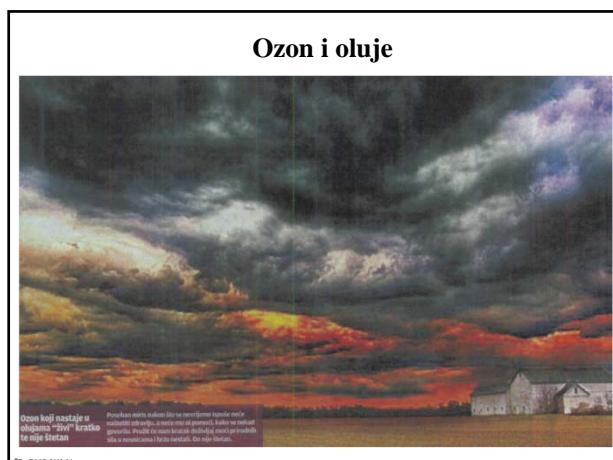
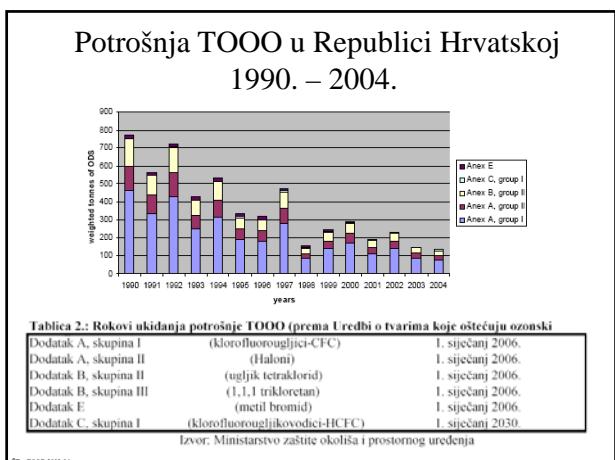
- **Nacionalnim programom** utvrđena je potrošnja tvari koje oštećuju ozonski omotač, te su predložene mјere i **projekti ukidanja potrošnje tvari koje oštećuju ozonski omotač u Republici Hrvatskoj**.
- **Utvrđeno je kako Republika Hrvatska ima preduvjete za provedbu ubrzanog ukidanja potrošnje tvari koje oštećuju ozonski omotač**, uz odgovarajuću stručnu i finansijsku pomoć provedbenih agencija Montrealskog protokola.

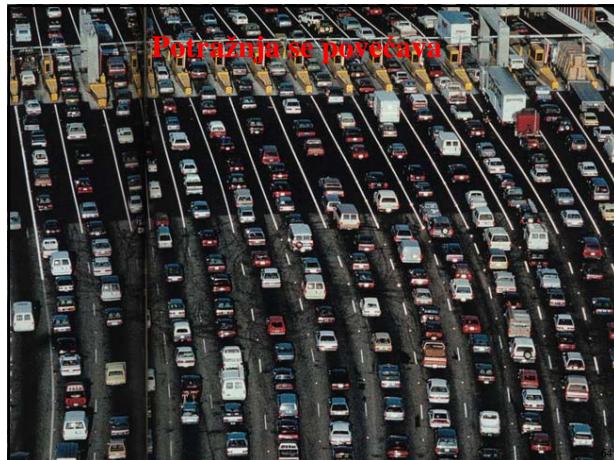
ZT – EODR 2013-14

Republika Hrvatska i zaštita ozonskog omotača

- Od 1 srpnja 1999. godine zabranjen je uvoz proizvoda koji sadrže tvari koje oštećuju ozonski omotač (Uredba o tvarima koje oštećuju ozonski omotač, NN 7/99 i 20/99)
- Uredbom je propisano prikupljanje tvari koje oštećuju ozonski omotač pri obavljanju djelatnosti održavanja i popravljanja rashladnih i klimatizacijskih uređaja
- Kako emisije freona razorno djeluju na molekule ozona, logična je potreba za njihovim kontroliranim prikupljanjem i zbrinjavanjem
- U Hrvatskoj je zabranjen uvoz freona od 1. siječnja 2006.

54





Klima i Sunce

- Mnoštvo okolnosti utječe na klimatska svojstva planeta.
- Jedan od **najvažnijih čimbenika** koji određuje klimu planeta je svakako **količina energije koju njegova atmosfera i površina prime od Sunca**.
- Ona ovisi o:
(1) udaljenosti Sunca i
(2) zračenju koje dolazi sa njega, ali i o tome
(3) koliki dio energije koja stiže do granica atmosfere biva propušten dublje u atmosferu, sve do površine, a koliki dio se **reflektira i biva izgubljen u svemir**.

ZT – EDOB 2013-14

67

Klima i Sunce

- Relativno dugotrajna **stabilnost i blagost klime** našeg planeta pogodovala je **nastanku i razvoju života**, od najjednostavnijih živih organizama pa sve do složenih vrsta poput čovjeka.
- Klimatske promjene** značajno su **utjecale na evoluciju** živih organizama našeg planeta, jer vrste koje nisu bile dovoljno prilagodljive su **umirale i nestajale**.
- Blagost i stabilnost Zemljine klime uz povremene klimatske promjene, možemo zahvaliti **stabilnosti** za nas osnovnog izvora energije – **našeg Sunca**.
- Kada napusti Sunce, energija se nesmetano brzinom svjetlosti prenosi kroz meduplanetarni prostor i za nešto više od 8 minuta prijede 150 milijuna kilometara, te stiže do Zemlje.

ZT – EDOB 2013-14

68

SUNCE

- Duboko u unutrašnjosti Sunca, **fuzijom vodika oslobada se ogromna energija** koja se nezadrživo probija prema površini da bi bila izbačena u međuplanetarni prostor.
- Ta energija dala je temelje procesima nastanka i razvoja života na Zemlji.
- Sunce je zapravo jedna ogromna užarena kugla u središtu našeg **Sunčevog sustava**, koja sadrži više od **99,8% njegove mase**.
- Energija se transportira kroz unutrašnjost Sunca prema van smanjujući energiju fotonima, ali povećavajući njihov broj i **na površini postaje vidljiva svjetlost** koja odlazi u svemir.
- Spektralna raspodjela zračenja Sunca odgovara temperaturi površine od 5800 K**

ZT – EDOB 2013-14

69

Sunčeva energija

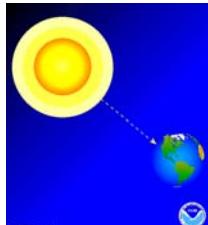
- Zemljina atmosfera prima najveći dio **toplinske energije elektromagnetskim zračenjem sunca**.
- Elektromagnetsko zračenje čine **fotoni** s vrlo širokim spektrom energija i odgovarajućih valnih dužina.
- Spektar sunčevog zračenja koji dopire do vanjskog dijela atmosfere Zemlje se ne razlikuje bitno od spektra **zračenja crnog tijela na temperaturi od oko 5800 K**.
- Spektar zračenja obuhvaća valne dužine od 120 nm do 10000 nm, s maksimumom na oko 480 nm

ZT – EDOB 2013-14

70

Sunčeva energija

- Ukupni spektar sunčevog zračenja dijeli se na:
 - ulraljubičasti** dio (valne dužine 120-400 nm) – **10%**,
 - vidljivi** dio (valne dužine 400-750 nm) – **45%**
 - infracrveni** dio s valnim dužinama zračenja većim od 750 nm – **45%**.

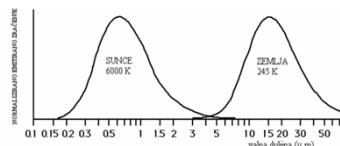


ZT – EDOB 2013-14

71

Normalizirano emitirano zračenje Sunca i Zemlje

Normalizirano emitirano zračenje Sunca pri temperaturi površine od 6000 K i Zemlje pri temperaturi površine od 245 K u ovisnosti o valnoj duljini



- Zračenje **Sunca je kratkovalno**, a **Zemlje dugovalno**
- Atmosferski sastojci puno efikasnije apsorbiraju dugovalno (Zemljino) od kratkovalnog (Sunčevog) zračenja.
- Atmosfera zbog apsorpcije zračenja i sama dugovalno zrači.

ZT – EDOB 2013-14

72

Sunčeva energija

- Prolazom kroz atmosferu sunčevu zračenje slab, posebno za neke valne dužine zračenja.
- Do slabljenja dolazi zbog interakcije fotona s plinovima u stratosferi i apsorpcije i raspršenja fotona.
- Neki od plinova imaju posebno izražene udarne presjekе za apsorpciju fotona kod određenih energija (rezonantna apsorpcija).
- Među apsorberima fotona posebno su značajne molekule dušika, dušičnog oksida i kisika u području ultraljubičastog dijela
- Za apsorpciju ultraljubičastih zraka valnih dužina 200-300 nm je odgovoran stratosferski ozon

ZT – EOR 2013-14

73

Sunčeva energija

- Za valne dužine veće od 300 nm (područje vidljivog svjetla) pada apsorpcija zračenja u plinovima atmosfere na vrlo malene vrijednosti
- Bilanca energije sunčevog zračenja je približno sljedeća:
 - oko 30% ulaznog sunčevog zračenja se reflektira u svemir (albedo Zemlje je oko 0,3),
 - oko 25% se apsorbira u atmosferi Zemlje (oko 3% od ozona u stratosferi, 5% od oblaka u troposferi i 17% od vodene pare) a
 - preostalih 45% se apsorbira na površini Zemlje.

ZT – EOR 2013-14

74

Bilanca sunčevog zračenja

- Zemljina površina dio tog apsorbiranog zračenja dalje utroši na vlastito toplinsko zračenje te na senzitivnu i latentnu toplinu, koje se turbulentnim tokovima prenose u atmosferu.
- Najveći dio energije koju Zemlja gubi dugovalnim zračenjem i turbulentnim tokovima topline apsorbira se u samoj atmosferi.

Senzibilna toplina

Kad zagrijavamo neki objekt i kako mu dodajemo toplinu njegova temperatura raste. Povećanje te topline naziva se senzibilna toplina. Toplina koja uzrokuje promjenu temperature kod nekog objekta naziva se senzibilna toplina.

Latentna toplina

Sve substance u prirodi imaju mogućnost promjene stanja, no za takve promjene potrebno je dodati ili oduzeti toplinu.

Toplina koja uzrokuje ovakve promjene zove se latentna toplina.

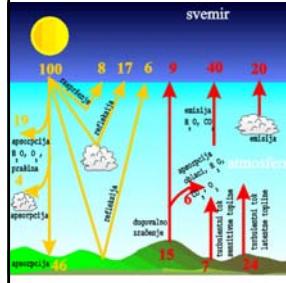
Latentna toplina međutim ne uzrokuje promjenu temperature substance.

Toplina koja uzrokuje promjenu stanja, bez promjene temperature naziva se latentna toplina.

ZT – EOR 2013-14

75

Bilanca zračenja u sustavu Zemlja-atmosfera



Prosječno stanje tijekom višegodišnjeg razdoblja:

Potrebno je uočiti da je neto dobitak/gubitak energije gledan zasebno na vrhu atmosfere (100-8-17-6-9-40-20) jednak nuli.

Slično vrijedi i u samoj atmosferi (19+4+6+7+24+40-20=0), te na Zemljinoj površini (46-15-7-24=0).

To znači da je sustav Zemlja-atmosfera, ako ga promatramo tijekom duljeg razdoblja, u energijskoj ravnoteži.

U ravnoteži su također i njegovi pojedini dijelovi (Zemljina površina, atmosfera i vrh atmosfere).

Kada ne bi bilo tako, sustav bi se s vremenom ili ohladio ili zagrijavao.

Promatramo li sustav tijekom kraćeg razdoblja (npr. nekoliko dana ili mjeseci), pojedini dijelovi sustava, kao i sustav u cijelini, mogu dobivati ili gubiti energiju

76

Periodičke promjene sunčevog zračenja

- Kada se razmatra djelovanje sunčevog zračenja treba uzeti u obzir da Sunčeva energija koja dospijeva do zemlje nije vremenski konstantna.
- Njezina promjena ovisi o relativnom položaju osi rotacije i putanje Zemlje.

ZT – EOR 2013-14

77

Periodičke promjene sunčevog zračenja

- Zemljina atmosfera je sustav koji je jako osjetljiv na spektralnu raspodjelu i količinu zračenja koju prima sa Sunca.
- I male promjene Sunčevog zračenja mogu izazvati promjenu klimatskih uvjeta.
- Postoje periodičke promjene Sunčevog zračenja koje su posljedica promjene karakteristika Zemljine putanje oko Sunca.
- Te promjene ili tzv. Milankovićevi ciklusi, očituju se u promjeni ekscentriciteta (izduženosti) Zemljine putanje, promjeni nagiba Zemljine osi rotacije s obzirom na ekliptiku, te precesiji Zemljine osi rotacije.

ZT – EOR 2013-14

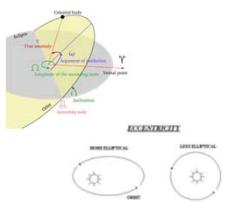
78

Periodičke promjene sunčevog zračenja

- Zbog utjecaja gravitacije sunca, planeta i mjeseca, **položaj osi rotacije Zemlje** i plohe koju određuje njezina putanja oko sunca Sunčeva energija koja dospijeva do zemlje,
- Promjena s frekvencijom **19.000-24.000 godine je zbog precesije zemljine putanje**, odnosno rotacijom osi eliptične zemljine putanje oko sunca
- Zbog promjena **ekcentričnosti elipse zemljine putanje** (period oko 100.000 godina).



ZT - EOOD 2013-14



79

Periodičke promjene sunčevog zračenja

- Jedan od osnovnih čimbenika koji utječe na klimatske promjene na Zemlji su **promjene na samom Suncu**, od kojih je najuočljivija **jedanaestogodišnji ciklus** pojavljivanja **Sunčevih pjega**.
- Jedanaestogodišnji ciklus** Sunčeve aktivnosti jasno je povezan s mnogim zbivanjima u Zemljinoj atmosferi, kao što su npr. poremećaji ionosfere, pojave polarne svjetlosti, ili pak geomagnetske oluje.
- No, izravan utjecaj jedanestogodišnjeg ciklusa na klimu nije lako utvrditi.

80

Periodičke promjene sunčevog zračenja

- Za razliku od kraćih vremenskih perioda, Zemljina klima se ipak lakše može povezati sa **Sunčevom aktivnošću kroz duža vremenska razdoblja**.
- Pouzdano je utvrđeno da je Sunčeva aktivnost **tijekom 17. stoljeća stalno bila vrlo niska**.
- Taj period naziva se **Maunderovim minimumom**.
- Ubrzo je otkriveno i postojanje još jednog takvog perioda minimalne Sunčeve aktivnosti tijekom **15. stoljeća**, koji je nazvan **Sporerovim minimumom**.
- Za vrijeme oba ta minimuma prosječna temperatura u Evropi **pala je za jedan kelvin**.
- Uspoređivanjem podatke o Sunčevoj aktivnosti iz nekoliko prošlih milenija, nesumnjivo je utvrđena **vezu između klimatskih promjena i Sunčeve aktivnosti**.

ZT - EOOD 2013-14

81

Periodičke promjene sunčevog zračenja

- Stvarne promjene temperaturnih prilika u atmosferi su rezultat **kombiniranog utjecaja zračenje sunčeve energije i pojava vezanih uz apsorpciju zračenja Zemlje u atmosferi** (tj. uz **efekt staklenika**).
- Paleontološki nalazi upućuju na još jednu periodičku **pojavu** ekstremnih klimatskih promjena vezanu uz naš solarni sustav.
 - Posljedica takvih pojava se manifestiraju **masovnim iščeznućem biljnih i životinjskih vrsta**.
 - Utvrđen je period ponavljanja takvih pojava od oko **26 milijuna godina**, u nekim od njih su iščeznuća više a u nekim manje izražena.

ZT - EOOD 2013-14

82

Zračenje toplinske energije s površine Zemlje u atmosferu

Prema **Plankovom zakonu** svako tijelo na temperaturi višoj od absolutne nule zrači toplinsku energiju u okoliš.

Valna dužina glavnine emitiranih toplinskih zraka raste s padom temperature tijela.

Budući da je **temperatura površine Zemlje bitno niža od temperature površine sunca**, to će i **spektar zračenja Zemlje** u svemir u odnosu na spektar zračenja sunca biti pomaknut duboko u infracrveno područje.

ZT - EOOD 2013-14

83

Zračenje toplinske energije s površine Zemlje u atmosferu

Zračenje sa površine Zemlje se apsorbira u atmosferi.

Izmjena energije infracrvenog zračenja zemlje i atmosfere moguća uz **postojanje višeatomnih molekula u atmosferi** (kao što su H_2O , CO_2 , CH_4 , NO_2 , O_3 , $CFCI_3$...).

Treba naglasiti da je za razliku od slabe apsorpcije vidljivog zračenja, **atmosfera učinkovit apsorber infracrvenog zračenja**.

Vrlo djelotvorne molekule za apsorpciju tog zračenja su H_2O i CO_2 .

84

Zračenje toplinske energije s površine Zemlje u atmosferu

- Od energije infracrvenog zračenja koja se apsorbira u atmosferi preko **90% se reflektira na površinu zemlje i doprinosi njezinom zagrijavanju.**
- Zbog takvog su učina **plinovi koji apsorbiraju infracrveno zračenje** emitirani s površine Zemlje poznati pod zajedničkim nazivom "**staklenički plinovi**" jer im je djelovanje slično kao djelovanje **stakla u staklenicima.**

ZT – EOODR 2013-14

85

Zračenje toplinske energije s površine Zemlje u atmosferu

- Svi staklenički plinovi ne apsorbiraju infracrveno zračenje istih valnih dužina.
- Zbog toga ako učinkovitost apsorpcije računamo po jedinici mase CO_2 (što je veličina poznata kao **relativni potencijal zagrijavanja stakleničkih plinova**), dobivamo za druge stakleničke plinove bitno više vrijednosti nego za CO_2 .

ZT – EOODR 2013-14

86

Relativan potencijal zagrijavanja stakleničkih plinova

- Relativni potencijal zagrijavanja** stakleničkih plinova promatran u nekom vremenskom razdoblju **ne ovisi samo o apsorpcijskoj moći** dotičnog plina nego i o njegovom **rezidentnom vremenu u atmosferi**.
- To se vrijeme obični definira kao razdoblje nakon kojeg se početna koncentracija plina u atmosferi zbog djelovanja prirodnih **procesa smanji e puta.**

ZT – EOODR 2013-14

87

Staklenički potencijal

Plin	Staklenički potencijal
ugljikov dioksid (CO_2)	1
metan (CH_4)	21
didišikov oksid (N_2O)	310
HFC-32	650
HFC-125	2800
HFC-134a	1300
HFC-143a	3800
CF_4	6500
C_2F_6	9200
SF_6	23900

ZT – EOODR 2013-14

88

Karakteristike stakleničkih plinova

Staklenički plin	Kemijska formula	Rezidentno vrijeme Godina	Relativni potencijal zagrijavanja u vremenskom razdoblju		
			20 god.	100 god.	500 god.
Ugljični dioksid	CO_2	150	1	1	1
Metan	CH_4	14,5±2,5	62±20	24,5±7,5	7,5±2,5
Dudiščini oksid	N_2O	120	290	320	180
Perfloretan	C_2F_6	10000	8200	12500	19100
HCFC-225ca	$\text{C}_3\text{F}_5\text{HCl}_2$	2,5	550	170	52
HFC-134a	CH_2FCF_3	14	3300	1300	420

- Ovi staklenički plinovi doprinose zagrijavanju zemlje s **preko 90%**.
- Vidljiva je osjetljiva razlika u potencijalu zagrijavanja CO_2 i drugih stakleničkih plinova.

ZT – EOODR 2013-14

89

Zračenje toplinske energije s površine Zemlje u atmosferu

- Međunarodni panel za klimatske promjene (IPCC) je procjenio 1995. godine utjecaj pojedinih stakleničkih plinova na oslobođenu toplinsku energiju na površini zemlje za razdoblje 1850-1990.

Toplinski tok na površini zemlje zbog djelovanja stakleničkih plinova

Staklenički plin	Toplinski tok W/m ²
CO_2	1,56
CH_4	0,47
N_2O	0,14
CFCl_3	0,06
CF_2Cl_2	0,14
ostali CFC	0,08
Ukupno	2,45

ZT – EOODR 2013-14

90

Relativan potencijal zagrijavanja stakleničkih plinova

- Doprinos **ugljičnog dioksida** zagrijavanju zemlje zbog efekta staklenika je oko **60%**.
- Ugljični dioksid** ima relativno maleni potencijal zagrijavanja, ali mu je **koncentracija u masi stakleničkih plinova u atmosferi daleko najveća.**

ZT – EORR 2013-14

91

Zagrijavanje Zemlje

- Vrlo mali dio energije proizvodi i sama zemlja.
Unutarnja energija Zemlje potječe od:
 - radioaktivnog raspada teških izotopa** (80% unutarnje energije),
 - kristalizacije stijena** (12% unutarnje energije)
 - pretvorbom energije gravitacije u toplinsku energiju** (8% unutarnje energije).
- Prosječni toplinski tok na površini Zemlje zbog unutarnje generacije topline je oko $0,08 \text{ W/m}^2$, što je **manje od tisućinke toplinskog toka sunčevog zračenja**.

ZT – EORR 2013-14

92

Zagrijavanje Zemlje

- U analizama energetskih promjena u atmosferi **doprinos unutarnje energije Zemlje se redovito zanemaruje**.
- Ipak energija generirana u unutrašnjosti Zemlje, **bez obzira na njezin relativno malen iznos**, odgovorna za **dramatične promjene u zemljinoj kori** koje se reflektiraju na površinu našeg planeta kao što su:
 - pomaci kontinenata,
 - uzdizanje planinskih lanaca i
 - nastanak zemljotresa.

ZT – EORR 2013-14

93

Totalna bilanca ugljičnog dioksida

- Totalna **prirodna bilanca CO₂** u atmosferi je dosta komplikirana.
- Pojednostavljeno je ipak možemo svesti na dva prirodna ciklusa:
 - Ciklus vegetacije i**
 - Ciklus oceana.**
- Na njih se **superponira antropogeni utjecaj** koji se uglavnom svodi na **izgaranje fosilnih goriva i uništavanje šumskih površina**.

ZT – EORR 2013-14

94

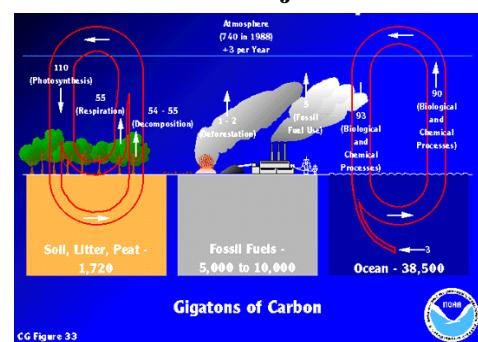
Prirodna bilanca ugljičnog dioksida

- Ciklus vegetacije i ciklus oceana.**
- Ciklus vegetacije uključuje **apsorpciju CO₂** zbog **fotosinteze i emisiju CO₂** zbog razgradnje organskih tvari.
- Jedan i drugi proces su međusobno uravnoteženi (apsorpcija i emisija su približno izjednačeni) na cca **110 milijardi tona** ugljika godišnje.
- Apsorpcija i emisija ugljičnog dioksida iz oceana** su također uravnotežene na oko **55 milijardi tona** godišnje svaka.
- Dokaz za uravnoteženost prirodne bilance CO₂ je nepromjenjivost prosječne koncentracije tog plina u atmosferi tijekom milenija.

ZT – EORR 2013-14

95

Izmjena ugljika između atmosfere i Zemlje



ZT – EORR 2013-14

96

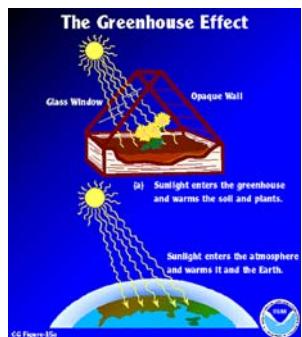
Totalna bilanca ugljičnog dioksida

- Rezultati ljudskih aktivnosti s jedne strane u **uništavanju šumskih površina**, a s druge u **izgaranju ugljika** su povećanje koncentracije CO_2 u atmosferi.
- Tijekom 1980-tih godina to je rezultiralo dodatnom emisijom (iznad one koja slijedi iz prirodnih procesa) od 6,5-8,5 milijardi tona ugljika godišnje.
- Oko polovina tog iznosa je **apsorbirana u prirodnim procesima** a polovina povećala koncentraciju CO_2 u atmosferi.

ZT - EDOB 2013-14

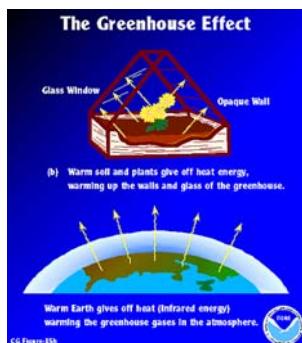
97

Efekt staklenika



98

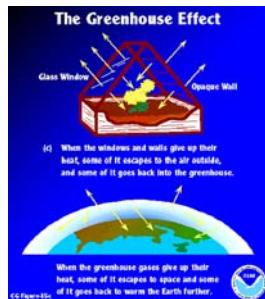
Efekt staklenika



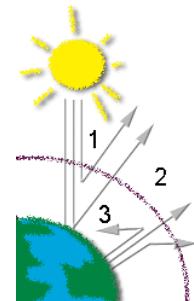
ZT - EDOB 2013-14

99

Efekt staklenika



ZT - EDOB 2013-14



100

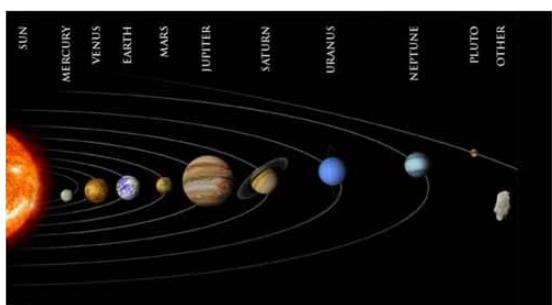
Život i temperatura na površini

- Jedan od **temeljnih uvjeta za formiranje atmosfere** i životnih uvjeta kakve mi poznajemo je da **temperatura na površini planeta**, koju **određuje toplinska energija primljena od sunca i efekt staklenika** (koji pak ovisi o sastavu atmosfere), mora **omogućiti održanje vode u tekućem stanju**.
- Bez tog uvjeta nema apsorpcije ugljičnog dioksida u vodi uz stvaranje karbonatnih sedimenata kao ni uvjeta za nastanak organizama i **procesa fotosinteze** uz **ispuštanje kisika** i formiranje oksidirajuće atmosfere.

ZT - EDOB 2013-14

101

Solarni sustav



ZT - EDOB 2013-14

102

Zračenje planeta u svemir

Kvantitativno određivanje prosječnih temperatura planeta u odnosu na svemirske prostranstvo je moguće korištenjem **Stefan-Boltzmanovog zakona o zračenju crnog tijela**. Taj zakon za **Zemlju i druge planete ima oblik:**

$$\frac{E_{\text{sun}}}{4}(1-\alpha) = \sigma f T^4$$

E_{sun} sunčeva konstanta

α albedo (odnos između reflektirane i dozračene sunčeve energije)
 f faktor atmosferske transmisije za infracrveno zračenje. Inverzna vrijednost tog faktora određuje povećanje apsorbirane energije na površini planeta zbog efekta staklenika

T Apsolutna temperatura na površini planeta
 σ Stefan-Boltzmanova konstanta = $5,67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$

ZT - EOR 2013-14

103

Zračenje planeta u svemir

$$\frac{E_{\text{sun}}}{4}(1-\alpha) = \sigma f T^4$$

Ljeva strana jednadžbe određuje **dobivenu energiju od sunca** a desna **emitiranu energiju od površine planeta u svemir**.

Faktor 4 u formuli određuje odnos površine kugle i površine njezine projekcije.

Albedo za Zemlju iznosi 0,3, za Veneru 0,75 a za Mars 0,15.

Uz **f=1** dobivamo površinsku temperaturu planeta kao crnog tijela koji zrači energiju u svemir.

ZT - EOR 2013-14

104

Zračenje planeta u svemir

$$\frac{E_{\text{sun}}}{4}(1-\alpha) = \sigma f T^4$$

Temperatura, uzveši u račun vrijednosti sunčevih konstanti, i vrijednosti za albedo na temelju navedene formule iznosi za pojedine planete:

- za Zemlju 255 K (-18°C)
- za Veneru 232 K (-41°C)
- za Mars 218 K (-56°C)

Zemlja je zbog malenog albeda gledajući sa svemira toplija od Venere iako je temperatura površine Venere bitno viša od temperature površine Zemlje

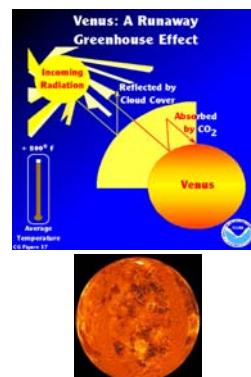
Faktor atmosferske transmisije **f** za Zemlju iznosi oko 0,61. Uz uvrštenje ove vrijednosti faktora u izraz srednja temperatura površine Zemlje povećava na 288 K (=15°C).

Povećanje srednje temperature zbog efekta staklenika je dakle 33 °C

ZT - EOR 2013-14

105

Efekt staklenika na Veneri



ZT - EOR 2013-14

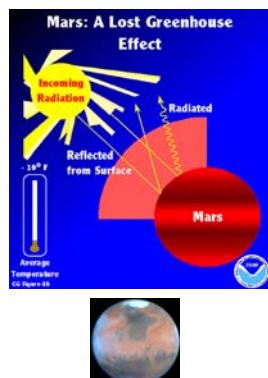
Efekt staklenika na Veneri, bez obzira na visoki tlak atmosfere, ne dozvoljava sniženje temperature površine planeta ispod vrijednosti kod koje se voda kondenzira, što je nužan uvjet za nastanak mikroorganizama i odvijanje fotosinteze.

Masa i tlak atmosfere na Veneri je oko stotinu puta veća od mase i tlaka zemljine atmosfere
 $\text{CO}_2 > 98\%$

Površinska tem. 427 °C

106

Efekt staklenika - Mars



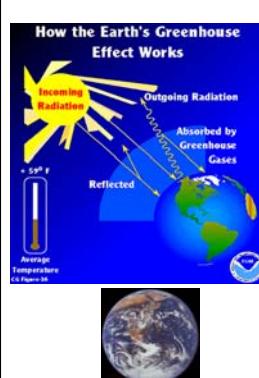
Na Marsu je obratno.
Rijetka atmosfera i malena sunčeva konstanta, unatoč visokom sadržaju ugljičnog dioksida u atmosferi, ne osigurava potreban efekt staklenika za određivanje vode i prisustvo vodene pare u atmosferi (koja također daje bitan doprinos efektu staklenika).

Površinska tem. -53 °C

ZT - EOR 2013-14

107

Princip efekta staklenika na Zemlji



ZT - EOR 2013-14

Tek u slučaju Zemlje su ispunjeni temperaturni uvjeti za razvitak atmosfere pogodne za očuvanje životnih uvjeta.

Treba uočiti da je i na Zemlji djelovanje efekta staklenika od suštinskog značaja za održanje podnosičivih klimatskih uvjeta na površini planeta (bez tog efekta bi prosječna površinska temperatura bila čak za 33 °C niža od sadašnje).

Površinska tem. 15 °C

108

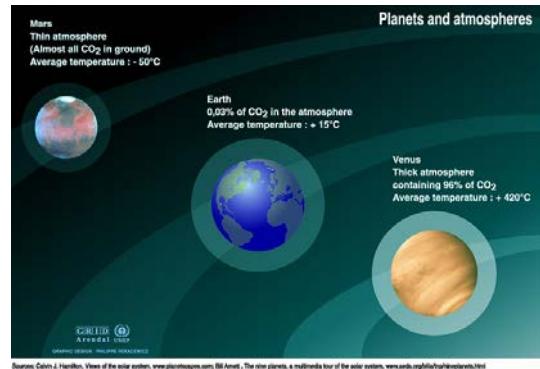
Fizikalne karakteristike planeta

	Zemlja	Venera	Mars
Masa(10^{21} t)	6	5	0,6
Radius (km)	6731	6049	3390
Udaljenost od sunca(10^6 km)	150	108	228
Sunčeva konstanta (W/m^2)	1367	2613	589
Pokrivenost oblacima (%)	50	100	Promjenjivo
Površinska temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	15	427	-53
Utjecaj efekta staklenika ($^{\circ}\text{C}$)	33	466	3
Sastav atmosfere (vol.%)			
N ₂	78	<2	<2,5
O ₂	21	<10 ⁻⁶	<0,25
CO ₂	0,035	>98	>96
SO ₂	$<10^{-9}$	150×10^{-6}	-
Kemijski sastav oblaka	H ₂ O	H ₂ SO ₄	Prašina, H ₂ O, CO ₂

ZF - EOOD 2013-14

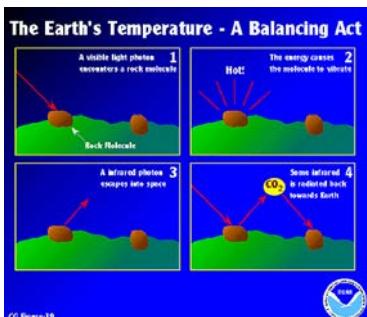
109

Efekti staklenika



110

Temperatura na Zemlji



ZF - EOOD 2013-14

- Prirodni efekt staklenika održava uravnoteženu temperaturu koja omogućuje život na zemlji**

111

PLINOVI STAKLENIKA

- Prirodni plinovi staklenika su:**
 - ugljikov dioksid (CO₂),
 - metan (CH₄),
 - didušikov oksid (N₂O),
 - troposferski ozon (O₃) i
 - vodena para (H₂O).

ZF - EOOD 2013-14

112

PLINOVI STAKLENIKA antropogeni nastanak

- Ugljični dioksid (CO₂)
- Metan (CH₄)
- Didušikov oksid (N₂O)
- Hidrofluorocarboni (HFCs)
- Perfluorocarbonsi (PFCs)
- Sulphur hexafluoride (SF₆)

ZF - EOOD 2013-14

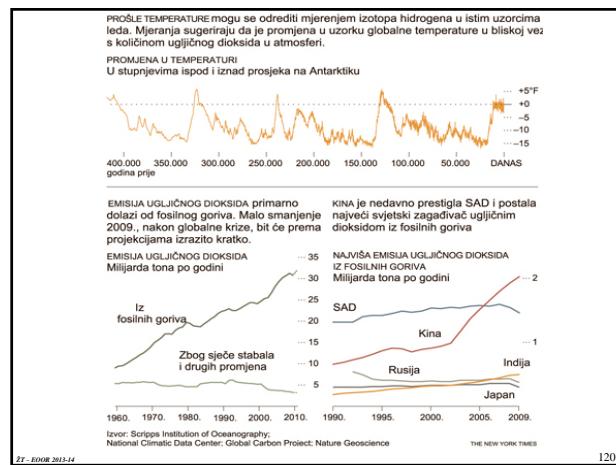
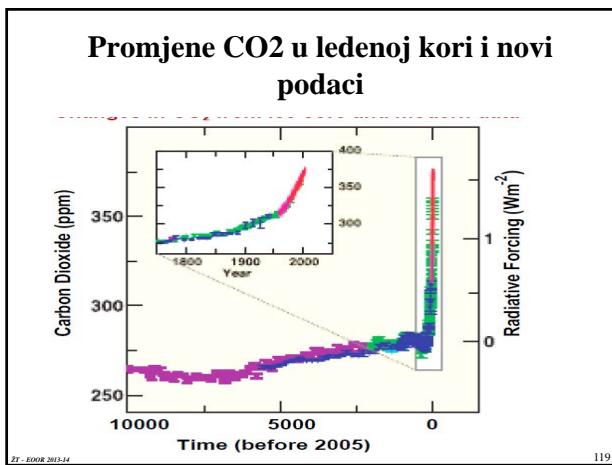
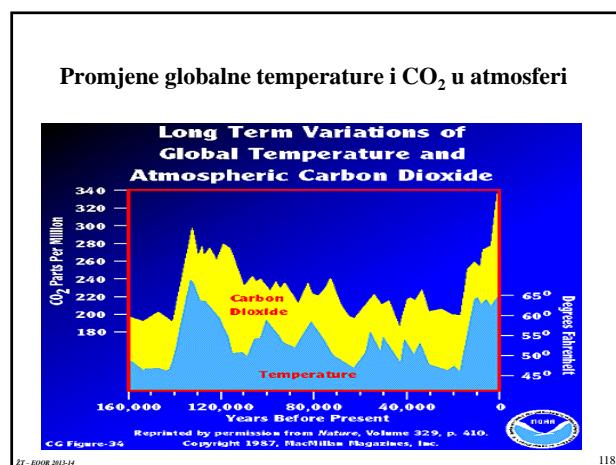
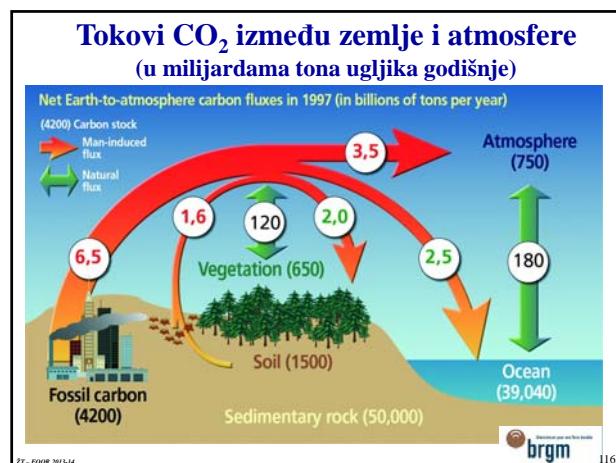
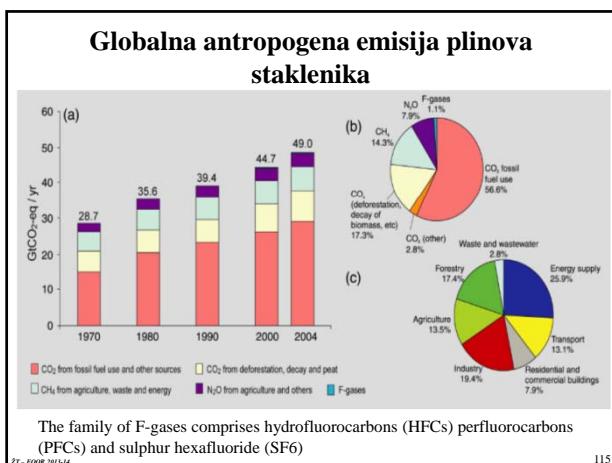
113

Glavni izvori stakleničkih plinova

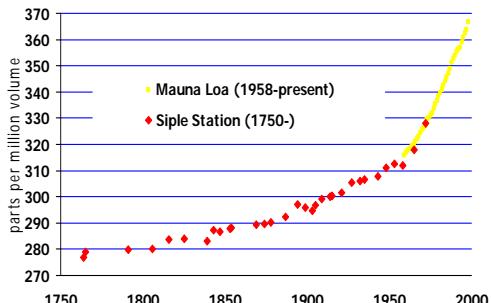
- Glavni antropogeni izvori stakleničkih plinova su:
 - izgaranje fosilnih goriva,**
 - industrijski procesi,
 - odlaganje otpada,
 - sječa šuma,
 - poljoprivredna proizvodnja i
 - stočarstvo.

ZF - EOOD 2013-14

114

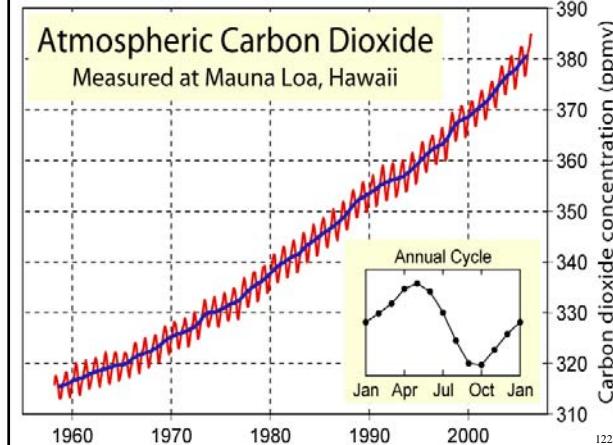


Koncentracija CO₂ u atmosferi od 1750. do danas

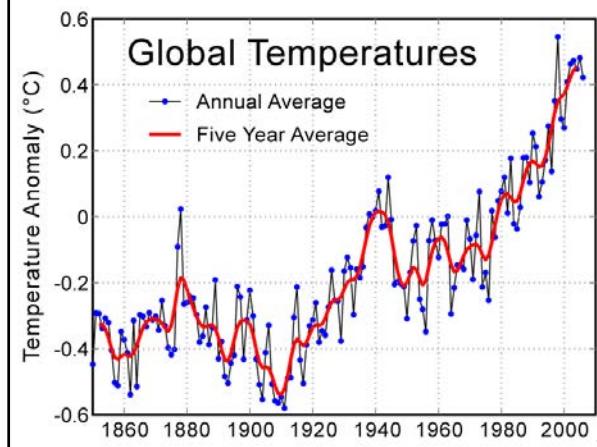
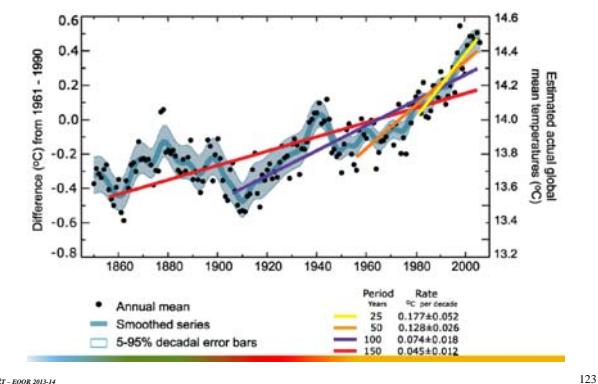


Data Source: C.D. Keeling and T.P. Whorf, Atmospheric CO₂ Concentrations (ppmv) derived from in situ air samples collected at Mauna Loa Observatory, Hawaii. Scripps Institute of Oceanography, August 1998. A. Neftel et al, Historical CO₂ Record from the Siple Station Ice Core, Physics Institute, University of Bern, Switzerland, September 1994. See <http://cdiac.essd.ornl.gov/trends/co2/contents.htm>

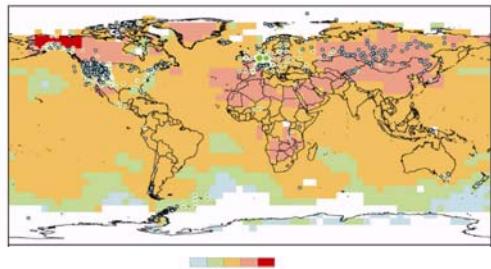
Atmospheric Carbon Dioxide Measured at Mauna Loa, Hawaii



Globalna prosječna temperatura



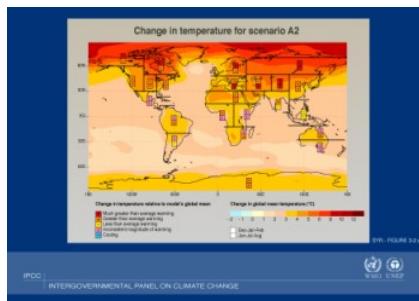
Promjene u prizemnoj temperaturi 1970.-2004.



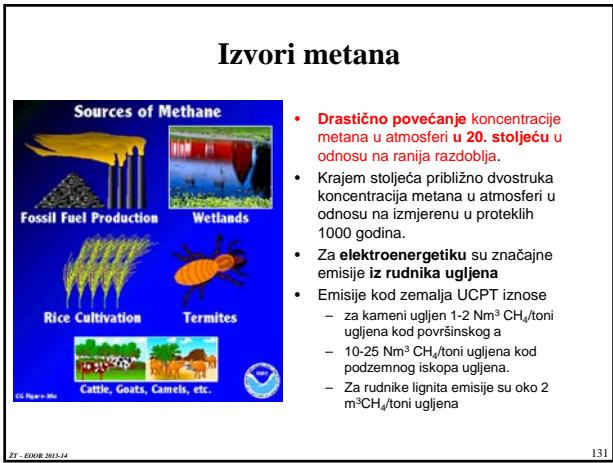
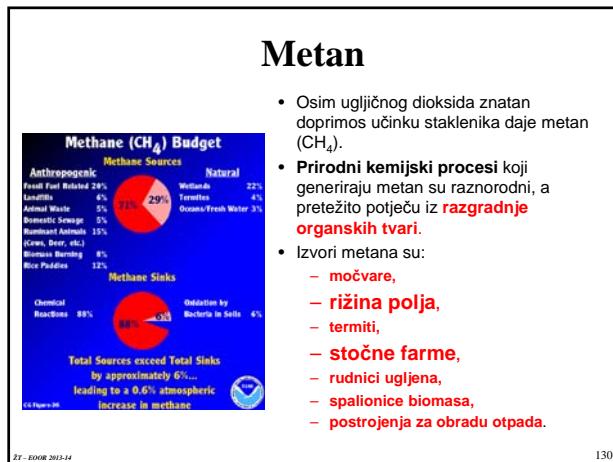
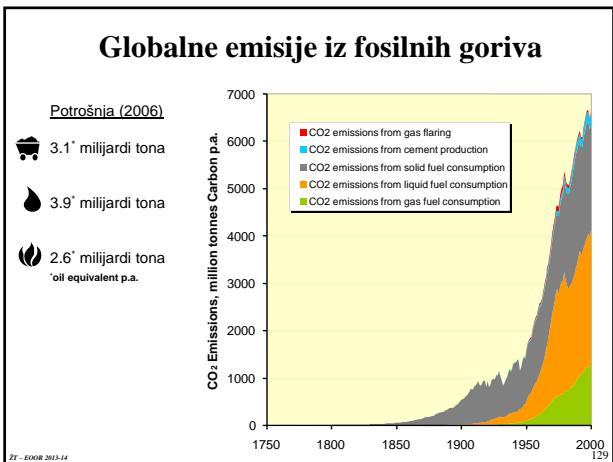
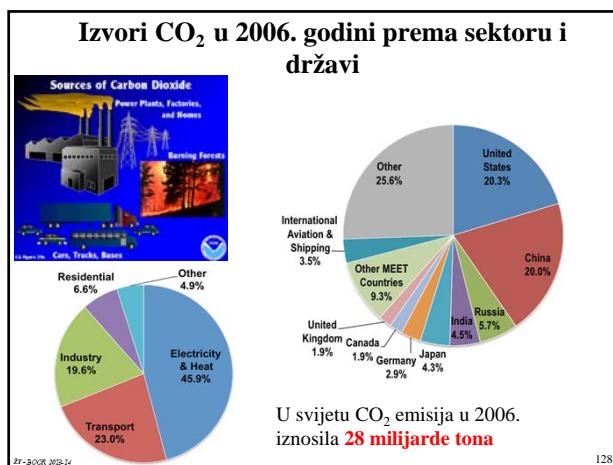
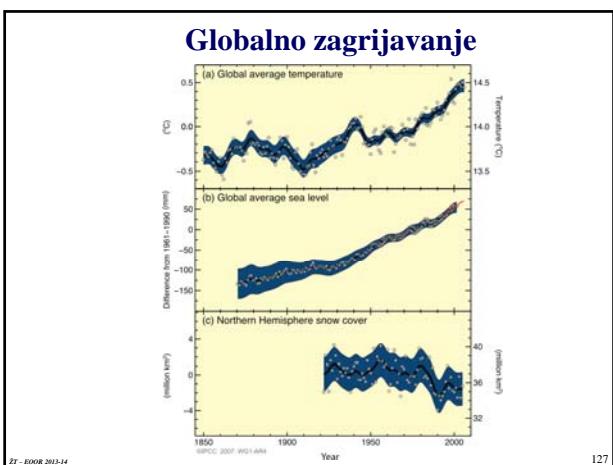
ZI - EOR 2013-14

125

Jedan od scenarija promjene temperature do 2100. godine



ZI - EOR 2013-14



Izvor CFC

Smanjenje emisije CFC

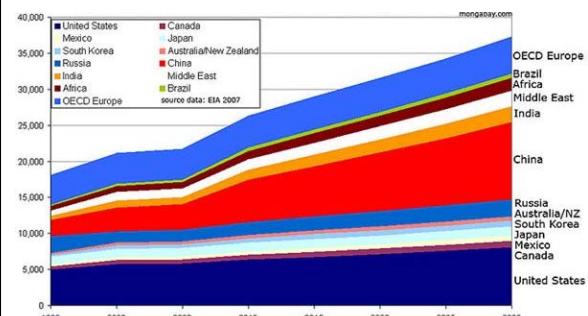


- 1987. Montrealski protokol o tvarima koje ošteteju ozonski omotač - određeno da će se smanjiti proizvodnja CFC za 50% do 2000. godine
- 1990. Londonski amandmani na protokol - odredili da će se proizvodnja CFC i CCl4 i halona potpuno prestati do godine 2000. - pomaknuto na 2006.

ZT – EOR 2013-14

133

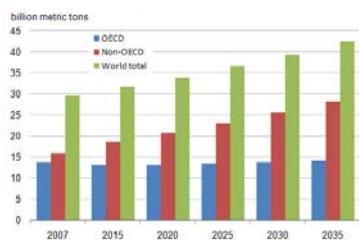
Emisija CO₂ u svijetu 1990-2030.



ZT – EOR 2013-14

134

Rast emisija CO₂ uglavnom dolazi iz non-OECD zemalja

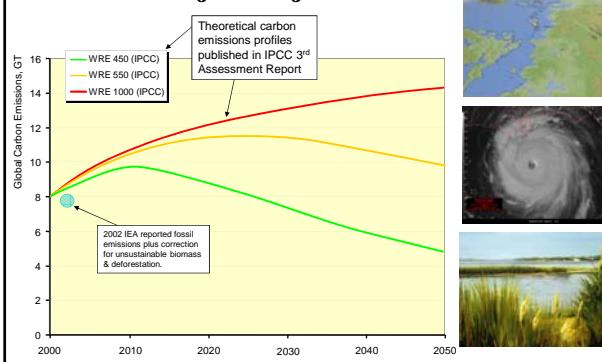


EIA predviđa da su non-OECD zemlje povezane s bržim gospodarskim rastom i uz to s proizvodnjom električne energije iz ugljena.

Zbog toga non-OECD zemlje čine skoro sav rast emisija CO₂.

135

Razni scenariji emisija CO₂

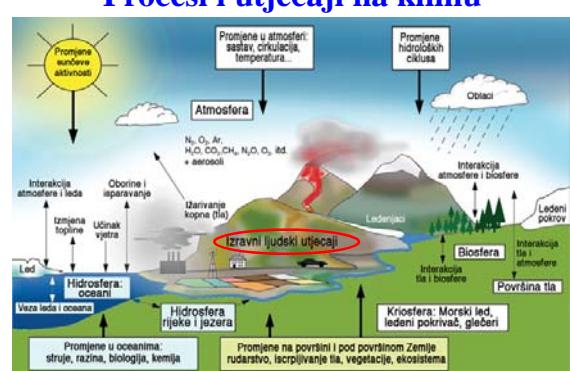


ZT – EOR 2013-14

136

Klima i njena promjena

Procesi i utjecaji na klimu



ZT – EOR 2013-14

138

Klimatske promjene

- Život na Zemlji moguć je zbog postojanja prirodnih plinova staklenika u atmosferi.
- Klimatski sustav određuju brojne interakcije između sunca, oceana, atmosfere, kopna i živih organizama.
- Sastav atmosfere je u tom sustavu značajan budući da pojedini plinovi i čestice apsorbiraju toplinu koju Zemlja oslobođa u atmosferu zračenjem, doprinoseći dodatnom zagrijavanju atmosfere.
- Narušavanjem odnosa u kemijskom sastavu zraka, narušava se i ravnoteža klimatskog sustava s klimatski mjerljivim posljedicama.

ZT - EKOR 2013-14

139

KLIMATSKE PROMJENE

KLIMATSKE PROMJENE su promjene klime koje se pripisuju izravno ili neizravno aktivnostima čovjeka koje mijenjaju sastav globalne atmosfere, te koje se uz prirodnu promjenjivost klime promatraju kroz usporediva razdoblja.

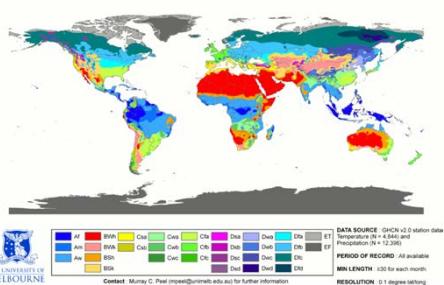
ZT - EKOR 2013-14

140

Köppenova klasifikacija klime

A -Tropska klima B -Suha klima C -Umjerena klima D - Snježno-šumska klima E -Polarna klima

World map of Köppen-Geiger climate classification



ZT - EKOR 2013-14

141

Dijagram određivanja klime

- Klima je vrijeme u nekom području kroz dugi vremenski period (20 - 1 000 000 godina)

Elementi klime koji se uzimaju u obzir pri određivanju klime su:

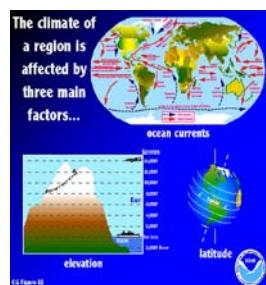
- insolacija,
- temperatura zraka,
- tlak zraka,
- smjer i brzina vjetra,
- vlažnost zraka,
- padaline,
- naoblaka i
- snježni pokrivač, a

mijenjaju se pod utjecajem klimatskih faktora ili modifikatora (zemljopisna širina, reljef, raspodjela kopna i mora, morske struje, nadmorska visina, rotacija, revolucija, atmosfera, udaljenost od mora, jezera, tlo i biljni pokrov te utjecaj čovjeka).

ZT - EKOR 2013-14

142

Faktori koji utječu na klimu



- **Faktori** koji utječu na klimu:
 - struje oceana
 - nadmorska visina
 - geografska širina

ZT - EKOR 2013-14

143

Klima Zemlje se stalno mijenja

- **Klima Zemlje se stalno mijenja** uslijed različitih astronomskih, fizikalnih i kemijskih čimbenika.
- U posljednjih sto godina **ljudske su se aktivnosti** toliko **intenzivirale** pa i one imaju izravan utjecaj na klimu.
- **Emisija produkata izgaranja** u atmosferi je uzrokovala promjene u karakteristikama zračenja na način da se koncentracija plinova staklenika u atmosferi **počela povećavati**, a pored povećane koncentracije plinova kojih je već bilo u atmosferi, pojavili su se i **klorofluorovodici**.

ZT - EKOR 2013-14

144

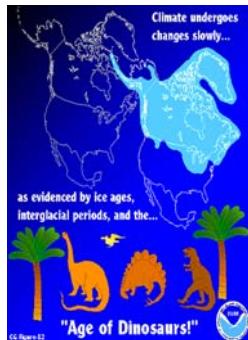
Klima Zemlje se stalno mijenja

- Osim toga, ustanovljeno je da je **u urbanoj okolini** stvaranje **sekundarnih polutanata** (fotokemijskih oksidanata) veće kod viših temperaturu zraka, što može dodatno opteretiti već onečišćenu atmosferu.
- Temperatura zraka, oborine i ostali klimatološki elementi** mogu se **mijenjati** unutar kompleksnog niza interakcija, kao posljedica **modifikacija u ravnoteži zračenja**.

ZT – EOR 2013-14

145

Klima se mijenja

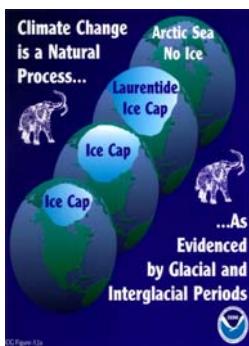


ZT – EOR 2013-14

- Klima se **mijenjala** u prošlosti:
 - globalna srednja temperatura je porasla
 - globalni nivo mora je porasao za 10-25 cm
 - globalno taloženje na zemljištu se povećalo 1%
- Klimatske promjene su spore

146

Klima se mijenja



ZT – EOR 2013-14

- Klimatske promjene su prirodni proces**
- ledeno doba – pad prosječne temperature za
- 5 °C

147

Klima se mijenja

- Mjerenja temperature zraka**, koja sežu unatrag pedesetak godina, a na nekim postajama i više od stotinu, **pokazuju porast srednje globalne temperature u posljednjih 80-100 godina**.
- Paleoklimatološka istraživanja su pokazala kako je i **raniјe bilo toplijih i hladnijih razdoblja na Zemlji**.
- Posljednja opažanja potvrđuju da se **klima mijenja izvan okvira koji se mogu pripisati prirodnoj varijabilnosti**, premda je **teško precizno odrediti udjel ljudskih aktivnosti u klimatskim promjenama**.

ZT – EOR 2013-14

148

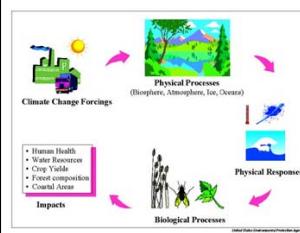
UTJECAJ KLIMATSKIH PROMJENA



ZT – EOR 2013-14

149

Utjecaj klimatskih promjena



ZT – EOR 2013-14

- Klimatske promjene utječu na:
 - Zdravlje ljudi**
 - Izvore vode**
 - Prinos žetve**
 - Šume**
 - Priobalna područja**

150

Utjecaj klimatskih promjena

• Zdravlje ljudi:

- Smrtnost povezana s vremenskim prilikama (**topliski udari**)
- **Infektivne bolesti** (utjecaj promjene klime na prenosnike različitih bolesti) - povećanje bolesti koje prenose insekti
- **Bolesti dišnih puteva** vezane uz kvalitetu zraka

• Izvore vode:

- promjene u snabdijevanju vodom
- **kvaliteta vode**
- **povećana konkurenca za vodom**
- češća pojave poplava

ZT – EOODR 2013-14

151

Utjecaj klimatskih promjena

• Klimatske promjene najveća opasnost za zdravljie:

- **Toplija** će klime omogućiti bolestima koje prenose **kukci i ostale životinje**, kao što su Dengue groznica i **malaria**, širenje u područja gdje do sada nisu bile poznate.
- **Toplotni udari** mogu ubiti tisuće ljudi, čak i u zemljama poput Francuske, Njemačke, Švedske i Rusije. Toplinski udari 2003. godine ubili su otprilike 70 tisuća ljudi u Europi, pretežno putem srčanih i respiratornih bolesti.
- **Suša** će uzrokovati propast usjeva i staviti polovicu stanovnika Zemlje pred izazov gladi tijekom slijedećih nekoliko desetljeća.
- **Ekstremne vremenske okolnosti** poput **poplava** mogu ubijati tisuće ljudi izravno i još više indirektno, zbog bolesti koje se uvijek pojavljuju nakon poplava i izloženosti ljudi koji su izgubili domove.

ZT – EOODR 2013-14

152

Utjecaj klimatskih promjena

- Bez obzira na napredak u zdravstvenoj njezi, svake godine umre **10 milijuna djece, preko 200 milijuna djece u dobi do pet godina ne ispunjava svoj potencijal razvoja, 800 milijuna ljudi svakodnevno liježe u krevet gladno i milijardu i pol ljudi nema pristupa čistoj vodi za piće.**
- Promjene klime značajno će povećati ove brojke.
- **Ugljični otisak najsirošnjih miliardu ljudi iznosi otprilike 3% ukupnog ugljičnog otiska, no što je najgore, upravo će ti ljudi biti najviše pogodeni promjenama klime**

ZT – EOODR 2013-14

153

Utjecaj klimatskih promjena

- **Gubitak zdravih godina života** kao rezultat globalne promjene okoliša (uključujući klimatske promjene) bit će prema predviđanjima **500 puta veći u Africi nego u Europi**
- **Trećina svjetske populacije živi do sto kilometara od obale, a trinaest od dvadeset najvećih svjetskih gradova locirano je na samoj obali.**
- Ako se razina mora podigne 13 metara do sredine sljedećeg stoljeća, kako predviđaju neki znanstvenici, više od milijarde ljudi morat će se preseliti zbog klimatskih promjena.
- Ako točke preokreta uzrokuju naglige klimatske promjene, navedene će se posljedice dogoditi i ranije.

ZT – EOODR 2013-14

154

Utjecaj klimatskih promjena

- **Utjecaj na poljoprivrednu**
 - promjena geografske distribucije žitarica
 - smanjenje prinosa žitarica
 - potreba za navodnjavanjem
- **Šume**
 - promjena u sastavu šuma
 - geografska promjena veličina šuma
 - zdravlje šuma i produktivnost proizvodnje
 - povećanje rizika od požara tokom ljeta

ZT – EOODR 2013-14

155

Utjecaj klimatskih promjena

- **Priobalna područja**
 - u USA **nivo mora** porastao za **25-30 cm** u posljednjem stoljeću
 - **erozija pješčanih plaža**
 - **poplavljivanje obalne zemlje**
 - troškovi obrane od poplavljivanja obale (obrana od porasta za 25 cm procjenjuje na **30-40 miliardi USD**)
- **Biljne i životinjske vrste i prirodna područja**
 - pomak ekoloških zona - svaki **1 °C** zatopljenja pomiče temperaturne zone za oko **150 km sjevernije ili 150 u visinu**
 - **gubitak staništa i vrsta**

ZT – EOODR 2013-14

156

Neke od posljedica

- U zadnjih stotinu godina došlo je do najvećeg zagrijavanja zemljine površine u posljednjih 1300 godina.
- Tako je između 1906. i 2006. godine, prosječna temperatura porasla za 0,6-0,9°C, a brzina porasta temperature se gotovo udvostručila u posljednjih 50 godina.
- Zbog otapanja leda, razina mora polako raste.
- U 20. stoljeću razina mora povišila se za 17 centimetara. Globalno zagrijavanje smanjuje ledenjake na Everestu brže nego ikada.
- Globalno zatopljenje svake godine dovodi do 150 000 smrtnih slučajeva, a do 2030. godine taj broj bi se mogao udvostručiti, procjenjuje Svjetska zdravstvena organizacija.
- U Australiji bi do 2100. godine zbog toplotnoga stresa svake godine moglo umrijeti i do 15 000 ljudi, a u ovome ih trenutku zbog toga razloga umire oko 1000.

ZT – EORR 2013-14

157

Neke od posljedica klimatskih promjena

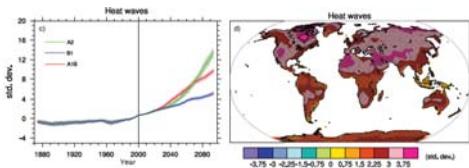
- Globalno zatopljenje otežat će opskrbu električnom energijom.
- Globalno zagrijavanje moglo bi do 2100. voditi i do većega broja suša, poplava i tajfuna
- Ako će temperature do kraja stoljeća zaista porasti za oko šest stupnjeva ...

Mjesto na Zemlji danas. Isto mjesto, 6 stupnjeva manje. Zemlja, 6 stupnjeva više.



158

Projekcija u promjenama ekstrema



Povećanje dnevnih i noćnih ekstremnih temperatura je sigurno.

- Vrlo je vjerojatno da veliki topinski udari i velike padaline će biti sve češći.
- Na osnovi modela da će tropski cikloni biti sve intenzivniji

ZT – EORR 2013-14

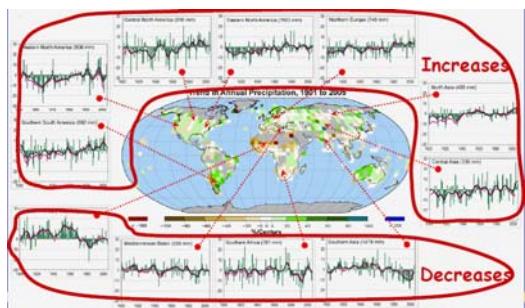
159

Veće padaline i ekstremni događaji



160

Padaline (kiša i snijeg) su promjenjive – ali postoje dokazi za sustavne promjene



161

Mogućnosti usporavanja efekta staklenika tj. klimatskih promjena



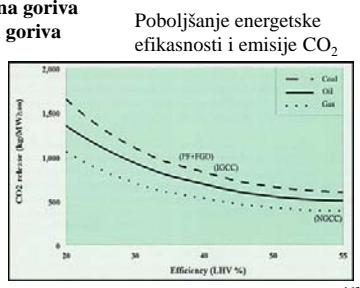
- Količina plinova staklenika u atmosferi može se smanjiti:
 - kontrolom emisija
 - povećanim nivom redukcije

162

Smanjenje emisija

Mogućnosti smanjenja emisija

- **poboljšanje energetske efikasnosti**
- prelazak na nisko ugljična goriva
- prelazak na bez ugljična goriva
 - nuklearna energija
 - obnovljivi izvori



ZF - EIOR 2013-14

163

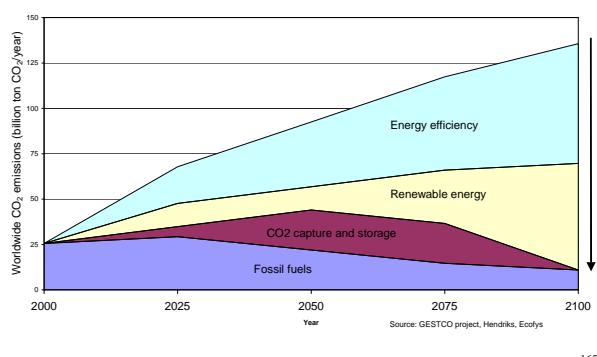
Kako smanjiti emisije?

- Danas je postalo jasno da zajedničkim djelovanjem porasta energetske učinkovitosti i primjene obnovljivih izvora energije **nije moguće na vrijeme** postići potrebnu razinu smanjenja emisija.
- Djelotvorno ograničavanje globalne promjene klime zahtjeva i primjenu **hvatanja (capture) i skladištenja (storage) CO₂**, (engl. CCS - Carbon Capture and Storage) u podzemnim geološkim formacijama.

ZF - EIOR 2013-14

164

Mogućnosti smanjenja emisija



ZF - EIOR 2013-14

165

Mogućnosti smanjenja emisija

- Primjena CCS tehnologije bit će učinkovita podrška postupnom prijelazu od sadašnjeg sustava korištenja fosilnih goriva prema novom sustavu dobave energije, čija će raznolikost zadovoljavati zahteve minimalnog utjecaja na klimatske promjene.
- Naš sadašnji sustav dobave energije u prijelaznom razdoblju ostat će u najvećoj mjeri nepromijenjen, ali uz obavezu izgradnje nove infrastrukture.

ZF - EIOR 2013-14

166

Smanjenje emisija CO₂

Mogućnosti smanjenja emisija CO₂ "zarobljavanjem"

- **Hvatanje i iskorištavanje CO₂**
- **Skladištenje CO₂**
- Postoje sustavi za "zarobljavanje CO₂" ali za sada sa ograničenim mogućnostima i većina tehnologija još u razvoju
- **Potrebna dodatna količina energije** koja smanjuje efikasnost proizvodnje za 10%
- Svaka tona izbjegnute emisije CO₂ košta oko 40 USD
- Povećanje troškova za 2 c/kWh ili oko 40% sadašnjeg nivoa

ZF - EIOR 2013-14

167

Smanjenje emisija CO₂

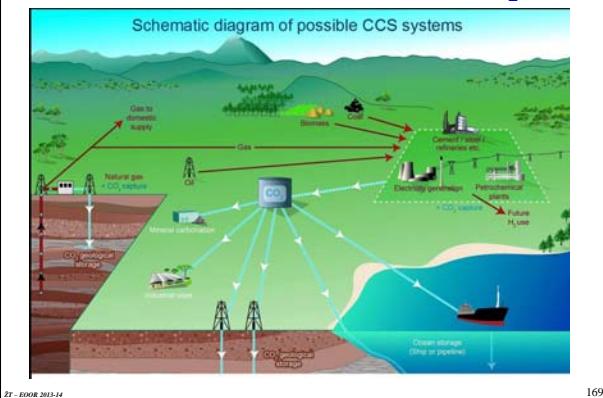
Nakon odvajanja CO₂ iz dimnih plinova on mora biti ili iskorišten za neke druge potrebe ili spremljen (CCS)

- **Iskorištavanje CO₂**
 - u kemijskoj industriji
 - za unaprednje vodenja sirove nafte
 - za rast biljaka ili algi (za korištenje kao biogorivo)
- **Skladištenje CO₂**
 - u oceane
 - u duboke slane rezervoare
 - u iskorištene bušotine nafte i plina
 - kao krutina na zemljištu

ZF - EIOR 2013-14

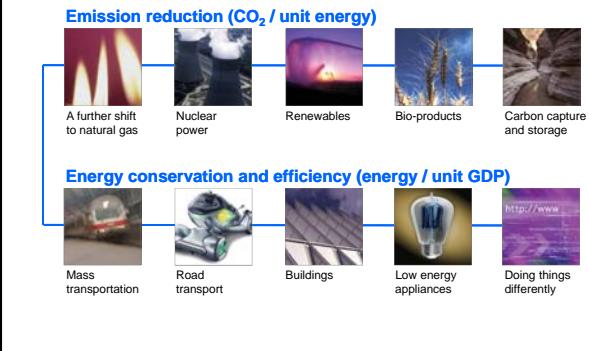
168

Mogući sustavi za skladištenje CO₂



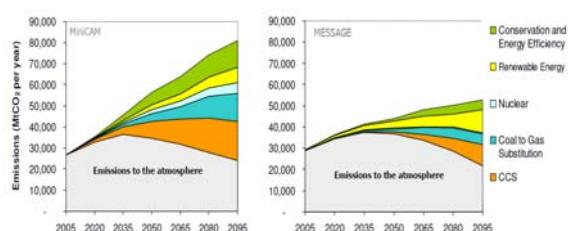
169

Opcije promjena



170

Opcije promjena



171

Klimatske zone - Hrvatska

- Prema Köppenovoj klasifikaciji najveći dio Hrvatske ima **umjereno toplu kišnu klimu**
- Samo **najviša planinska područja (>1200 m nm)** imaju **snežno - šumsku klimu**
- Unutrašnjosti najtoplijih mjeseci u godini imaju **srednju temperaturu nižu**, a u priobalnom području višu od **22 °C**.
- Srednja godišnja temperatura zraka na priobalnom području** kreće se između **12 °C i 17 °C**.
- Ravničarsko područje** sjeverne Hrvatske ima **srednju godišnju temperaturu između 10 °C i 12 °C**, a na visinama većim od 400 m nižu od 10 °C.

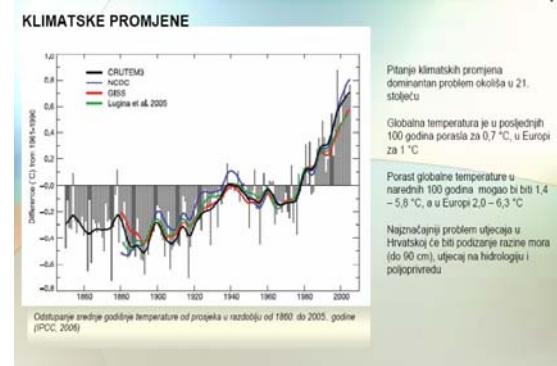
172

Klimatske zone - Hrvatska

- Srednje godišnje količine oborina** u Hrvatskoj kreću se između **600 i 3500 mm**.
- Najmanje količine na Jadranu imaju vanjski otoci (<700), najveće vrijednosti do 3500 mm vrhovi planina u Gorskem kotaru (Risnjak i Snježnik).
- Najsunčaniji dijelovi Hrvatske** su vanjski otoci srednjeg Jadrana (**Vis, Lastovo, Biševo i Svetac**) i zapadne obale otoka Hvara i Korčule s više od **2700 sati sijanja Sunca**.
- Godišnja insolacija u središnjem planinskom području iznosi 1700-1900 sati s najmanjom insolacijom (1700 sati godišnje) i najvećom naoblakom (6-7 desetina) u Gorskom Kotaru.

173

Međunarodni odgovor na promjenu klime



174

Međunarodni odgovor na promjenu klime

- **Prva Svjetska konferencija o klimi** priznala je klimatske promjene kao ozbiljan problem 1979. Ovaj skup znanstvenika istražio je kako promjene klime mogu utjecati na ljudske aktivnosti.
- Objavljena je **deklaracija** kojom se pozivaju svjetske vlade "da predvide i sprječe moguće ljudski izazvane promjene klime koje mogu biti suprotne dobrobiti čovječanstva".
- Skup je utvrdio planove o osnivanju Svjetskog klimatskog programa (World Climate Programme – WCP) pod zajedničkom odgovornošću Svjetske meteorološke organizacije (World Meteorological Organization - WMO), Programa za okoliš Ujenjenih Naroda (United Nations Environment Programme - UNEP) i Međunarodnog vijeća znanstvenih unija (International Council of Scientific Unions - ICSU).

175

Međunarodni odgovor na promjenu klime

- **Krajem 1980-ih i početkom 1990-ih održano je mnogo međuvladinih konferencija o klimatskim promjenama.** Zajedno s povećanjem znanstvenih dokaza, ove konferencije pomogle su podići međunarodnu brigu o tom pitanju. Sudionici su obuhvaćali vladine dužnosnike, znanstvenike i ekologe.
- Sastanci su obuhvaćali znanstvena i politička pitanja i pozivali su na globalnu akciju.
- Najznačajniji događaji bili su Konferencija u Villachu (listopad 1985.), Konferencija u Torontu (lipanj 1988.), Konferencija u Ottawi (veljača 1989.), Konferencija u Tati (veljača 1989.), Haška konferencija i deklaracija (ožujak 1989), Ministarska konferencija u Noordwiku (studeni 1989.), Sporazum u Kairu (prosinac 1989.) i Konferencija u Bergenu (svibanj 1990.).

176

Međunarodni odgovor na promjenu klime

- **Međuvladin panel o promjeni klime (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC)** objavio je svoje prvo Izvješće 1990.
- Osnovan 1988. od UNEP-a i WMO-a, **Panelu je dan mandat da procijeni stanje postojećeg znanja o klimatskom sustavu i klimatskim promjenama; ekološkim, ekonomskim i društvenim utjecajima promjene klime;** kao i o mogućim strategijama odgovora.
- **Potvrđeno nakon zahtjevnog procesa recenzije, Izvješće je potvrdilo znanstvene dokaze o promjeni klime.**
- Imalo je snažan efekt na kreatore politike kao i opću javnost i utvrdilo je osnove za pregovore o Konvenciji o promjeni klime.
- Predstavlja pogled 2500 vodećih svjetskih stručnjaka iz klimatologije i drugih eksperata

177

Međunarodni odgovor na promjenu klime

- **Druga Svjetska konferencija o klimi 1990. pozvala je na okvirni sporazum o klimatskim promjenama.**
- Pod pokroviteljstvom WMO-a, UNEP-a i drugih međunarodnih organizacija, ova ključna konferencija pokrenula je pregovore i razgovore na razini ministara među 137 zemalja te Europske Zajednice.
- **Završna deklaracija, usvojena nakon teških pregovora, nije precizirala nijedan međunarodni cilj za smanjenje emisija.**
- Ipak, podržala je brojne principi koji su kasnije uključeni u Konvenciju o promjeni klime.
- Ti principi govore o klimatskim promjenama kao "zajedničkoj brizi čovječanstva", važnosti pravednosti, "zajedničkoj ali odvojenoj odgovornosti" zemalja različitog stupnja razvijenosti, **održivom razvoju** i principima prevencije.

178

Međunarodni odgovor na promjenu klime

"Climate Change – The IPCC Scientific Assessment (1990):
The unequivocal detection of the enhanced greenhouse effect from observations is **not likely** for a decade or more."

Climate Change 1995 – The Second Assessment of the (IPCC):
"The **balance of evidence** suggests a discernible human influence on global climate."

Climate Change 2000 – The Third Assessment Report of the IPCC:
"Most of the observed warming over the last 50 years is **likely** to have been due to the increase in greenhouse gas concentrations."

Climate Change 2007 – The Fourth Assessment Report of the IPCC:
"Most of the observed increase in globally averaged temperatures since the mid-20th century is **very likely** due to the observed increase in anthropogenic greenhouse gas concentrations."

179

Međunarodni odgovor na promjenu klime

- **Okvirnu konvenciju UN-a o promjeni klime iz 1992. potpisalo je 154 zemalja (plus EZ) u Rio de Janeirou.**
- Dvadeset godina nakon Stockholmske deklaracije koja je 1972. prva postavila temelje suvremene ekološke politike, Skup u Riu postao je najveći ikad održani skup šefova država.
- Drugi sporazumi usvojeni u Riu bili su Deklaracija iz Ria, Agenda 21, Konvencija o biološkoj raznolikosti i "Forest Principles".

180

Međunarodni odgovor na promjenu klime

- Okvirna konvencija UN-a o promjeni klime UNFCCC
 - rješava pitanje klimatskih promjena na globalnom planu
 - prihvaćena na samitu u Rio de Janeiru 1992. godine
 - od tada je 190 država ratificiralo Konvenciju
- **Zadržavanje emisija država Priloga I, 1990.**
- **Dostavljati nacionalno izvješće o provođenju odredbi Konvencije u propisanom formatu i sadržaju;**
- **Hrvatska dostavila**
 - Prvo nacionalno izvješće o promjeni klime 2001. godine
 - Drugo, treće i četvrto nacionalno izvješće dostavljeno 2007.
 - Planirano je da će slijedeće izvješće biti objavljeno 2010. godine

ZT – EOODR 2013-14

181

Međunarodni odgovor na promjenu klime

- **Okvirna konvenciju UN-a je stupila na snagu 21. ožujka 1994.**
 - To je bilo 90 dana nakon ratifikacije 50. države (nakon potpisa konvencije država je mora i ratificirati).
 - Slijedeći kritični datum bio je 21. rujna kada su razvijene zemlje stranke započele s dostavljanjem nacionalnih izvješća kojima se opisuju njihove strategije o promjeni klime.
- **Konferencija stranaka (Conference of Parties - COP) postala je najviše tijelo Konvencije.**
- Od tada je 186 zemalja ratificiralo Konvenciju, među kojima i Hrvatska 1996. godine

ZT – EOODR 2013-14

182

Međunarodni odgovor na promjenu klime

- Kyoto protokol je prihvaćen na COP-3 u prosincu 1997.
- Oko 10000 delegata, promatrača i novinara sudjelovalo je u ovom visoko profiliranom događaju od 1. do 10 prosinca (razgovori zapravo nisu dovršeni do popodneva 11. prosinca).
 - Protokolom, koji je usvojen konsenzusom, **industrijalizirane zemlje imaju pravno vezanu obvezu da smanje ukupne emisije stakleničkih plinova za najmanje 5% u usporedbi s razinom iz 1990. u razdoblju od 2008. – 2012.**
 - Protokol je otvoren za potpis 16. ožujka 1998. a stupit će na snagu 90 dana nakon što ga ratificira najmanje 55 stranaka Konvencije, uključujući razvijene zemlje koje predstavljaju najmanje 55% ukupnih emisija CO₂ iz 1990. ove grupe zemalja.
 - U međuvremenu, stranke će nastaviti provoditi svoje obveze iz Konvencije o promjeni klime i pripremiti se za buduću primjenu Protokola.

ZT – EOODR 2013-14

183

Kyotski protokol

Kyoto protokol

- Države Aneksa I podijeljene su u dvije skupine:
 - **razvijene industrijske zemlje** od kojih je većina članica OECD-a (Organization for Economic Co-operation and Development) i
 - zemlje koje prolaze proces prelaska na tržišnu ekonomiju.
- Sve ostale države spadaju u skupinu zemalja koje su u razvoju i siromašnije zemlje (**non-Aneks I države**).

ZT – EOODR 2013-14

185

- Na Trećoj Konferenciji stranaka UNFCCC u Kyotu je 11. prosinca 1997. godine prihvaćen Kyotski protokol kojim **industrijalizirane države svijeta postavljaju cilj smanjenja emisije ukupno za 5 %, u razdoblju od 2008. do 2012. godine u odnosu na baznu 1990. godinu.**
- Ciljevi za pojedine države su različiti: od -8 % smanjenja do +10 % povećanja emisije.
- Obveze smanjenja emisije mogu se postići primjenom domaćih mjera ili u drugim državama korištenjem tzv. mehanizama Kyotskog protokola.

ZT – EOODR 2013-14

186

Staklenički plinovi

Staklenički plin	Kemijska formula	Konc. prije revolucije	Konc. nakon revolucije	Godine života u atmosferi	Glavni izvor	Relativni staklenički potencijal
Uglijčni dioksid	CO ₂	280	358 ppmv	50-200	Fosilna goriva Sjeća sum	1
Metan	CH ₄	700	1720 ppmv	12-17	Fosilna goriva Rizna polja	21
Didušik oksid	N ₂ O	275	312 ppmv	120-150	Gnojenje Ind. procesi	310
CFC	CFC ₁₂	0	503 pptv	102	Tek. radijadna sredstva Pjene	125-152
HCFC	HCFC-22	0	105 pptv	13	Tek. radijadna sredstva	125
Perfluoro uglik	CF ₄	0	110 pptv	50000	Proizvodnja aluminija	6500
Sumpor heksafluorid	SF ₆	0	72 pptv	1000	Proizvodnja magnezija	23900

ZT - EOODR 2013-14

187

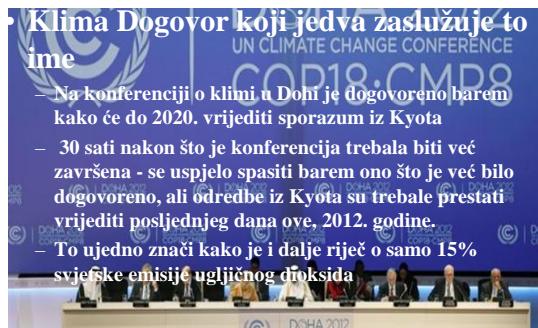
Kyoto protokol

- Kyoto protokol stupa na snagu 90 dana od ratifikacije najmanje 55 država Konvencije čija je emisija najmanje 55 % emisije CO₂ zemalja Aneksa I Protokola.
- Do sada je Kyoto protokol ratificiralo 191 država. Protokol je podvrgnut ratifikaciji - potpisivanju, prihvatanju, odobrenju i pridruživanju - pristupu svim članicama Konvencije.
- **Tih 55% emisije je postignuto 28. listopada 2004. godine kad je Kyoto protokol potpisana od strane Rusije.**
- Kyoto protokol je zvanično stupio na snagu 16. veljače 2005. godine.
- To konkretno znači da će trideset industrijski razvijenih zemalja imati zakonsku obvezu smanjenja i ograničavanja emisije stakleničkih plinova.
- Međunarodno tržište ugljikom postat će zakonsko i stvarno.
- Mechanizam Kyoto protokola "emissions trading" dopušta razvijenim zemljama da kupuju i prodaju emisiju međusobno.

ZT - EOODR 2013-14

188

COP 18, 2012. – Doha



ZT - EOODR 2013-14

189

Pregovori za Post - Kyotsko razdoblje

- U okviru Ad-hoc radne skupine za razmatranje budućih obveza država Priloga I u okviru Kyotskog protokola, razmatra se režim smanjenja emisija stakleničkih plinova u razdoblju **nakon onog utvrđenog Kyotskim protokolom** (2008.-2012.).
- Države su dužne pripremiti projekcije emisija stakleničkih plinova do 2020., s trendovima do 2030. i 2050. kao i analizu potencijala mjera za smanjenje emisija stakleničkih plinova i opseg obveza koje mogu preuzeti nakon 2012. godine.

ZT - EOODR 2013-14

190

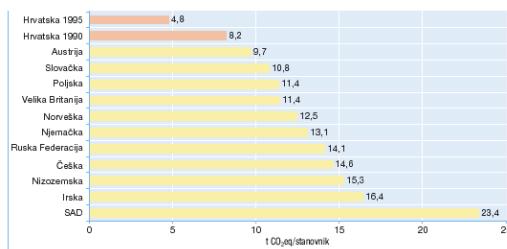
Hrvatska i Kyoto protokol

- Hrvatski predstavnici su potpisali Protokol početkom 1999. (11.03.1999. godine), ali nije ratificiran.
- Republika Hrvatska, kao zemlja koja prolazi proces prelaska na tržišnu ekonomiju, preuzeila je obvezu poštivanja i provođenja načela Protokola.
- Protokolom se od Hrvatske zahtijeva **smanjenje emisija ugljičnog dioksida u odnosu na baznu godinu za 5%** u periodu 2008-2012.
- Sve države EU, te države ratificirale su Kyoto protokol.

ZT - EOODR 2013-14

191

Emisije stakleničkih plinova po stanovniku



*Podaci su iz: UNFCCC: Second compilation and synthesis of second national communications, 1998.
Slika 1-3.: Ukupne emisije stakleničkih plinova (bez ponora) po stanovniku za neke Annex I zemlje

ZT - EOODR 2013-14

192

Klimatski scenariji u Hrvatskoj

- Regionalni modeli promjene temperature zraka dobiveni prema *business as usual* globalnom scenaruju (podvostručenje CO₂ u atmosferi) daju porast temperature nad područjem Hrvatske u rasponu od **2,0 do 2,8° C** duž obale i u gorskom dijelu, te **2,4 do 3,2° C** u nizinskom dijelu Hrvatske.
- **Najveće promjene očekuju se za ljeto**, s predviđenim porastom od 2,8-3,2° C (obalno područje), odnosno 3,2 do 3,6° C (nizinski dio, Istra).
- Godišnje količine oborina mogli bi porasti između 4 do 10 posto na obali i u gorskom području, te 8 do 10 posto u nizinskim krajevima i Istri.

ZT – EDOB 2013-14

193

Hrvatska i Kyoto protokol

- **Kyoto protokol, ratificiran od strane Hrvatskog sabora**, obvezuje Hrvatsku na smanjenje emisije stakleničkih plinova za 5 posto u razdoblju od 2008. do 2012. u odnosu na referentnu godinu, što bi obzirom na malu polaznu emisiju (**31,6 Mt CO₂ eq**) za Hrvatsku teško ostvariv zadatak
- Emisija stakleničkih plinova RH u 1990. godini iznosi manje od 0,2 posto emisije zemalja Priloga I., a emisija po stanovniku 6,55 MteqCO₂ je gotovo najmanja među tim državama.
- Posebnost Hrvatske leži i u činjenici da je do 1991. godine 22 posto potreba za električnom energijom namirivala iz energetskih izvora u drugim republikama bivše Jugoslavije.

ZT – EDOB 2013-14

194

Ratifikacija Kyoto Protokola

- Pregоворi o zahtjevu za povećanjem emisija u baznoj godini završeni su nakon **pet godina** na 12. zasjedanju Konferencije stranaka u **Nairobiju u studenom 2006.** godine.
- Usvojena je Odluka 7/CP.12 kojom se Republici Hrvatskoj priznaju specifične okolnosti u pogledu emisija stakleničkih plinova prije i nakon 1990. godine i dopušta povećanje visine emisije u baznoj godini za **dodatnih 3,5 mil. t CO₂ eq**.
- Sukladno odluci visina emisije stakleničkih plinova u baznoj godini za Republiku Hrvatsku jednaka je zbroju: **31,12 mil. t CO₂ eq + 3,5 mil. t CO₂ eq**, što **ukupno iznosi 34,62 mil. t CO₂ eq**.

ZT – EDOB 2013-14

195

Ratifikacija Kyoto Protokola

**Zakon o ratifikaciji Kyoto protokola je donesen na 25. sjednici Sabora
27. travnja 2007.**

(97 glasova "za", 1 "suzdržan").

ZT – EDOB 2013-14

196

Hrvatska i Kyoto protokol

- Problem za hrvatsku delegaciju je nastao neposredno prije Konferencije o promjeni klime u Kopenhagenu 2009. godine, kad je odluka prihvaćena po Konvenciji odbijena za prihvaćanje unutar Kyotskog sporazuma, iako su odluke COP-a do tada u praksi bile pravno obvezujuće za Kyoto.
- Nakon što je tih 3,5 milijuna tona odbijeno u sklopu hrvatske bazne godine, Hrvatska je podnijela žalbu UN-ovoj Konvenciji za klimu koja je u Kopenhagenu odbijena (COP15). 2010. godine žalba je podnesena i u sklopu klimatske konferencije u Cancunu (COP16), gdje je razmotrena, ali **niti tada nije bila prihvaćena**.

ZT – EDOB 2013-14

197

Politika EU u području klimatskih promjena

- **Obveze država članica do 2020. godine:**
 - **smanjenje emisije stakleničkih plinova za 20% u odnosu na razinu iz 1990.** (Kyotski cilj za EU je -8%); prijedlog za zemlje u razvoju: -30%
 - povećanje udjela obnovljivih izvora energije do 20% u ukupnoj potrošnji energije (min. 10% biogoriva u prometu)
 - povećanje energetske učinkovitosti, tj. ušteda ukupne potrošnje energije u EU za 20%
 - integrirana energetska politika i politika za ublaženje klimatskih promjena

ZT – EDOB 2013-14

198

PROMET ARKTIČKI LED SE OTAPA

- Brodovi preko sjeverne rute stede vrijeme i novac, a izbjegavaju gusare
- Skandinavski brodski prijevoznici objavili su da bi već sljedeće godine supertanker i ogromni teretni brodovi mogli redovito ploviti između Atlantskog i Tihog oceana preko Arktičkog mora čime bi se uštedjelo vrijeme, novac pa čak i smanjilo zagadenje okoliša,
- To se može »zahvaliti« globalnom zagrijavanju i rekordnom topljenju leda na sjeveru, a smatra se da bi do 2050. godine tijekom ljeta led mogao i potpuno nestati.
- tradicionalna ruta duga je 22.200 kilometara, a sjeverna 13.000 kilometara.

ZT - EOODR 2013-14

199

PROMET ARKTIČKI LED SE OTAPA

- na putu od Norveške do Kine za jedan teretni brod srednje veličine mogu uštedjeti čak 18 dana za put koji imači traje 40 dana, te uštedjeti 580 tona goriva.
- danska brodarska kompanija Nordic Bulk Carriers izišla sa zanimljivim podacima da su uštedjeli trećinu dosad uobičajenih troškova, a do Kine su stigli za dvostruko manje vremena nego južnom rutom.
- Zapravo, sjeverna je ruta 4000 nautičkih milja kraća od južne.



ZT - EOODR 2013-14



200

Rekordne globalne emisije ugljičnog dioksida

- Ukupna emisija ugljičnog dioksida u svijetu od sagorijevanja fosilnih goriva porast će na rekordnih 36 milijarda tona u 2013. godini - pokazuje neuspjeh vlada da stave pod kontrolu glavni staklenički plin.
 - Izvješće *Global Carbon Projecta* koji svake godine kompilira podatke istraživanja instituta širom svijeta
 - povećanje emisije od 2,1 posto u odnosu na godinu prije i 61 postotno povećanje od 1990.
 - Emisija ugljičnog dioksida raste zbog snažnog rasta potrošnje ugljena koji poništava svaku korist od povećanog korištenja obnovljivih izvora energije posljednjih godina

ZT - EOODR 2013-14

201

Do 2050. bit će 9 milijardi ljudi, a temperatura će rasti 4°C*

- Do 2050. godine na kugli zemaljskoj živjeti više od devet milijardi ljudi i to najviše u siromašnim zemljama i zemljama u razvoju, što će uzrokovati povećani broj slomova u velikim gradovima.
- Globalna populacija prema prihodima u četiri grupe;
 - najsiromašnije, s BDP-om nižim od 1500 dolara,
 - populacija u razvoju s BDP-om većim od 1500 dolara,
 - populacija u nastajanju s BDP-om do 12.000 dolara i
 - razvijene s BDP-om koji premašuje 12.000 dolara
- Potražnja za energijom do 2050. godine utrostručiti, dogodi li se ekonomski napredak, konkretnije ako populacije koje se trenutačno nalaze u razredu "razvoja" dostignu razred "razvijenih".
- Svi od navedenog ima posljedice i na klimatske promjene pa se tako predviđa da će se globalna temperatura podići za četiri celzijeva stupnja ili u najgorem scenariju za 6,4 stupnjeva Celzijevih u 2100. godini.
- Sa stajališta klimatskih promjena očekuju se ekstremi poput poplava i suša i nedostatak pitke vode

*Hongoo J. Hahn, voditelj Ureda Svjetske banke za Hrvatsku i Sloveniju

202

KLIMATOLOZI UPOZORAVAJU: Posljedice globalnog zagrijavanja osjećat će se stoljećima

- Prema izvješću koje je izradio međuvladin odbor za klimatske promjene (IPCC) usporen rast globalnih temperatura u posljednjih 15 godina može se objasniti prirodnim varijacijama i taj usporen trend samo maskira stvarni dugoročni trend zagrijavanja.
- Prema zaključcima IPCC-a pred Zemljom je, s rastom emisije stakleničkih plinova, daljnji porast temperaturi i sve više toplinskih valova, poplava, suša i porast razine mora, a oceani će postati sve kiseliji što će ugroziti morski svijet.
- "Ekstremno je vjerojatno (vjerojatnost od najmanje 95%) da je ljudski utjecaj bio dominantni uzrok zatopljavanja od sredine 20. stoljeća.,
- izvješće naglašava potrebu za hitnim djelovanjem u borbi protiv globalnog zagrijavanja i podsjeća da su vlade obećale da će do kraja 2015. pristati na dogovor pod okriljem UN-a za ograničavanje emisije stakleničkih plinova

ZT - EOODR 2013-14

203

KLIMATOLOZI UPOZORAVAJU: Posljedice globalnog zagrijavanja osjećat će se stoljećima

- Prema izvješću globalne temperature vjerojatno će porasti između 0,3 i 4,8 stupnjeva Celzija do kraja 21. stoljeća. Minimalni očekivani porast temperature postigao bi se samo pod uvjetom da vlade značajno smanje emisiju stakleničkih plinova.
- Znanstvenici očekuju porast razine mora između 26 i 82 centimetra do kraja stoljeća zbog ubrzanog topljenja leda i širenja vode zbog njezina zagrijavanja što prijeti obalnim gradovima među kojima su i milijunski gradovi poput Shanghaija i San Francisca.

ZT - EOODR 2013-14

204

Energetika, okoliš i održivi razvoj

- nuklearni dio (3 od 3):

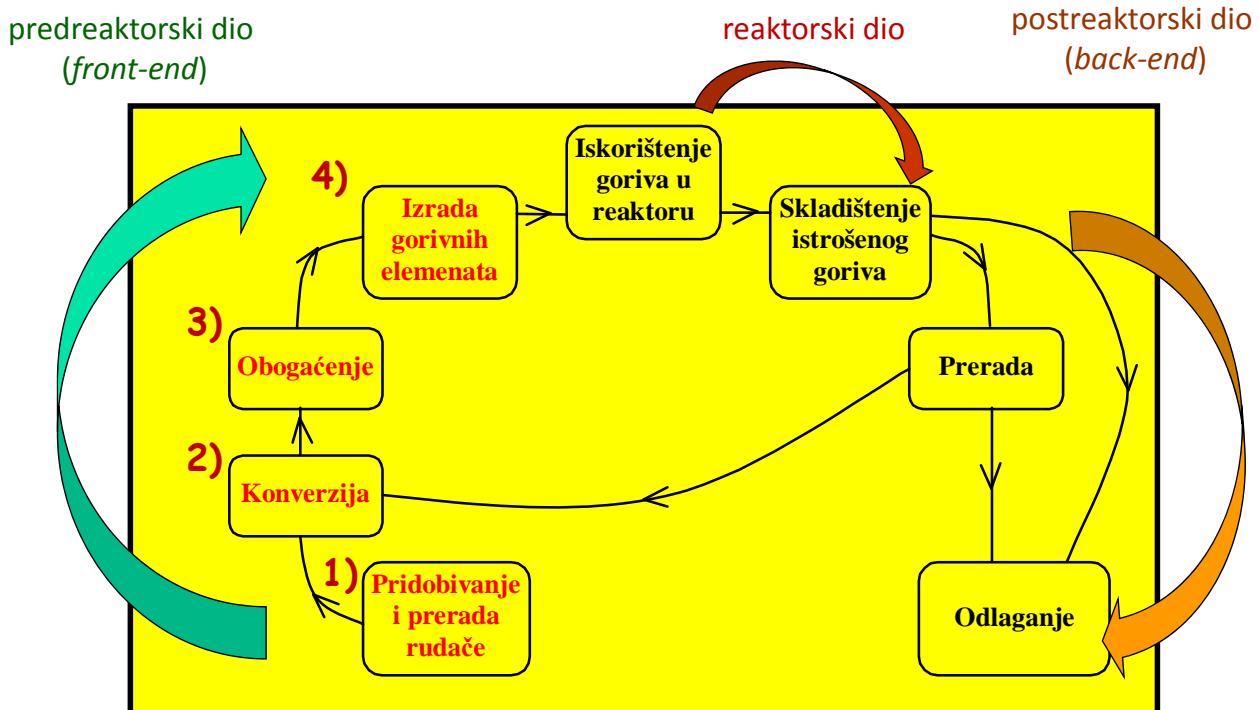
Nuklearni gorivni ciklus

Prof. dr. sc. Nikola Čavlina

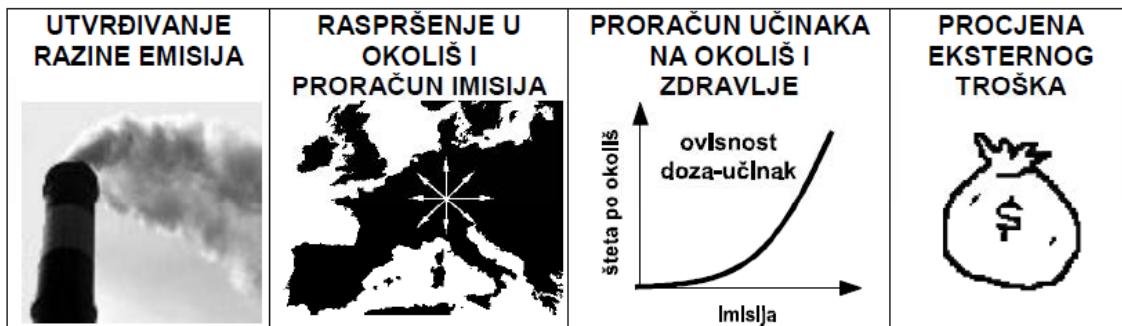
Fakultet elektrotehnike i računarstva - Zavod za visoki napon i energetiku

Unska 3, HR-10000 Zagreb Tel: 01/ 6129 907, Fax: 01/ 6129 890 E-mail: zvne@fer.hr URL: <http://www.zvne.fer.hr/>

Nuklearni gorivni ciklus



Procjena eksternih troškova metodom slijeda utjecaja



D. Feretić, Ž.Tomšić, D.Škanata, N.Čavlinka, D.Subašić: *Elektrane i okoliš*, Element, Zagreb, 2000.

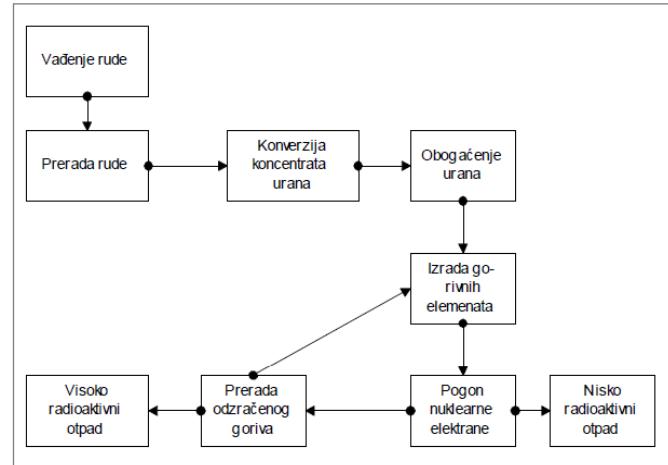
Eksterni troškovi energijskih lanaca elektroenergetskih postrojenja

Osnovni koraci za utvrđivanje ekološke štete zbog emisija u okoliš su:

1. Proračun količine emisija štetnih tvari elemenata energijskog lanca (primjerice:tona SO₂ po GWh proizvedene električne energije)
2. Određivanje raspodjele koncentracije polutanata u ekosustavu (primjerice: g/m³ SO₂) korištenjem modela za proračun atmosferske disperzije
3. Proračun ovisnosti oštećenja ekosustava i zdravlja stanovništva o koncentraciji polutanata (primjerice:broj dodatnih slučajeva bolesti dišnih organa u funkciji koncentracije krutih čestica, ozona ili aerosola u atmosferi). Rezultat veoma bitno ovisi o lokaciji jer je broj slučajeva oboljenja na nekom području proporcionalan s gustoćom stanovništva na tom području.
4. Kvantificiranje štete zbog oštećenja zdravlja stanovništva (odnosno povećane smrtnosti) i oštećenja ekosustava (štete na vegetaciji i životinjskom svijetu). Šteta se izražava u novčanim jedinicama po jedinici proizvedene energije.

Energijski lanac nuklearnih elektrana

1. Vađenje uranske rude
2. Prerada rude u koncentrat urana (“žuti kolač”)
3. Konverzija koncentrata urana uran heksafluorid
4. Obogaćenje urana
5. Izrada gorivnih elemenata
6. izgaranje nuklearnog goriva u reaktoru
7. Prerada ozračenog goriva
8. Odlaganje radioaktivnog otpada



Usporedba eksternih troškova elektrana i njihovih energijskih lanaca

Vrsta elektrane	Eksterni trošak mECU/kWh
Termoelektrana na ugljen	64
Termoelektrana na tekuća goriva	39,5
Termoeletkrana na prirodni plin	21,5
Sunčeva elektrana s fotonaponskim čelijama	5,2 – 12,1
Vjetrena elektrana	1,02 – 2,6
Nuklearna elektrana	2,52-7

Nuklearni gorivni ciklus

(otvoreni i zatvoren)

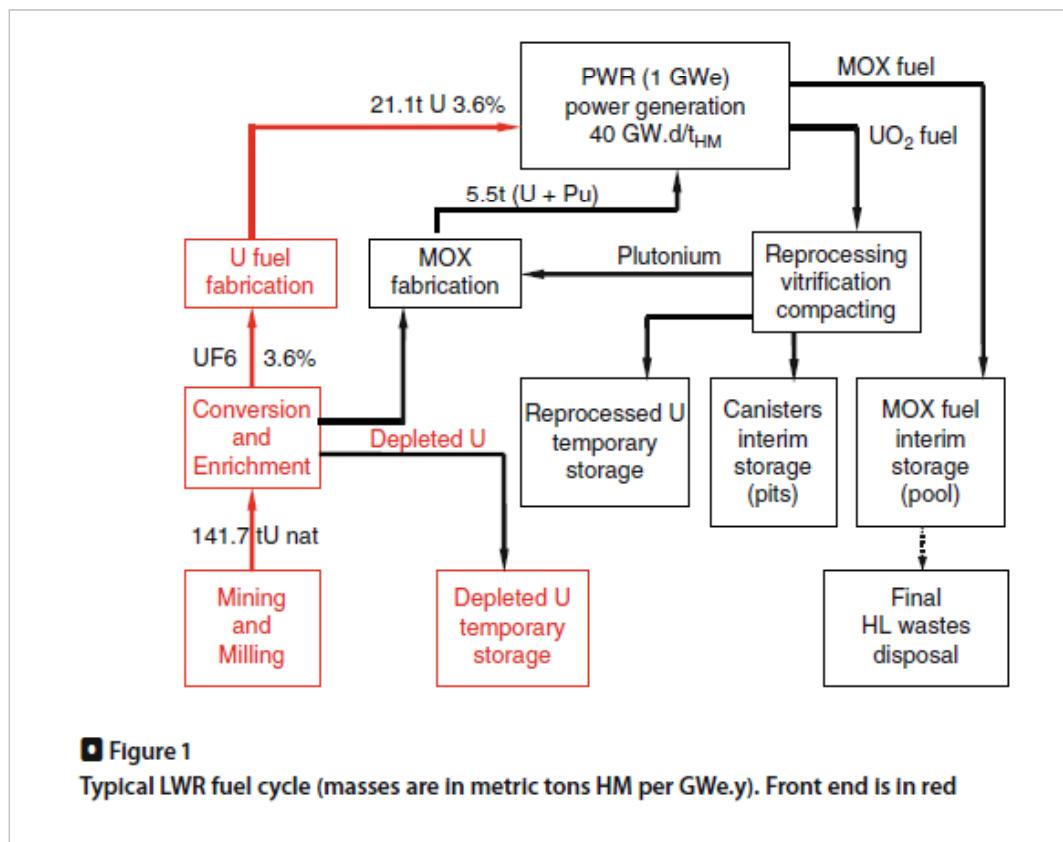
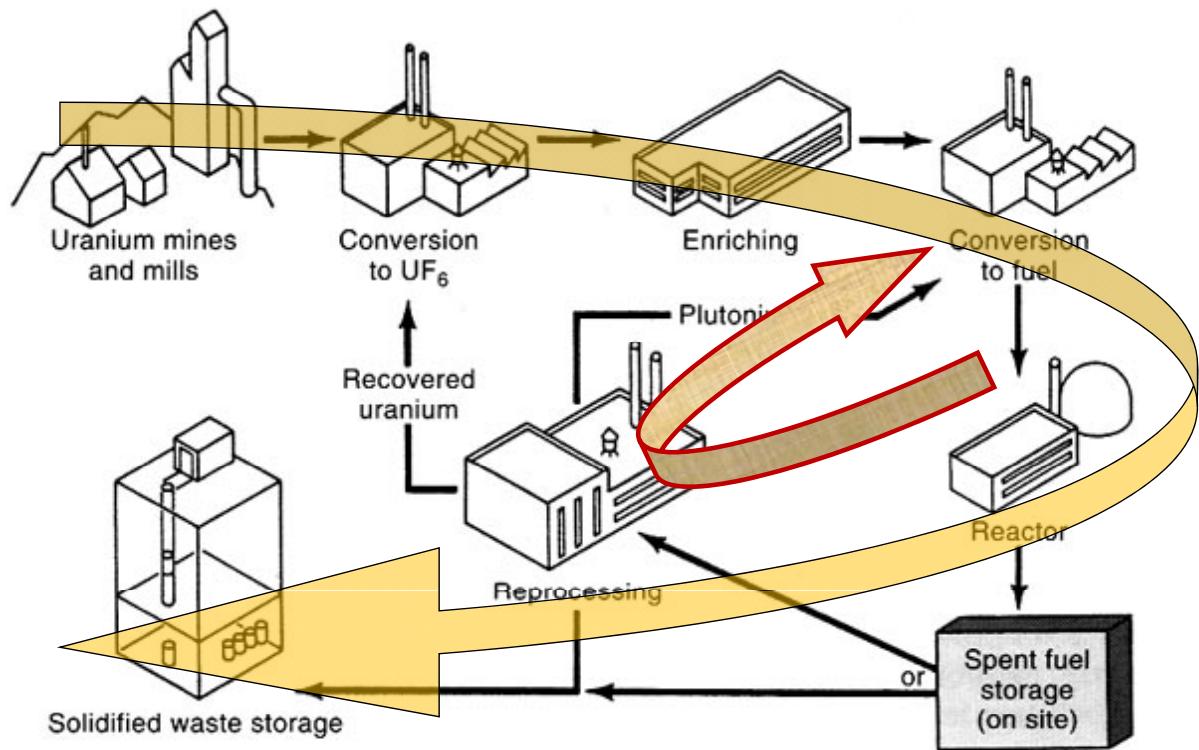
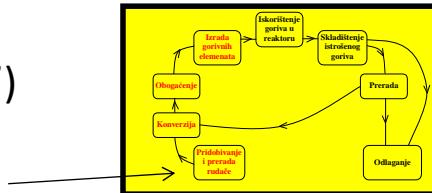


Figure 1

Typical LWR fuel cycle (masses are in metric tons HM per GWe.y). Front end is in red

Predreaktorski dio ("front-end")



1) Pridobivanje i prerada uranove rudače

Uran se vadi iz zemljine kore površinskim i dubinskim iskopom. Poteškoće pri rudarenju urana ogledaju se u prosječno maloj koncentraciji rude u jalovini (u prosjeku 0,82 do 4,1 kg urana po toni iskopane rude) i nepovezanim zonama koje sadrže rudu.

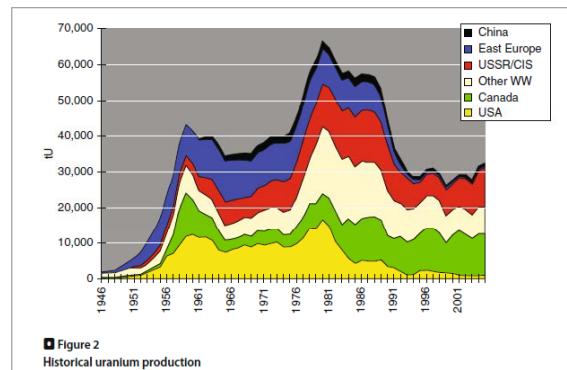
Iskapaju se velike količine jalovine. Cijena iskopane rude ovisi o prosječnoj koncentraciji.

Koncentrat urana se dobiva iz rude ekstrakcijom iz otopine pri čemu se selektivno odvaja od drugih elemenata. Koncentrat urana je amonijačni diuranat, žute je boje (kolokvijalni naziv „žuti kolač“).

Da bi se sadržaj proizvoda izrazio neovisno o kemijskom spoju urana, dobivena količina koncentrata izražava se ekvivalentnom količinom uranova oksida U_3O_8 .

NEA-IAEA resources classification (million tons)

Cost of recovery (US\$/kgU)	Identified Resources		Undiscovered Resources	
	Reasonably Assured RAR	Inferred Resources	Prognosticated Resources	Speculative Resources
<40	1.8	1.2		
<80	2.6	1.8	2.0	
<130	3.3	2.1	2.8	4.8
Cost unassigned				7.8



If we consider the identified resources recoverable at a cost <130 \$/kgU, the world total figure is quoted around 5.5 million tons U (it was 4.7 Mt U in the 2006 Red Book). The highest figure for the “ultimate” recoverable resources might be of the order of 16 million tons U.

88% of the *identified* resources are in the following 10 States:

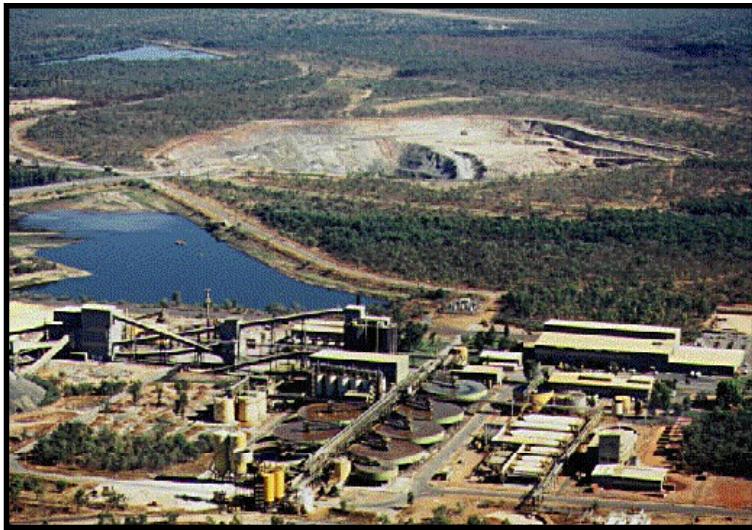
Australia	24.1%	Namibia	6.0%
Kazakhstan	17.2%	Brazil	5.9%
Canada	9.2%	Niger	4.8%
South Africa	7.2%	Russian Federation	3.6%
USA	7.2%	Uzbekistan	2.4%

Uranium is a very common mineral in nature: it is 1000 times more abundant than gold, 40 times more abundant than silver, and it is present in most types of soil and rocks, particularly igneous rocks such as granite.

Uranium is found in soil and rocks on the average of about 3 grams per metric ton but concentrations above 200 kg per metric ton have been discovered. As with any ore or oil, concentrated supplies must be located in order to justify the costs of mine development and production.

Rudnik urana i postrojenje za preradu

Ranger Mine (Australija)



PRIMJER (PWR, 700 MWe)

- Prerada 51.550 t rudača
- Gubici prerade 3,3%
- $\approx 150 \text{ tU}_3\text{O}_8$ (125 tU)
- 51.400 t jalovine



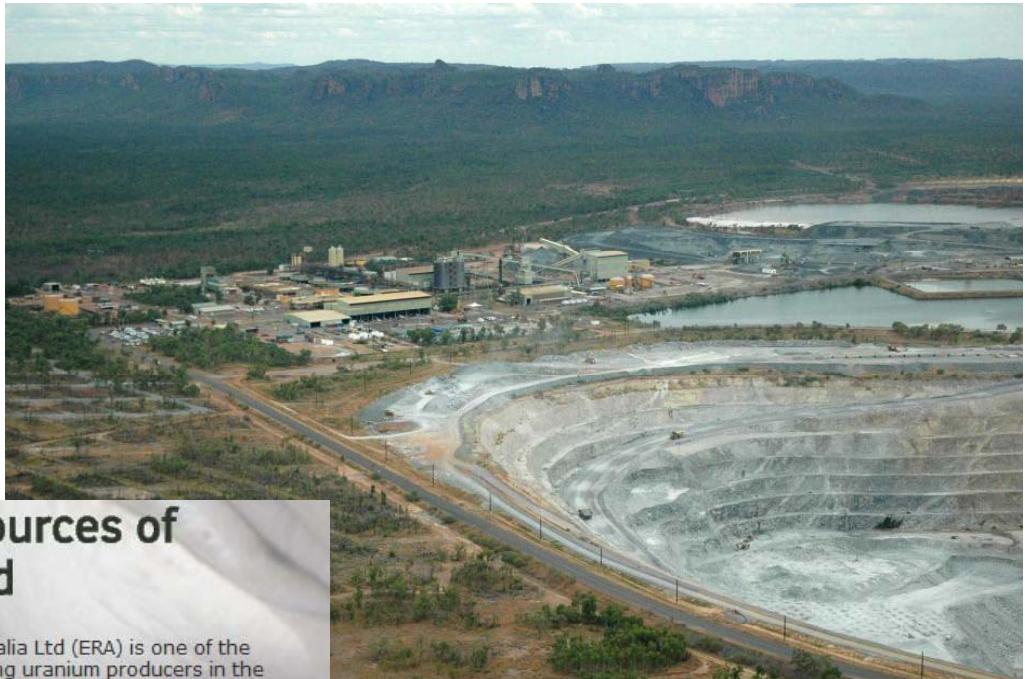
- Prosječna efektivna doza ~ 0,5 - 1 mSv/god
- Ranger Mine = 5,2 mSv/god

The ICRP sets two limits for radiation exposure, above that received from natural background or medical exposure, to distinguish between two types of people: members of the public and radiation workers.

- Members of the public: 1 millisievert (mSv) per year, and
- Radiation workers: 20 mSv per year over five years with a maximum of 50 mSv in any one year.

Ranger 3 - open pit





Energy Resources of Australia Ltd

Energy Resources of Australia Ltd (ERA) is one of the largest continually operating uranium producers in the world. Uranium has been mined at Ranger for three decades and Energy Resources of Australia has an excellent track record of reliably supplying customers.

Ranger mine is one of only three mines in the world to produce in excess of 110,000 tonnes of uranium oxide. This product is used to generate electricity using nuclear energy, which produces minimal carbon emissions.

Following the completion of mining in the operating Pit 3 at Ranger in 2012, Energy Resources of Australia has begun the transition from open cut mining to underground exploration of the Ranger 3 Deeps mineral resource.

Water management is a critical component of ERA's business. ERA is committed to ensuring that Ranger mine operations can safely and successfully store and treat large volumes of process water. Between 2009 and 2012, ERA completed water management projects for a total cost of \$82 million, including surface water interception trenches around stockpiles to protect local waterways, installation of continuous real-time monitoring stations, and additional ground water monitoring bores.

Pridobivanje & prerada - Utjecaj na okoliš -

RADIOLOŠKI

- Povećano pozadinsko zračenje
- Radon
 - Rn-222 ($T_{1/2} = 3,8$ d) oko 20 puta opasniji
 - Rn-220 ($T_{1/2} = 56$ s)
 - Izotopi Po i Bi
 - WL (Working Level)

NERADIOLOŠKI

- Velike količine otpadnih prirodnih materijala
- Slično kao i za klasične rudnike ugljena

Zbog svojih radiooloških i neradiooloških utjecaja i to prvenstveno na zdravlje profesionalnog osoblja, rudnici urana i postrojenja za preradu uranove rudače predstavljaju najnečistiju tehnologiju predreaktorskog dijela nuklearnog gorivnog ciklusa.

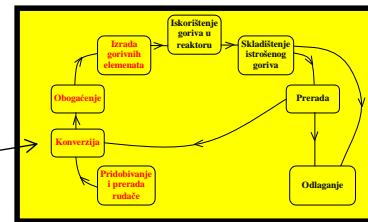
Predreaktorski dio (nast.)

“front-end”

2) Konverzija koncentrata urana

Ako se nuklearno gorivo iskorišćuje kao obogaćeni uran, potrebno je žuti kolač pripremiti za proces obogaćenja. Nadalje, prije uporabe treba uran očistiti od tragova nečistoća. Postupak obogaćenja zahtijeva da se koncentrat urana pretvoriti u plinovit spoj. Taj se postupak naziva pretvorba odnosno konverzija koncentrata. Pročišćeni koncentrat urana podvrgava se kemijskoj reakciji s fluorovodičnom kiselinom (HF), iz koje se dobiva spoj UF_4 , a taj se tretiranjem s fluorom pretvara u plinoviti heksafluorid urana UF_6 . Preostale nečistoće izdvajaju se iz UF_6 frakcijskom destilacijom.

(nast.)

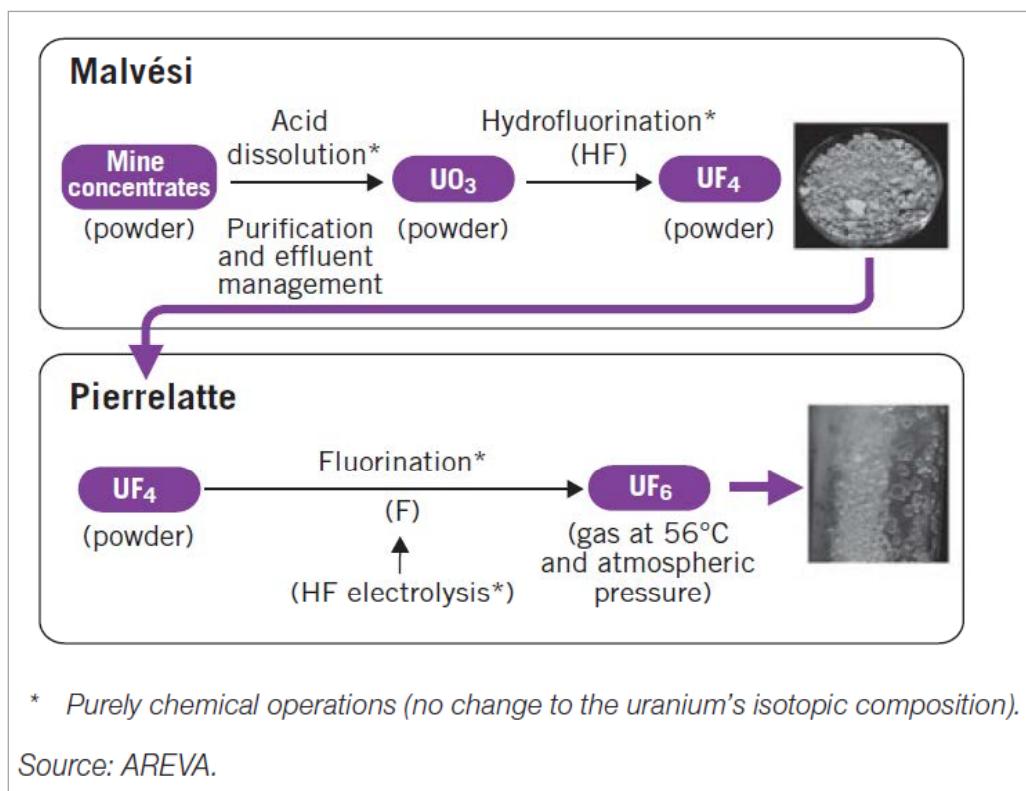


NUCLEAR FUEL FABRICATION



The Tricastin site is the setting for **all industrial operations** involved in transforming uranium, originating from mines, into fuel for nuclear power plants. It includes six plants, which together cover the entire production chain.

Uranium conversion



Konverzija

PRIMJER (PWR, 700 MWe)

- Potrebno je osigurati oko 180 tUF₆
- Nastaje 90 t krutog otpada i oko 800 m³ tekućeg otpada

UTJECAJI NA OKOLIŠ

RADIOLOŠKI

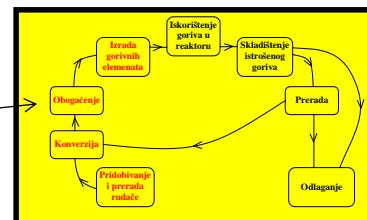
- Uglavnom iz procesa purifikacije urana

NERADIOLOŠKI

- Kemijsko postrojenje
- Fluorovodična kiselina (HF)
- Akcident u postrojenju Gore, SAD, 1986. god

Predreaktorski dio (nast.)
“front-end”

3) Obogaćenje urana



Obogaćenje urana je postupak kojim se povećava sadržaj izotopa ²³⁵U u uranu s obzirom na prirodni uran. Prirodni uran sadrži 0,711% izotopa ²³⁵U izraženo u masenom sadržaju ili 0,72% u izotopnom sadržaju. Zbog kemijske identičnosti obaju izotopa urana, za separaciju se koriste pretežno fizikalni postupci. Najrašireniji način separacije se sastoji u razdvajaju molekula plinovitog heksafluorida urana. Razdvajanje se temelji na razlici masa molekula ²³⁸UF₆ i ²³⁵UF₆ (zapravo na razlici u prosječnim brzinama jedne i druge molekule u plinskoj smjesi).

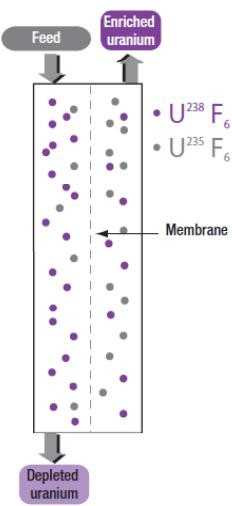
Postupci za obogaćenje urana:

- plinska difuzija
- Plinska centrifuga



The UF_6 is brought to the gaseous state and enriched in a series of stages in a cascade of diffusion barriers. This isotopic separation is the enrichment service sold to electric utilities.

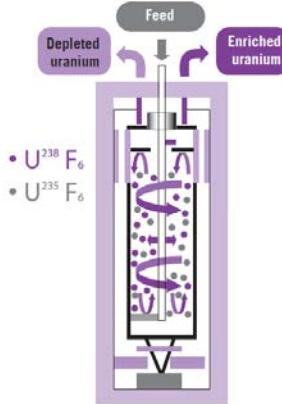
► GASEOUS DIFFUSION OPERATING CONCEPT



Source: AREVA.

In providing enrichment services to some 100 reactors operated by 30 utilities worldwide, the Georges Besse plant consumes as much electricity as the greater Paris area, when operating at full capacity, or an average of 3 to 4% of France's entire generation of electricity.

► CENTRIFUGATION CONCEPT



Source: AREVA.

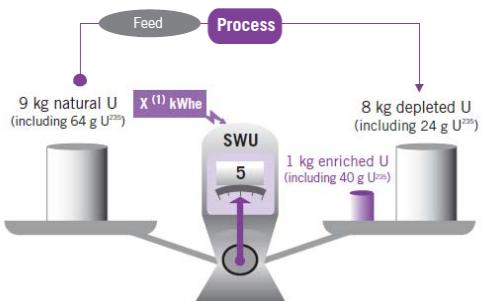
The centrifugal force of the machine throws the heaviest particles to the cylinder walls, effectively separating them from the lighter isotope. The gas enriched in the lighter isotope, located closer to the center of the bowl, flows towards the top of the machine, while the gas with the heavier isotope flows towards the bottom. The enriched and depleted products are recovered at either end of the machine.

The Enrichment business consists of the isotopic separation of natural uranium. This operation is performed with uranium hexafluoride (UF_6). The customer delivers natural UF_6 to the enrichment facility. UF_6 is a chemical compound of uranium and gaseous fluorine that contains the fissile isotope of uranium (U^{235}) needed to make fuel for light water reactors. Enrichment is the process by which the 0.7% content of U^{235} in the natural UF_6 is raised from 3 to 5% to achieve a level of fuel reactivity suitable for reactor requirements. That is the purpose of enrichment.

An enrichment plant's production is expressed in separative work units (SWU). This unit is proportionate to the quantity of uranium processed and is a measure of the work required to separate the fissile isotope. The separative work unit (SWU) is a standard international unit of measurement for enrichment services and sales, and is independent of the separation technology used.

As shown in the figure below, it takes nine kilograms of UF_6 and five SWUs to produce one kilogram of enriched uranium (at a 4% enrichment level) and eight kilograms of depleted uranium (at 0.3%).

► ENRICHMENT SERVICES



(1) Varies depending on the process.

Source: AREVA.

Obogaćenje

UTJECAJI NA OKOLIŠ

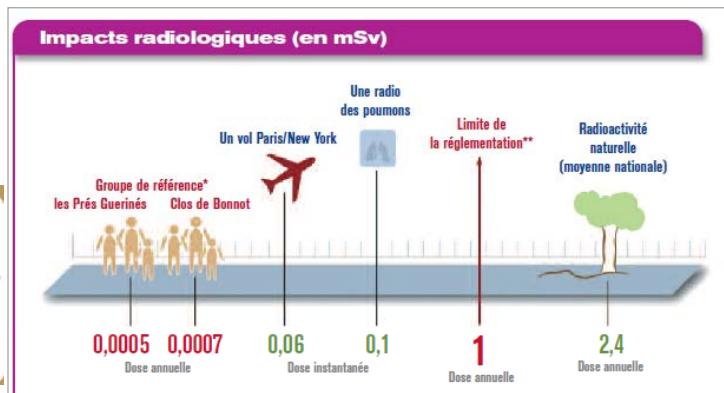
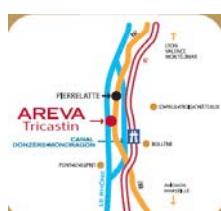
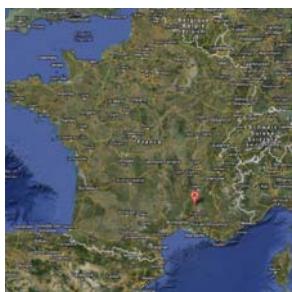
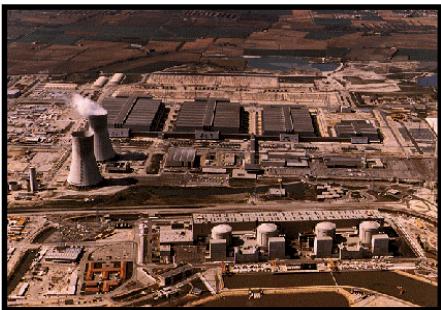
RADIOLOŠKI

- Zanemarivi

NERADIOLOŠKI

- UF_6
- Zauzetost zemljišta
- Potrošnja energije
 - Nuklearna lokacija Tricastin (Francuska)
 - Plinska difuzija
 - Površina - 190 km^2
 - Kapacitet - $1,08 \cdot 10^7 \text{ SWU}$
 - Specifična potrošnja - 2.500 kWh/SWU
 - Snaga - 2.700 MWe

Nuklearna lokacija Tricastin, Fr.

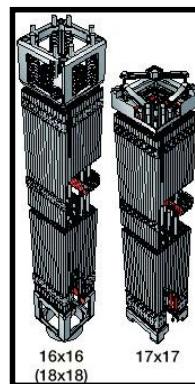


Izrada gorivnih elemenata

$\text{UF}_6 \rightarrow \text{UO}_2$ (88% U)

KAPACITETI

- Postrojenja u 13 država
- Proizvodnja - 11.000 t/god
- Gubici - 1%
- Kruti otpad - $0,5 \text{ m}^3/\text{tU}$
- Tekući otpad - $9 \text{ m}^3/\text{tU}$
- MOX



PRIMJER (PWR, 700 MW)

- 18 tU (20,5 t UO_2)
- Oko 9 m^3 krutog otpada
- Oko 160 m^3 tekućeg otpada

UTJECAJI NA OKOLIŠ

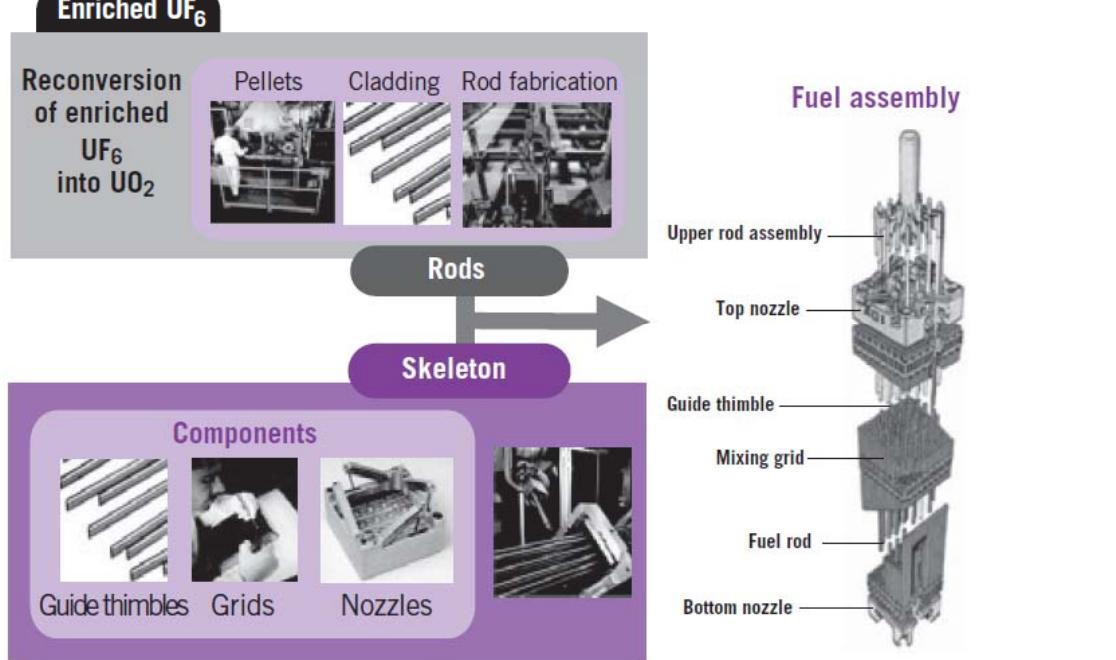
RADIOLOŠKI

- Zanemarivi

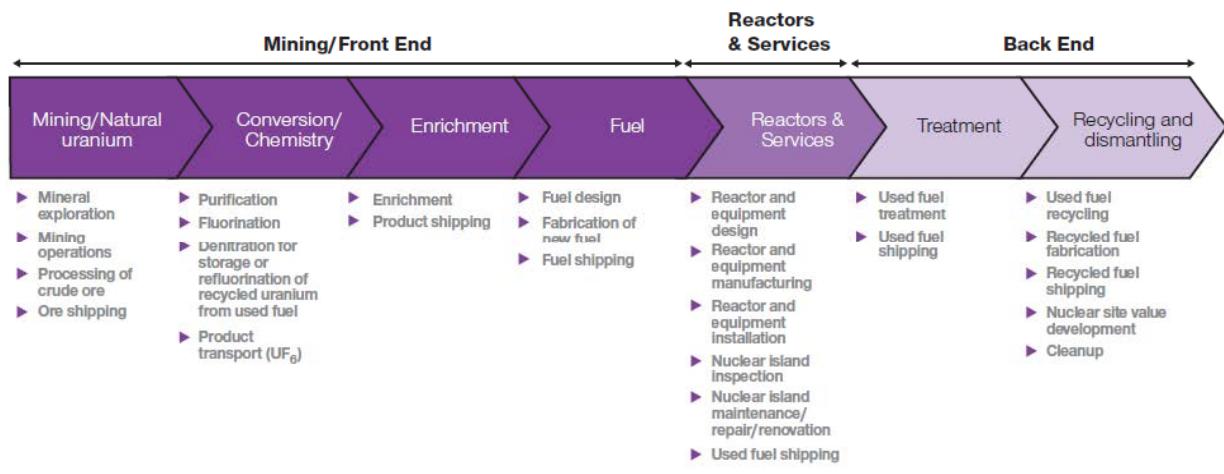
NERADIOLOŠKI

- Zanemarivi

→ PRINCIPAL STAGES IN LIGHT WATER REACTOR FUEL ASSEMBLY FABRICATION

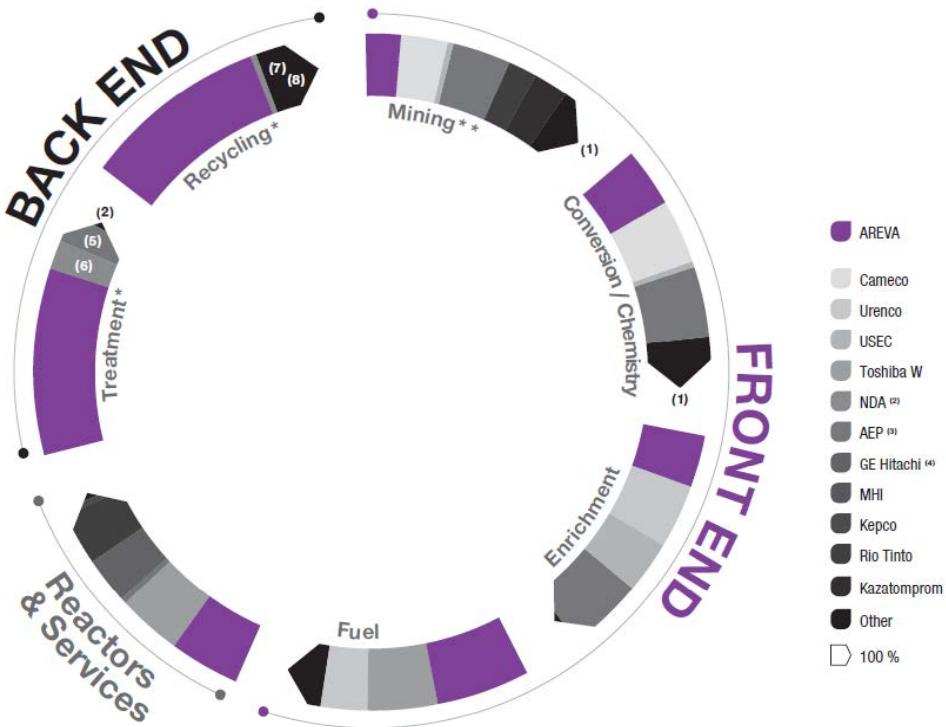


Source: AREVA, PWR fuel.



Source: AREVA.

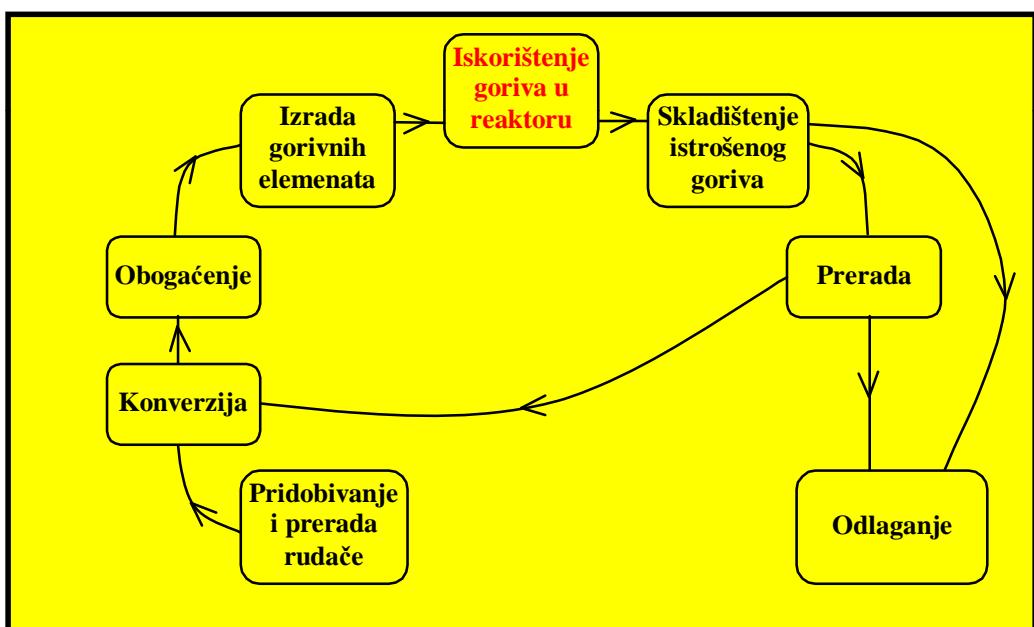
→ COMPETITIVE POSITION OF AREVA AND ITS LEADING COMPETITORS BY BUSINESS SEGMENT



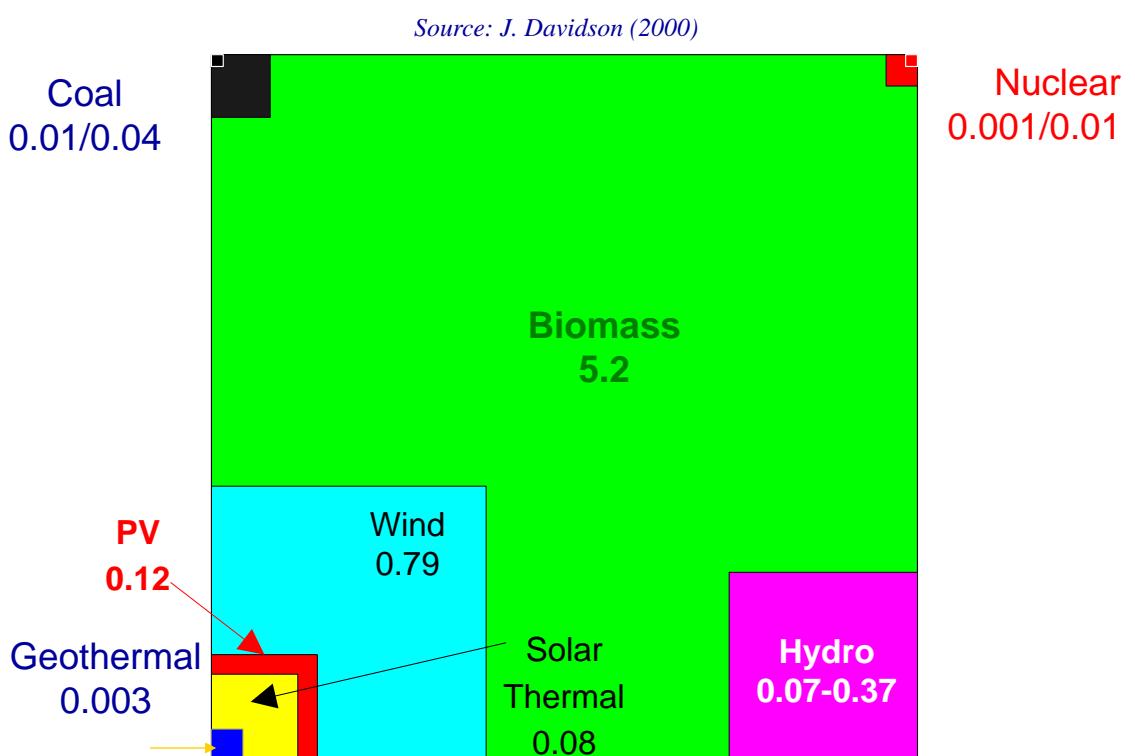
Film: Nuklearni gorivni ciklus

1. dio: od rudnika do elektrane

NUKLEARNI GORIVNI CIKLUS



Zauzeće zemljišta (km² / MW)



Materijali potrebni za gradnju (po MW)

- Nuclear: 1970's vintage PWR, 90% capacity factor, 60 year life
 - ~40 MT steel / MW(average)
 - ~190 m³ concrete / MW(average)
- Wind: 1990's vintage, 6.4 m/s average wind speed, 25% capacity factor, 15 year life
 - ~460 MT steel / MW (average)
 - ~870 m³ concrete / MW(average)
- Coal: 78% capacity factor, 30 year life
 - ~98 MT steel / MW(average)
 - ~160 m³ concrete / MW(average)
- Natural Gas Combined Cycle: 75% capacity factor, 30 year life
 - ~3.3 MT steel / MW(average)
 - ~27 m³ concrete / MW(average)

Concrete + steel are >95% of construction inputs

Reaktorski dio

Redoviti pogon

- ❶ Plinoviti ispusti
- ❷ Ispuštanje tekućina
- ❸ Proizvodnja radioaktivnog otpada
- ❹ Toplinska polucija vodotoka

Radioaktivni otpad

1. POGONSKI

- ① Nisko i srednje radioaktivni otpad
- ② Režim rada elektrane, starost i stupanj eksploatacije, materijali, broj obustava itd.
- ③ 0,3 - 0,5 m³/MWe-god
- ④ 90% - pogon; 10% - remont
- ⑤ NEK: 9.000 - 14.000 m³

2. ISTROŠENO GORIVO

3. DEKOMISIJSKI OTPAD

VRSTE I OBRADA

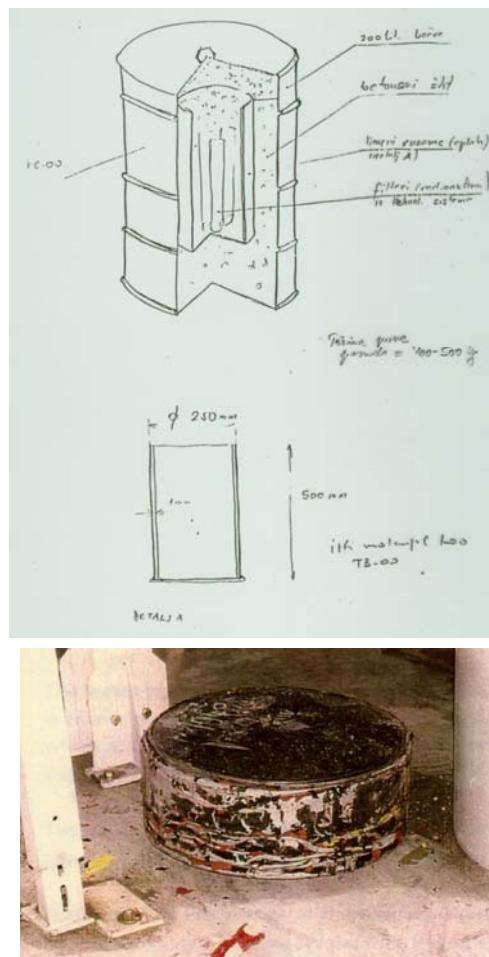
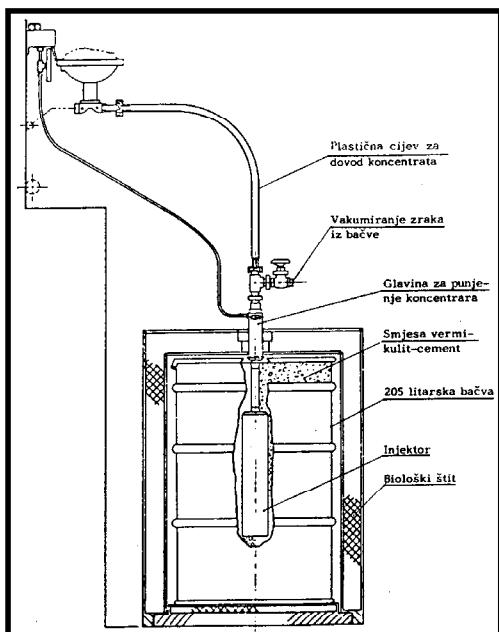
- 1) Istrošene ionske mase (SR)
- 2) Koncentrirani talog evaporatora (EB)
- 3) Istrošeni filtri (F)
- 4) Stlačivi i superstlačivi otpad (CW&SC)
- 5) Ostali nestlačivi otpad (O)

IZVOR OTPADA	AGREGATNO STANJE	O B R A D A	VRSTE OTPADA	KONDICIONIRANJE
1) Drenaže primarnog kruga 2) Uzorkovanje primarnog kruga 3) Otvorene drenaže 4) Kemski laboratoriј 5) Drenažne jame 6) Vruća pravonika 7) Dekontaminacija	TEKUĆINE		EB SR	<ul style="list-style-type: none">• EB – Standardne 208-litarske metalne posude s vermikulit-cementnom matricom• SR – Standardne 208-litarske metalne posude sa smjesom vermikulita i cementa, Radlok 135 HIC i PL 8-120 PC.
1) Kontaminacija opreme i zaštitne odjeće 2) Drveni, krpeni i metalni materijali 3) Filteri iz tehnoloških sistema	KRUTINE		O CW F	<ul style="list-style-type: none">• O, CW – Standardne 208-litarske metalne posude s dodavanjem cementne smjese• F – Standardne 208-litarske metalne posude s betonskim štitom

Kategorizacija radioaktivnog otpada (IAEA)

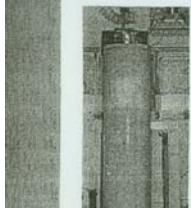
KATEGORIJA OTPADA	TIPIČNE KARAKTERISTIKE	OPCIJE ODLAGANJA
I. IZUZETI OTPAD	Razina specifične aktivnosti ispod je graničnih vrijednosti. Određivanje graničnih vrijednosti treba temeljiti na pretpostavci da individualna efektivna doza zbog izloženosti izuzetom otpadu ne smije preći vrijednost od 0,01 mSv/god.	Izuzeti otpad oslobođen je od upravnog nadzora.
II. NISKO I SREDNJE RADIOAKTIVNI OTPAD	Razina specifične aktivnosti premašuje granične vrijednosti. Toplinska snaga koja se generira u otpadu manja je od 2 kW/m^3 .	
II.1 Kratkoživući otpad	Sadrži radionuklide čije je vrijeme poluraspada manje od 30 god. Sadržaj α emitera ograničen je na specifičnu aktivnost od 4 MBq/kg.	Površinsko odlaganje ili odlaganje u dubokim geološkim formacijama
II.2 Dugoživući otpad	Sadrži radionuklide čije je vrijeme poluraspada može biti znatno duže od 30 god. Sadržaj α emitera premašuje ograničenje za kratkoživući otpad.	Odlaganje u dubokim geološkim formacijama
III. VISOKO RADIOAKTIVNI OTPAD	Sadržaj α emitera premašuje ograničenje za kratkoživući otpad. Toplinska snaga koja se generira u otpadu veća je od 2 kW/m^3 .	Odlaganje u dubokim geološkim formacijama

OBRADA

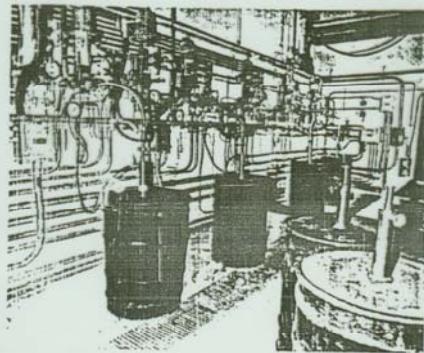
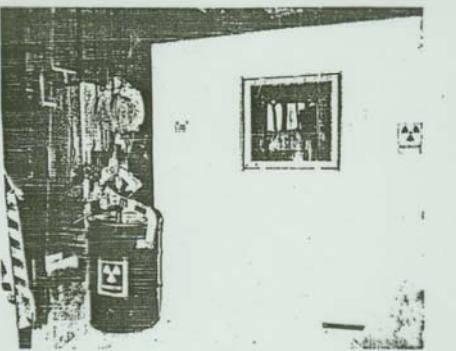


SKLADIŠTENJE

Tube type container - TTC



✓ Overall height	2,700 mm
✓ Inner diameter	660 mm
✓ Tube thickness	2.5 mm
✓ Lid thickness	3.5 mm
✓ Bottom thickness	3.5 mm

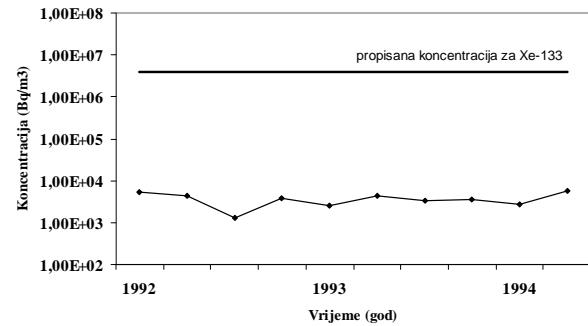
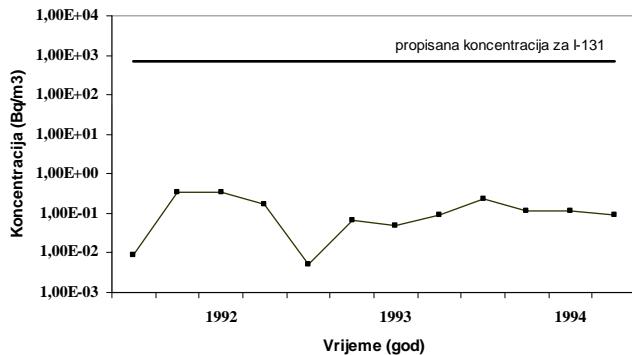


14 - Privremeno skladište



Ispuštanje iz NEK-a

- ograničenje koncentracije radioaktivnih plinova u zraku na granici ekskluzivne zone - 500 m od središta zaštite zgrade (*SL-8, 87*),
 - ograničenje godišnje efektivne doze za najizloženijeg pojedinca ($50 \mu\text{Sv/god}$) i
 - ispuštanje radioaktivnih plinova mora se vršiti isključivo u stabilnim vremenskim uvjetima a vremenski razmak između dva uzastopna ispuštanja mora minimalno iznositi 6 dana.



NEK: energija i okoliš

Bilten o radu NE Krško i njenom utjecaju na okoliš

Broj 50

Cetvrti tromjesecje 2002. godine

Zagreb, siječanj 2003.

PODACI O RADU NUKLEARNE ELEKTRANE KRŠKO

	Listopad 2002.	Studeni 2002.	Prosinc 2002.
Proizvedena elektricna energija (netto) u MWh i % od planirane	502 015 104,6	486 003 104,7	487 483 101,3
Ukupno proizvedena elektricna energija (netto) u godini (do kraja mjeseca) u MWh i % od planirane	4 335 265 103,3	4 821 268 103,5	5 308 751 103,3
Maksimalno prosječno zagrijavanje vode Save u K (<i>dozvoljeno ?T=3 K</i>)	3,0	2,2	2,1
Ispuštanje radioaktivnih tekućina (% od dopuštenog godišnjeg) - godišnje dozvoljena aktivnost $H 20 TBq$, ostali radionuklidi 200 GBq	tritij 1,87 ostali 0,004	tritij 2,98 ostali 0,02	tritij 0,59 ostali 0,004
Ispuštanje radioaktivnih plinova - doprinos dozi (% od dopuštene godišnje)	0,1	0,1	0,07
Radioaktivni otpad: - novoobrađeni srednje i nisko radioaktivni otpad (baeve 210 litara) - ukupni volumen uskladištenog srednje i nisko radioaktivnog otpada (m ³)	16 2 255,7	28 2 262,2	14 2 265,1
Broj ispada: - trajanje u satima	0 0	0 0	0 0

OBJAŠNJENJA

¹ Prema Vodnogospodarskom dovoljenju Ministarstva za okolje in prostor br. 355-07-02/93 od 20.02.1996. NE Krško može raditi tako da u 24 sata dodatno zagrije vodu rijeke Save prosjecno za 3 K

² Ispuštanje radioaktivnih tekućina iz NE Krško dvojako je ograniceno:

a) ogranicenom dopuštenom koncentracijom radioaktivnih tvari u ispuštenim tekucinama u Savu

b) dopuštenjem da se ispuste samo tekućine cija godišnja aktivnost tritija ne premašuje 20 TBq, a aktivnost ostalih radioaktivnih tvari 200 GBq

³ Ispuštanje radioaktivnih plinova dvojako je ograniceno:

a) ogranicenjem koncentracije radioaktivnih tvari u zraku na granici "isključivog područja NE Krško" (500 m od središta zaštite zgrade)
 b) dopuštenom ukupnom godišnjom efektivnom ekvivalentnom dozom od 50 mikrosiverta što je pojedinac iz okoline NEK smije primiti u godinu

4 Novoobradeni radioaktivni otpad puni se u standardne bacve volumena 210 litara. Više njih se superkomprimiranjem i drugim postupcima dešteta tako da omogućava dovođenje na mali prostor.

⁵ Prinjelu (pravilaninju) i planiranju nekidi radi elektrana i ulaganja trudnina u poticanje

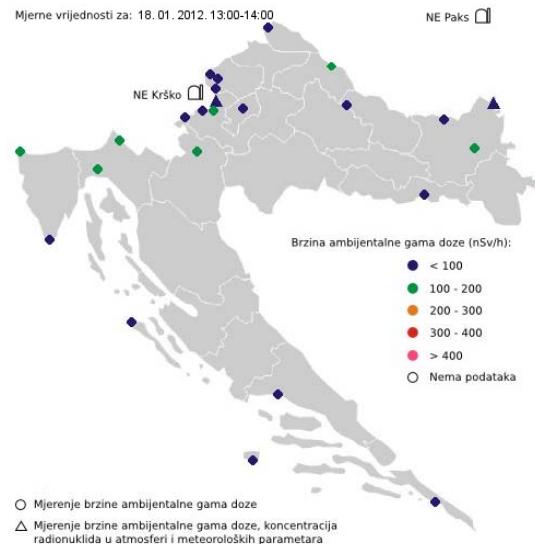
Sustav pravodobnog upozoravanja



Državni zavod za radioološku i nuklearnu sigurnost upravlja Sustavom pravodobnog upozoravanja na nuklearnu nesreću (SPUNN). SPUNN predstavlja važnu komponentu nacionalnog sustava pripravnosti za nuklearnu nesreću. On omogućuje alarmiranje u slučaju povišenja razine radioaktivnosti u okolišu, te osigurava ulazne podatke za procjenu doza za stanovništvo. U slučaju nesreće, glavni korisnici SPUNN-a biti će članovi Kriznog stožera Državnog zavoda za radioološku i nuklearnu sigurnost.

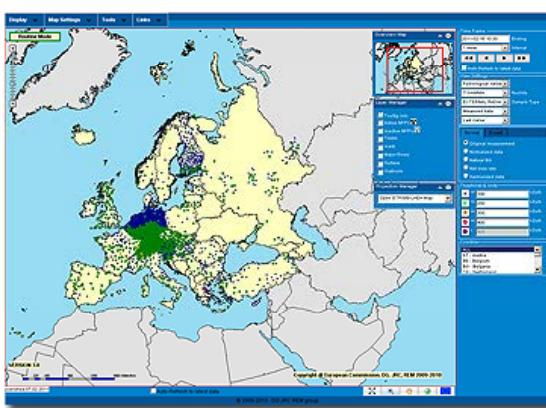
SPUNN se sastoji od 25 mjernih postaja i centralne jedinice u kojoj se rezultati mjeranja prikupljuju, analiziraju i pohranjuju. Svaka postaja kontinuirano prati brzinu ambijentalne gama doze. Na dvije postaje se dodatno mjeri i koncentracija radionuklida u atmosferi, te određeni meteorološki parametri. Mjerni podaci se šalju u centralnu jedinicu odmah po isteku svakog mjernog ciklusa. Ako se detektiraju povisene vrijednosti, automatski se alarmira dežurni djelatnik Zavoda, koji utvrđuje razloge odstupanja.

Na karti je prikazan smještaj svih mjernih postaja SPUNN-a. Boja označake pojedine postaje uputjuje na prosječnu vrijednost brzine gama doze za posljednji dostupni jednosatni mjerni interval. Kliknite na oznaku postaje za pristup dodatnim podacima.



Svi mjerni podaci prikupljeni SPUNN-om kontinuirano se šalju u sustav Evropske komisije pod nazivom EURDEP. EURDEP je sustav za razmjenu radiooloških mjernih podataka u kojemu participira najveći broj europskih zemalja. Neovisno o EURDEP-u, radioološki mjerni podaci se razmjenjuju sa Slovenijom i Mađarskom temeljem bilateralnih sporazuma o suradnji na području pripravnosti za nuklearnu nesreću.

EURDEP (European Radiological Data Exchange Platform)

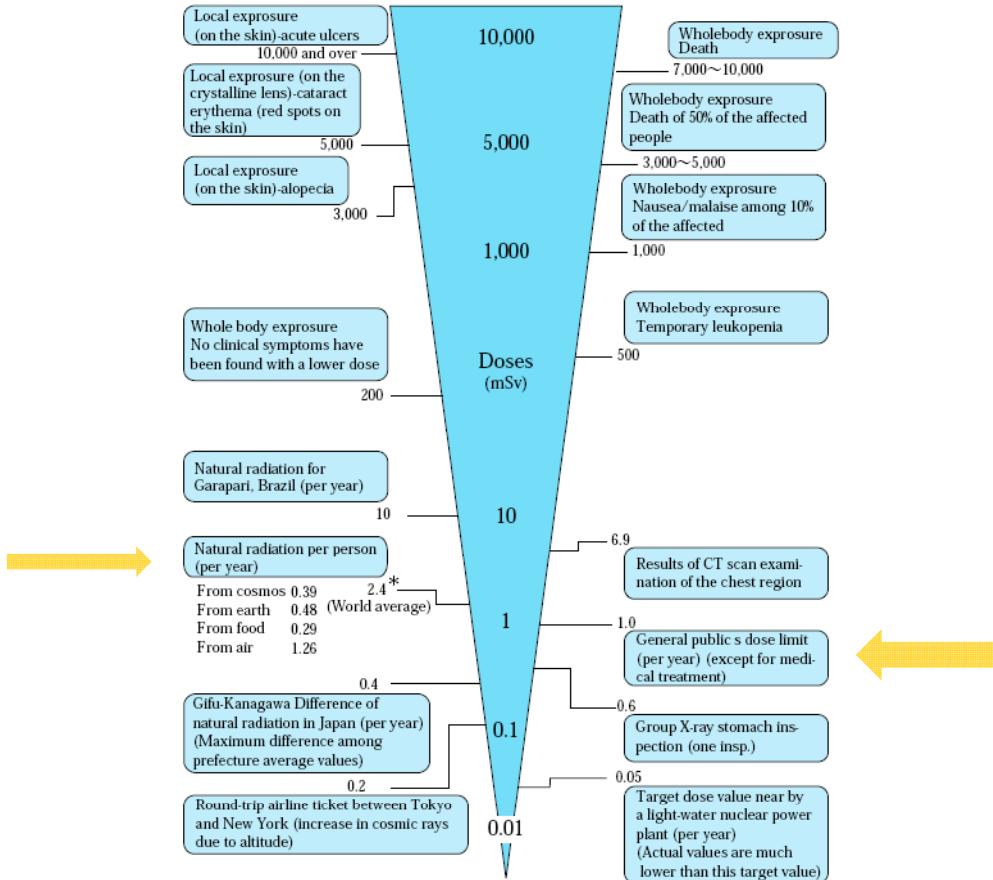


EURDEP (EUropean Radiological Data Exchange Platform) makes unvalidated radiological monitoring data from most European countries available in nearly real-time. The participation of the EU member states is regulated by the Council Decision 87/600 and the Recommendation 2000/473/Euratom. The participation of non-EU countries is on a voluntary basis. Countries sending their national data have access to the data of all the other participating countries. In addition there is the gentlemen's agreement that participating to EURDEP automatically means that data delivery will continue during an emergency but with a higher data transmission frequency.

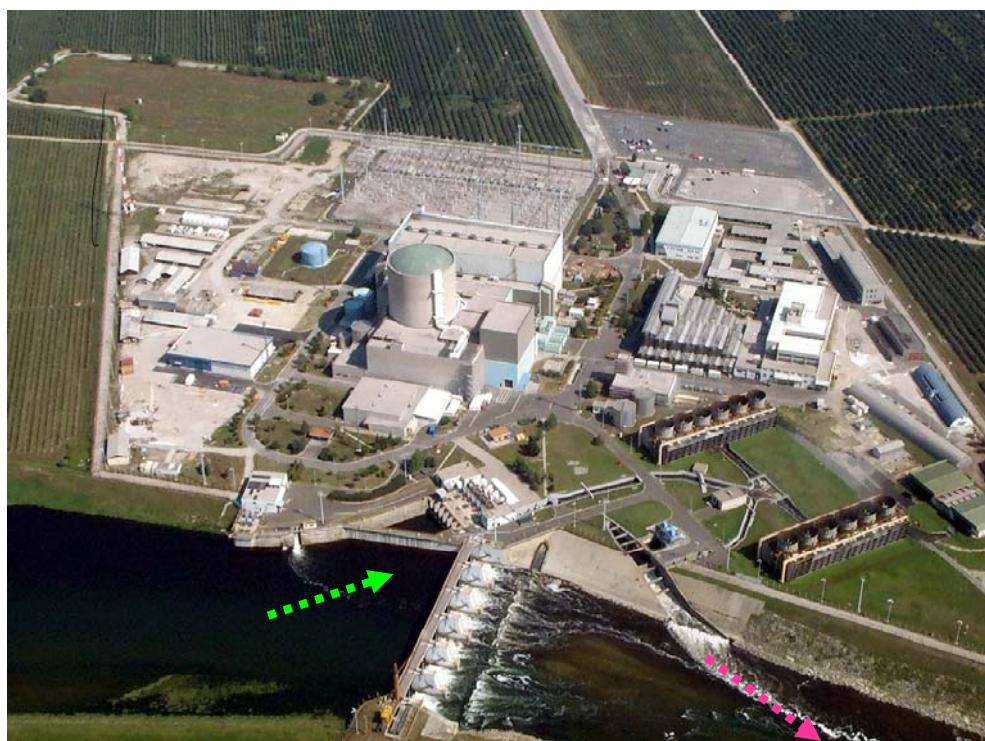
Description

EURDEP is both a standard data-format for radiological data and a network for the exchange of automatic monitoring data. The latest version of the format is 2.1 and is in use since the beginning of 2002. The EURDEP network is currently used by 33 European countries (35 Organizations) to exchange the data from their national radiological monitoring networks. The data exchange is mostly done on an hourly basis, both during routine and emergency operation.

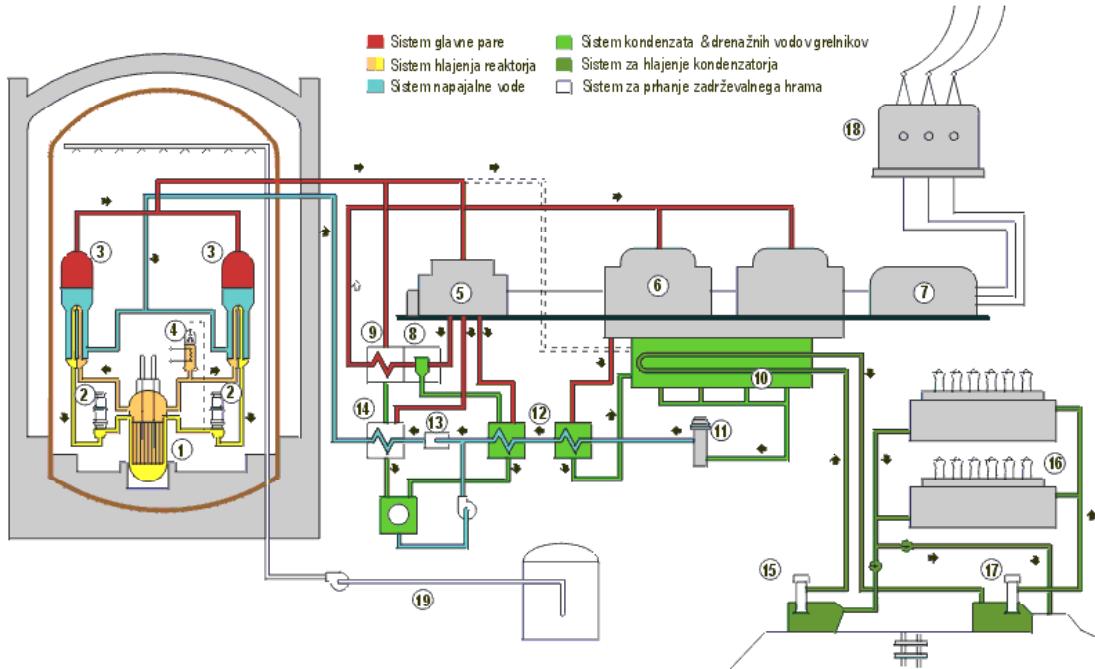
The central node of the EURDEP network is the EC DG-JRC in Ispra, Italy. The BfS/IAR in Freiburg, Germany and the EC DG ENER in Luxembourg act as mirror-sites for the data. Data is provided by the participating organizations by placing files in the EURDEP format with new monitoring data once per hour on a national (local) ftp-server to which the JRC has read-access. At the JRC all data-files are checked and loaded in a database. The participating organizations and Competent Authorities can subscribe to Email queues to automatically receive the aggregated data once per day, download the data from one of the three central EURDEP ftp-servers or view and download data from the private (password protected) EURDEP Web-site. In addition there is a Public EURDEP Web-site and map with free access, where the data is published with a country-by-country defined delay. The delay imposed by each country can be viewed by clicking on the [Country] label on the public EURDEP map.



Toplinska polucija vodotoka



PWR elektrana

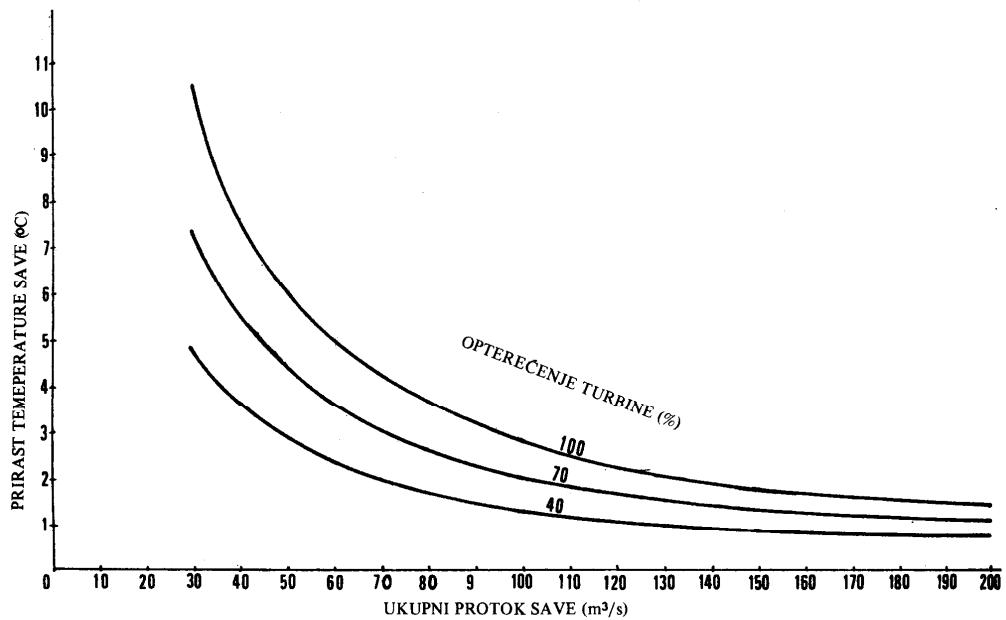


Kondenzator

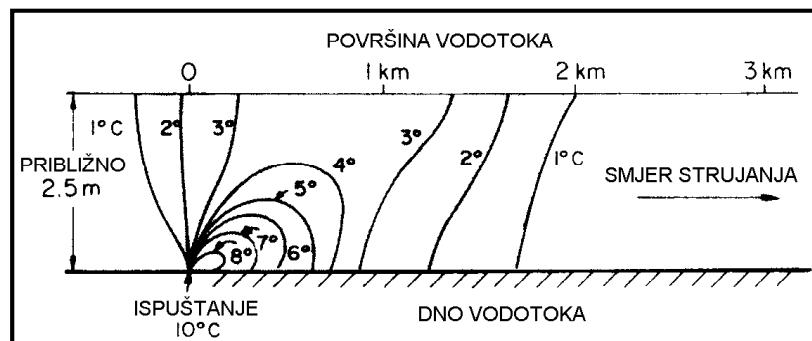
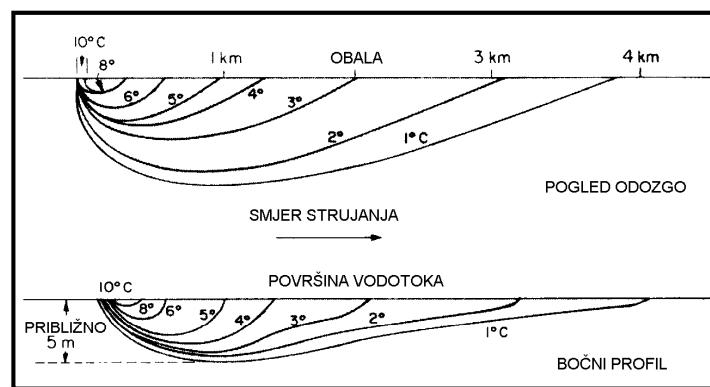
- Toplinsko iskorištenje $\approx 33\%$ (660 MWt)
- Disipacija snage $\approx 5\%$ (100 MWt)
- Otpadna toplina $\approx 62\%$ (1.240 MWt)

- $q = Q \Delta T / c$
- q - Protok rashladne vode (m^3/s)
- Q - Otpadna toplina
- c - Spec. toplina vode ($0-15^\circ C$) $\approx 4.200 \text{ J/kg}^\circ C$
- ΔT - Prosječni porast temp. u kond. $\approx 12^\circ C$
- Toplinski ekvivalent za 1 kWh $\approx 3,6 \text{ MJ}$
- $q = 25 \text{ m}^3/\text{s}$

TURBINA



Toplinska polucija vodotoka - stratifikacija i miješanje



Toplinska polucija Save

Ograničenja:

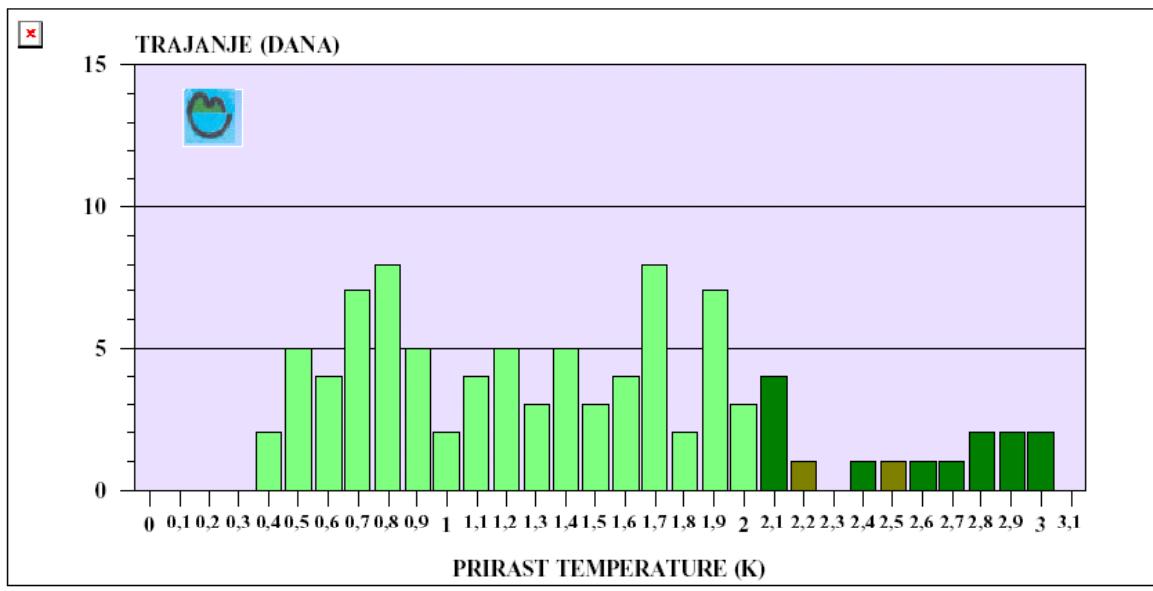
- crpke sustava za hlađenje kondenzatora mogu maksimalno oduzeti $\frac{1}{4}$ protoka rijeke Save,
- temperatura rijeke Save u točki miješanja s topom vodom iz elektrane niti u jednom trenutku ne smije premašiti 28°C i
- NE Krško mora raditi tako da tijekom 24 sata rada smije dodatno zagrijati vodu rijeke Save u točki miješanja za $\Delta T = 3^{\circ}\text{C}$.

Režim:

- Ako je protok rijeke Save $q \geq 150 \text{ m}^3/\text{s}$ onda crpke rashladne vode oduzimaju potrebnih $25 \text{ m}^3/\text{s}$ od protoka Save tako da se kondenzator hlađi protočnim režimom.
- Ako je protok rijeke Save $100 \leq q < 150 \text{ m}^3/\text{s}$ onda crpke rashladne vode oduzimaju potrebnih $25 \text{ m}^3/\text{s}$ od protoka Save tako da se kondenzator hlađi protočnim režimom. Ukoliko pri tome porast temperature vode u točki miješanja dosegne $\Delta T = 2^{\circ}\text{C}$ u pogon ulaze rashladni tornjevi s osnovnom zadaćom hlađenja kondenzatorske vode prije ispuštanja.
- Ako je protok rijeke Save $60 \leq q < 100 \text{ m}^3/\text{s}$ onda crpke rashladne vode oduzimaju $15 \text{ m}^3/\text{s}$ od protoka Save a preostalih $10 \text{ m}^3/\text{s}$ doprinose crpke rashladnih tornjeva (kondenzator se hlađi kombiniranim režimom).
- Ako je protok rijeke Save $40 \leq q < 60 \text{ m}^3/\text{s}$ onda crpke rashladne vode oduzimaju $10 \text{ m}^3/\text{s}$ od protoka Save a preostalih $15 \text{ m}^3/\text{s}$ doprinose crpke rashladnih tornjeva (kondenzator se hlađi kombiniranim režimom).
- Ako je protok rijeke Save $q < 40 \text{ m}^3/\text{s}$ nastavlja se kombiniranim režimom hlađenja kondenzatora uz obveznu redukciju snage elektrane.

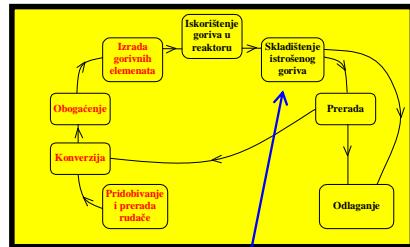
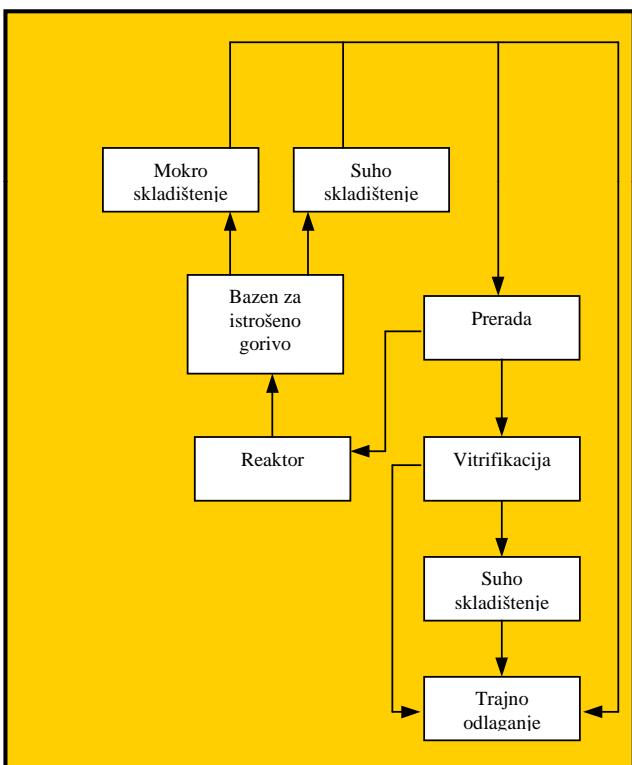
Toplinska polucija Save

TRAJANJE PRIRASTA TEMPERATURE VODE SAVE



U cetvrtom tromjesecu 2002. godine je Nuklearna elektrana Krško radila 92 dana. Hidrološke prilike bile su u tom razdoblju raznolike. Minimalan protok rijeke Save kod NEK bio je $91 \text{ m}^3/\text{s}$, maksimalan $858 \text{ m}^3/\text{s}$, a srednji $293 \text{ m}^3/\text{s}$. Prirost temperature vode rijeke Save u tom razdoblju bio je veci od 2 K tijekom 15 dana. Podaci su dobiveni iz NE Krško.

POSTREAKTORSKI DIO



① Hlađenje - bazen

② SKLADIŠTENJE

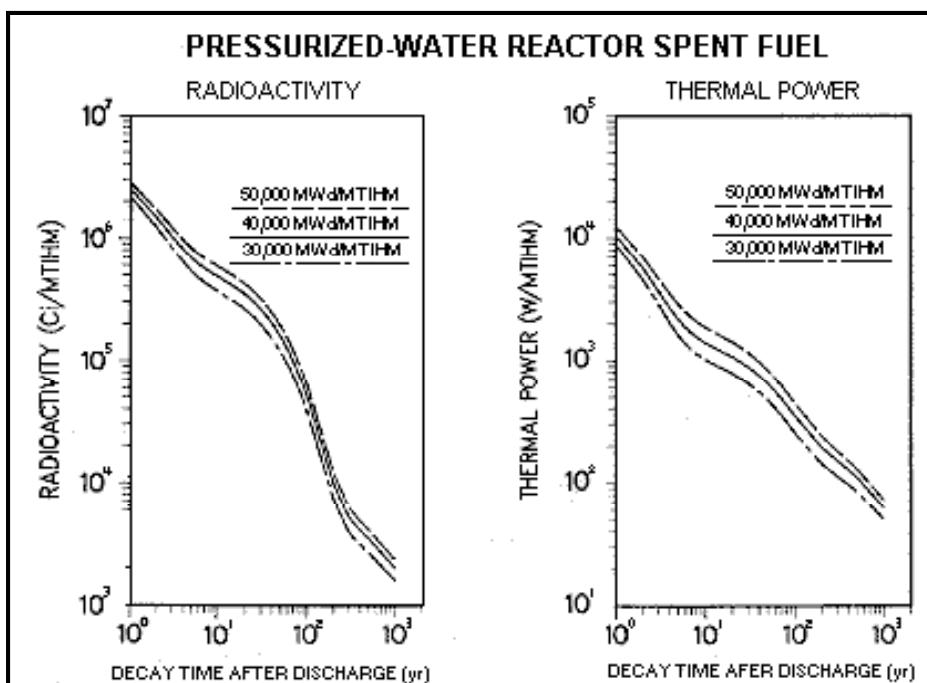
SFP - Spent Fuel Pit

AFR - Away From Reactor

ISFSI - Independent Spent Fuel Storage Facility

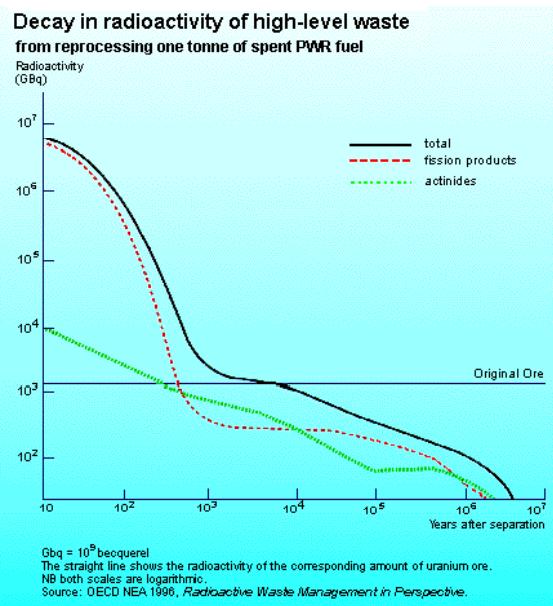
OSIDFS - Off-Site Interim Dry Fuel Storage

AKTIVNOST I TOPLINA (1)

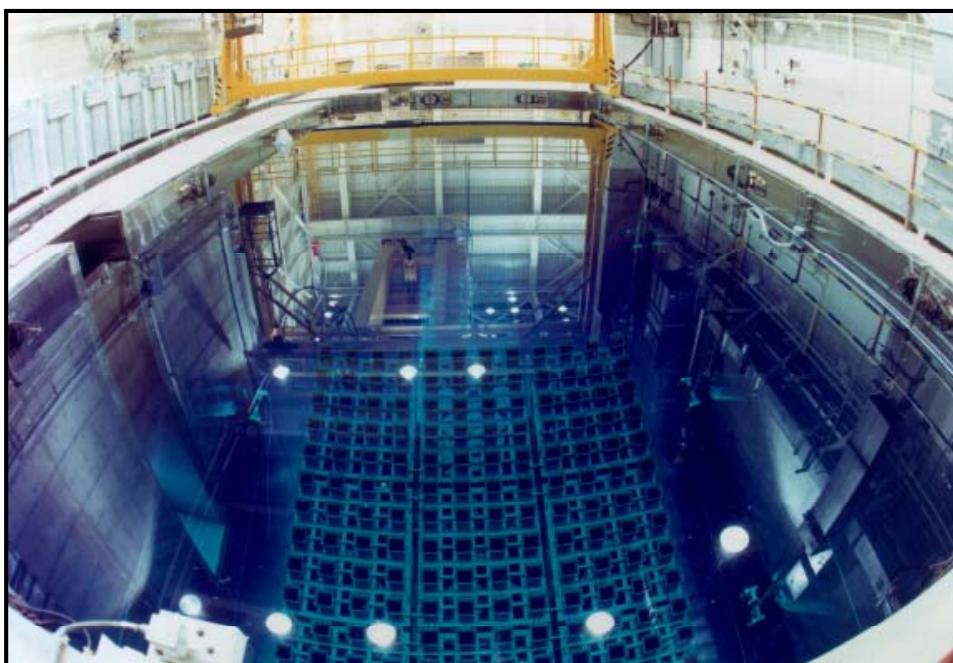


Tablica 5.24a. Opadanje aktivnosti reaktorske jezgre reaktora tipa PWR, snage 1 100 MW(e) tijekom 10 godina (prema WASH-1 250). Pretpostavljeno je da je reaktor prije zaustavljanja radi izmjenje goriva radio punom snagom 293 dana, pri gustoći snage 37,5 MW/t. Reaktor sadrži 82 tone goriva, a svježe gorivo jest 3,3% obogaćeni uran.

Vrijeme nakon obustave rada reaktora dan	Ukupna aktivnost 10^{16} Bq	Toplinska snaga radioaktivnog raspada kW
0 (tren prekida rada)	63 820	225 000
1	15 650	17 400
5	8 550	9 720
15	4 920	5 600
30	3 563	4 060
60	2 464	2 350
120	1 517	1 740
210	925	1 100
365	562	659
1 097	192	204
3 653	79	67



BAZEN - NEK



Skladištenje i odlaganje istrošenih gorivnih elemenata

Istrošeni gorivni elementi koji su u bazenu za hladjenje proveli dovoljno dugo vremena (5 do 10 god.) mogu se izvaditi iz bazena i podvrgnuti drugim postupcima dugoročnog gospodarenja istrošenim nuklearnim gorivom:

- **odlaganje** (otvoreni nuklearni gorivni ciklus) ili
- **prerada pa potom odlaganje** izdvojenog visokoaktivnog otpada (zatvoreni nuklearni gorivni ciklus)

Bez obzira da li je odabran otvoren ili zatvoren gorivni ciklus, među korak u gospodarenju istrošenim nuklearnim gorivom je skladištenje istrošenih gorivnih elemenata:

- mokro ili
- suho skladištenje

Suho skladištenje

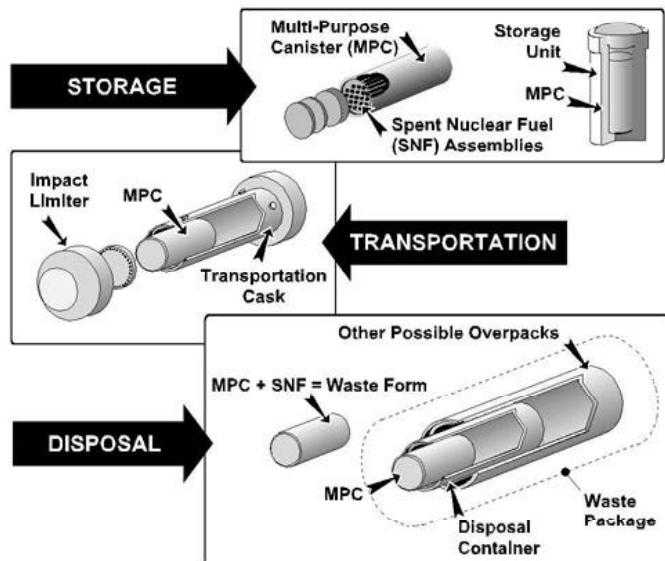
Istrošene gorivne elemente koji su u bazenu za hladjenje proveli dovoljno dugo vremena može se izvaditi iz bazena i podvrgnuti suhom skladištenju.

Razvijeno je nekoliko tipova metalnih, betonskih i višenamjenskih kontejnera ili tzv. MPC (*Multi-Purpose Canister*) koji je u SAD-u razvijen za potrebe skladištenja, transporta i trajnog odlaganja istrošenog nuklearnog goriva iz PWR i BWR elektrana.

① MVDS - Modular Vault Dry Storage

② MPC - Multi-Purpose Canister

Multi-Purpose Canister (MPC) System



Kontejneri tipa CASTOR (u SAD-u licencirani za privremeno skladištenje istrošenog goriva)



Osnovne tehničke karakteristike:

Masa praznog kontejnera:	102 t
Masa punog kontejnera:	117 t
Visina:	7,6 m
Materijal kontejnera:	SS
Materijal biološkog štita:	Polietilen
Kapacitet (istr. goriv. el.):	21
Plin za hlađenje:	He
Odvodna toplina:	28 kW
Maksimalna temperatura:	365 °C
Odgor:	32 GWD/MTL

SUHO - VERTIKALNI SUSTAV – ISFSI (Independent Spent Fuel Storage Installation)



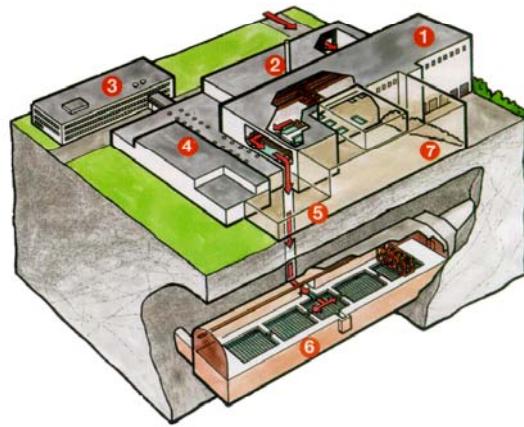
NE Prairie Island, SAD (PWR, 2x500 MWe, jedinice su ušle u komercijalni pogon 1973. i 1974. god)

Mokro skladištenje

Mokro skladištenje može biti organizirano u postojećim bazenima za hladjenje istrošenih gorivnih elemenata ili u posebno izgradenim postrojenjima koja nisu izgrađena kao integralni dio reaktorskog postrojenja - AFR postrojenja (Away From Reactor).

Opcija izgradnje AFR postrojenja pokazuje se ekonomski opravданom samo u slučaju skladištenja istrošenih gorivnih elemenata iz većeg broja nuklearnih elektrana, pa je stoga i primjenjiva samo u državama s vrlo razvijenim nuklearnim programima.

Primjer AFR postrojenja je postrojenje CLAB, izgrađeno na nezavisnoj lokaciji, blizu NE Oskarshamn u Švedskoj



1. Prihvati istrošenog goriva

2. Pomoći sustavi

3. Upravna zgrada

4. Električno napajanje i operativni centar

5. Dizalo za transport goriva

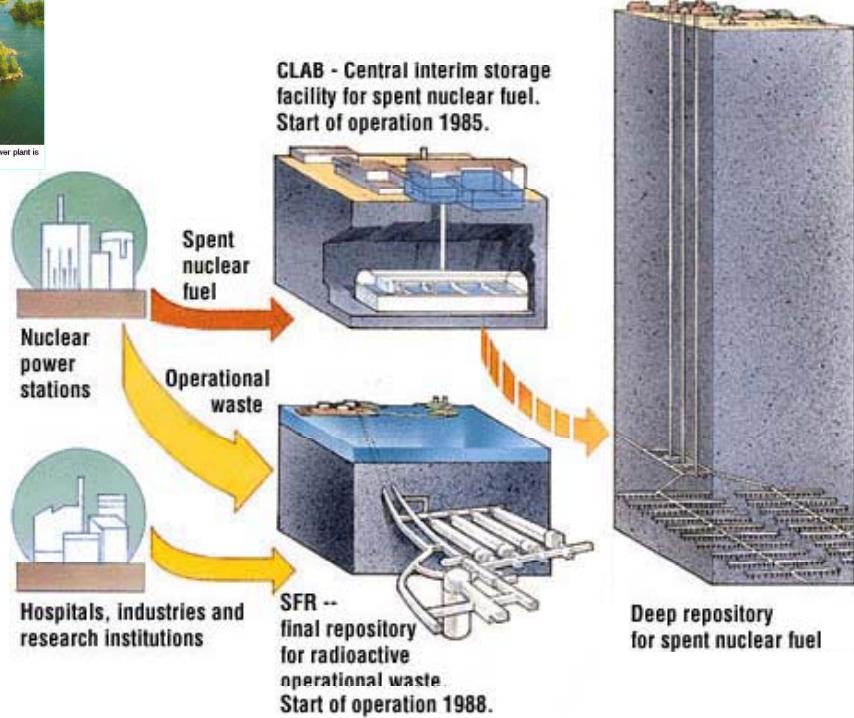
6. Bazi s istrošenim gorivom

7. Planirano postojanje za kapsuliranje istrošenih gorivnih elemenata



The spent nuclear fuel is interim-stored in CLAB on the Simpevarp Peninsula, where the Oskarshamn nuclear power plant is also located (to the right at the photo).

Spent fuel disposal in Sweden

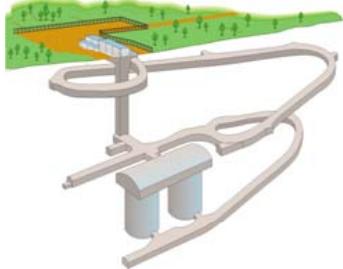


Nuclear waste management in Finland

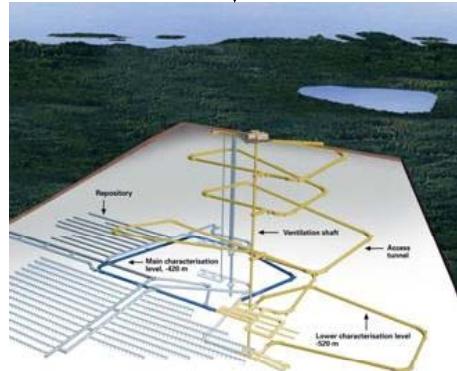
Olkiluoto Power Plant



Operational waste
TVO



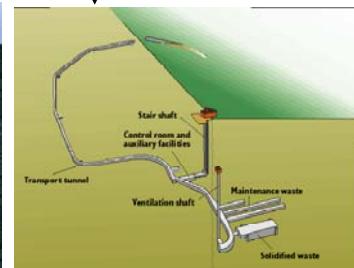
Spent fuel
Posiva



Loviisa Power Plant



Operational waste
Fortum



www.posiva.fi

Sept.
2004

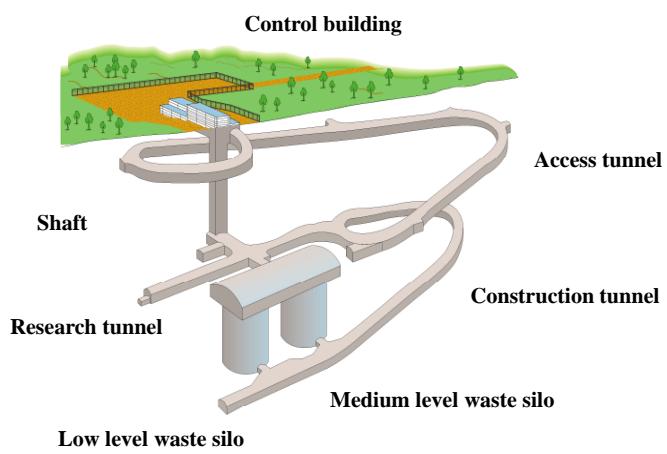
tvo.fi



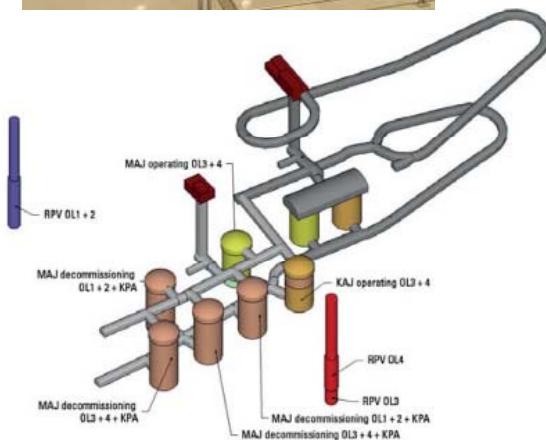
July 2009



LLW and ILW in Olkiluoto



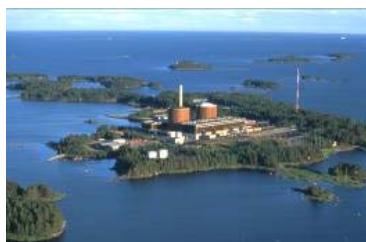
- Site selection started in 1980, construction license in 1988
- Repositories for OL1&2 operating in Olkiluoto site since 1992
- Plans for decommissioning and for new units → operation until the end of the century
- Similar solutions for LO1&2 at the NPP site



General design conditions

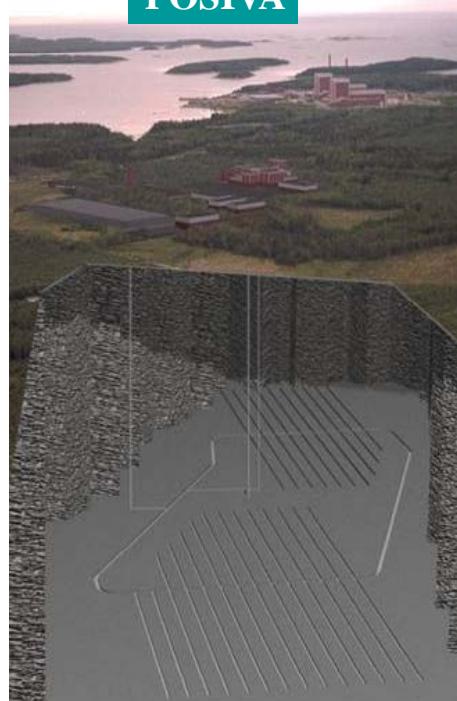
Fortum

Loviisa 1-2
operation 50 y



1006 tU

POSIVA



TVO

Olkiluoto 1-2
operation 60 y



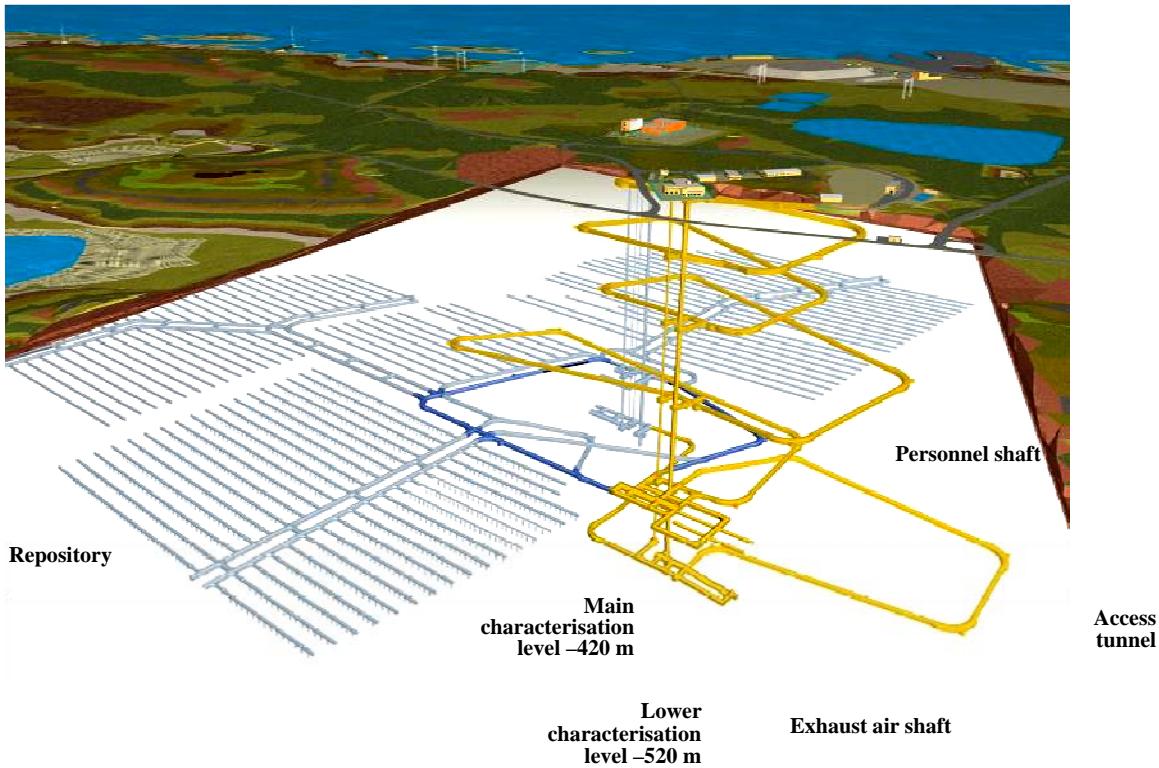
2518 tU

Olkiluoto 3
operation 60 y



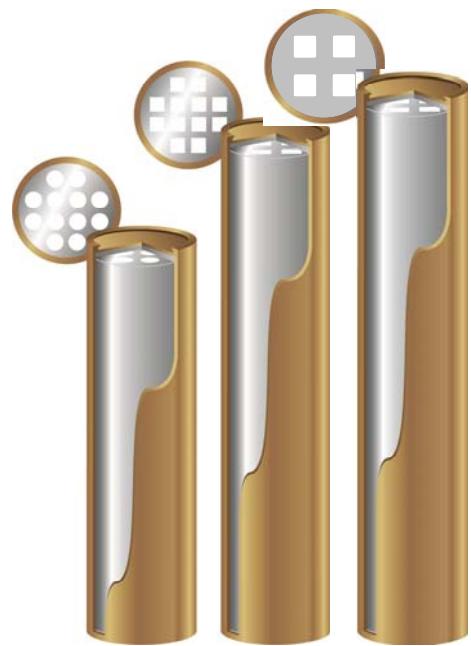
2007 tU

Deep repository ONKALO
Eurajoki Finland



Picture: Posiva

Final disposal canister



Lo 1&2 OI 1&2 OI 3

www.posiva.fi

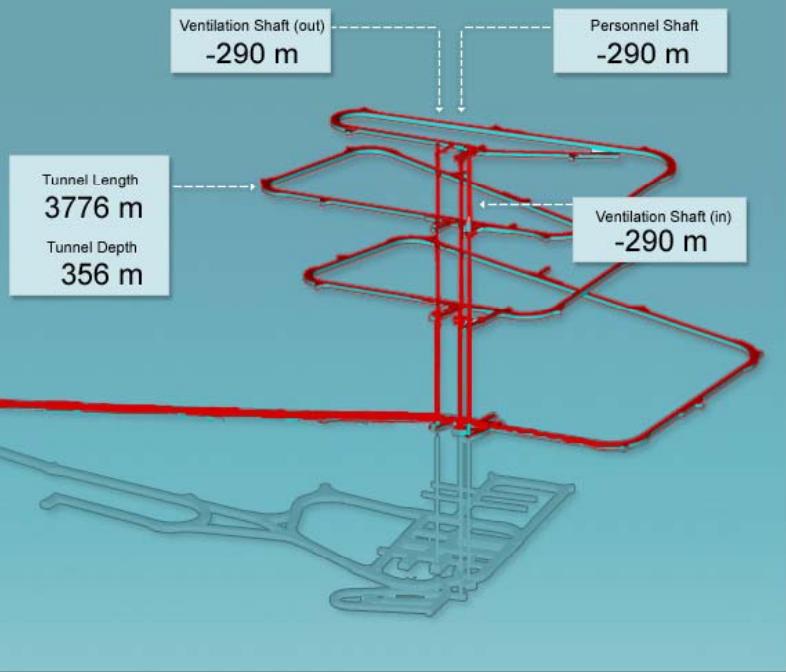
ONKALO excavation started in summer 2004



www.posiva.fi

ONKALO

SITUATION 21.8.2009



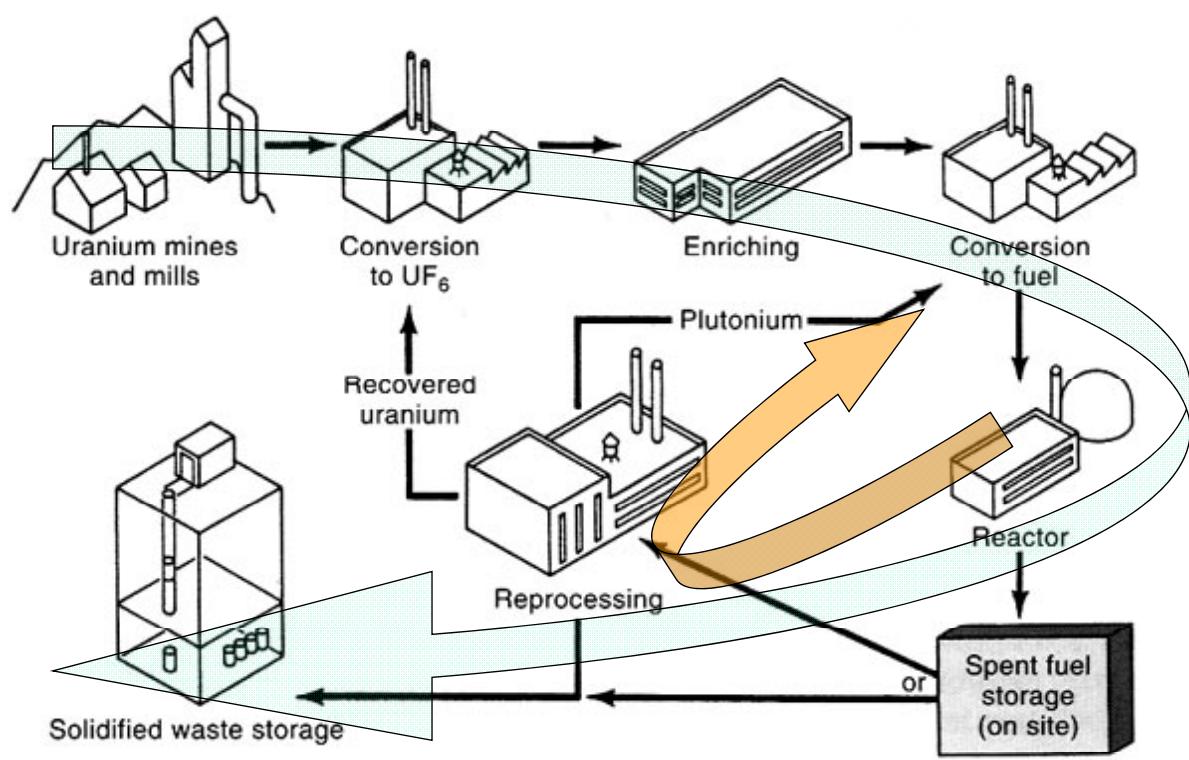
TVO's Infrastructure



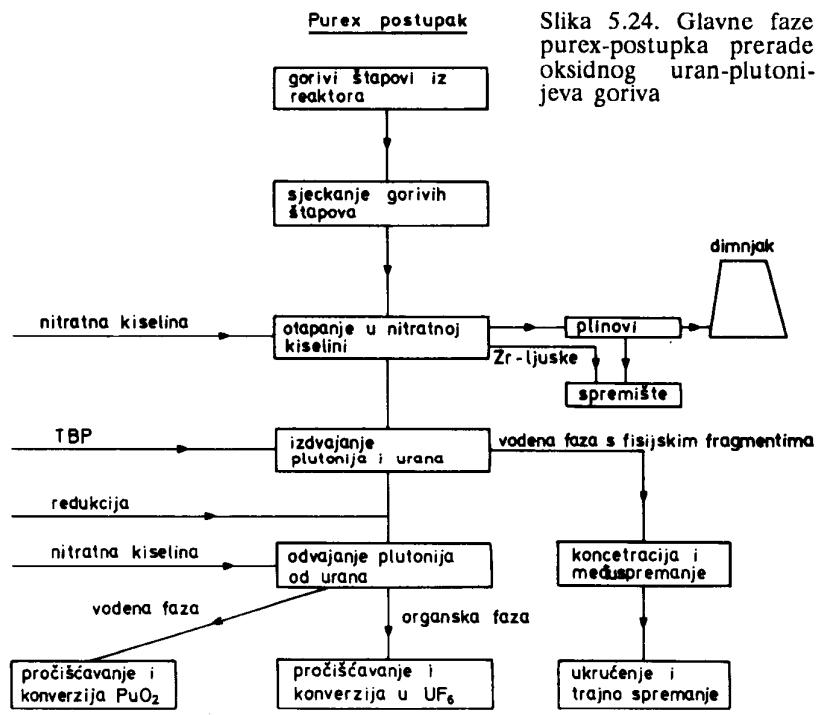
Film: Nuklearni gorivni ciklus

2. dio: od elektrane do odlagališta

Nuklearni gorivni ciklus



Prerada nuklearnog goriva



Atmosferske emisije elemenata nuklearnog energijskog lanca u uvjetima normalnog pogona u MBq/TWh

Radionuklid	Vadjenje rude i prerada u koncentrat	Konverzija koncentrata u UF_6	Obogaćenje urana	Izrada gorivnih elemenata	Odgor goriva u reaktoru	Prerada nuklearnog goriva
^{3}H					$6,9 \times 10^4 - 3,3 \times 10^5$	$4,85 \times 10^4$
^{14}C					$1,4 \times 10^4$	$7,13 \times 10^4$
^{58}Co					$2,5 \times 10^{-1} - 9,4 \times 10^{-1}$	
^{80}Co					$2,5 \times 10^{-1} - 9,4 \times 10^{-1}$	
^{85}Kr					$3,5 \times 10^4 - 1,7 \times 10^5$	$7,13 \times 10^8$
^{129}I						$5,11 \times 10^1$
^{131}I					$1,5 - 5,6$	$7,08 \times 10^{-1}$
^{133}I					$3,0 - 1,1 \times 10^1$	$3,13 \times 10^{-1}$
^{133}Xe					$4,8 \times 10^5 - 2,3 \times 10^6$	
^{134}Cs					$2,5 \times 10^{-1} - 9,4 \times 10^{-1}$	
^{137}Cs					$2,5 \times 10^{-1} - 9,4 \times 10^{-1}$	
^{222}Rn	$5,1 \times 10^8$					
^{234}U	$2,1 \times 10^3$	$4,03 \times 10^{-1}$	$1,9 \times 10^{-1}$	$3,0 \times 10^{-3}$		
^{235}U	$8,9 \times 10^1$	$1,75 \times 10^{-2}$	$9,7 \times 10^{-3}$	2×10^{-4}		
^{238}U	$2,1 \times 10^3$	$3,8 \times 10^{-1}$	1×10^{-1}	$7,4 \times 10^{-4}$		
^{238}Pu						$1,02 \times 10^{-5}$
^{239}Pu						$2,3 \times 10^{-5}$

Tekuće emisije elemenata nuklearnog energijskog lanca u uvjetima normalnog pogona u MBq/TWh

Radionuklid	Vađenje rude i prerada u koncentrat	Konverzija koncentrata u UF ₆	Obogaćenje urana	Izrada gorivnih elemenata	Odgor goriva u reaktoru	Prerada nuklearnog goriva
³ H					$1,46 \times 10^6 - 2,9 \times 10^6$	$2,89 \times 10^7$
¹⁴ C						$4,55 \times 10^4$
⁵⁴ Mn					$2,4 \times 10^1 - 9,5 \times 10^1$	
⁵⁸ Co					$3,8 \times 10^2 - 1,4 \times 10^3$	
⁶⁰ Co					$1,2 \times 10^2 - 7,3 \times 10^2$	$9,1 \times 10^3$
⁸⁹ Sr						$1,46 \times 10^5$
¹⁰⁶ Ru						$8,77 \times 10^7$
^{110m} Ag					$3,9 \times 10^1 - 3,5 \times 10^2$	
¹²⁴ Sb					$8,0 \times 10^1 - 4,2 \times 10^2$	
¹²⁵ Sb						$6,17 \times 10^4$
¹²⁹ I						$6,84 \times 10^2$
¹³¹ I					$5,2 - 1,4 \times 10^1$	
¹³⁴ Cs					$7,76 - 1,3 \times 10^2$	$1,5 \times 10^3$
¹³⁷ Cs					$1,0 \times 10^1 - 2,3 \times 10^2$	$1,38 \times 10^4$
²³⁴ U		$1,28 \times 10^1$	$3,8 \times 10^{-2}$	4,33		
²³⁵ U		$5,49 \times 10^1$	$1,9 \times 10^{-3}$	$2,86 \times 10^1$		
²³⁸ U	8,6 Bq/l	$1,21 \times 10^1$	$2,0 \times 10^{-2}$	1,06		$1,47 \times 10^1$
²³⁸ Pu						$9,04 \times 10^1$
²³⁹ Pu						$5,43 \times 10^1$
²⁴¹ Am						$9,21 \times 10^1$
²⁴⁴ Cm						$4,42 \times 10^1$

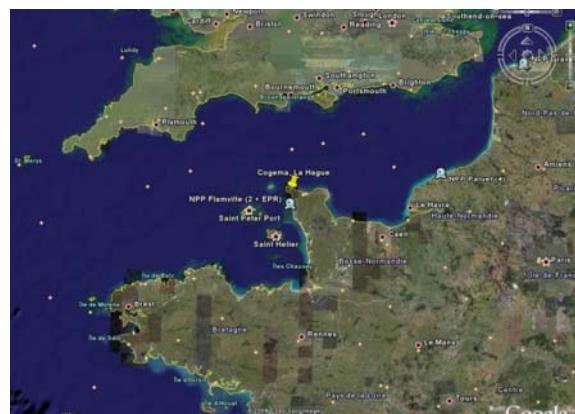
* koncentracija u vodotoku nizvodno od rudnika

Nuclear fuel reprocessing plant

AREVA (COGEMA),
La Hague, Normandy, France



View of the COGEMA-La Hague reprocessing plant, France



Predmet

**“ENERGETIKA, OKOLIŠ I
ODRŽIVI RAZVOJ”**

Prof.dr.sc. Željko Tomšić

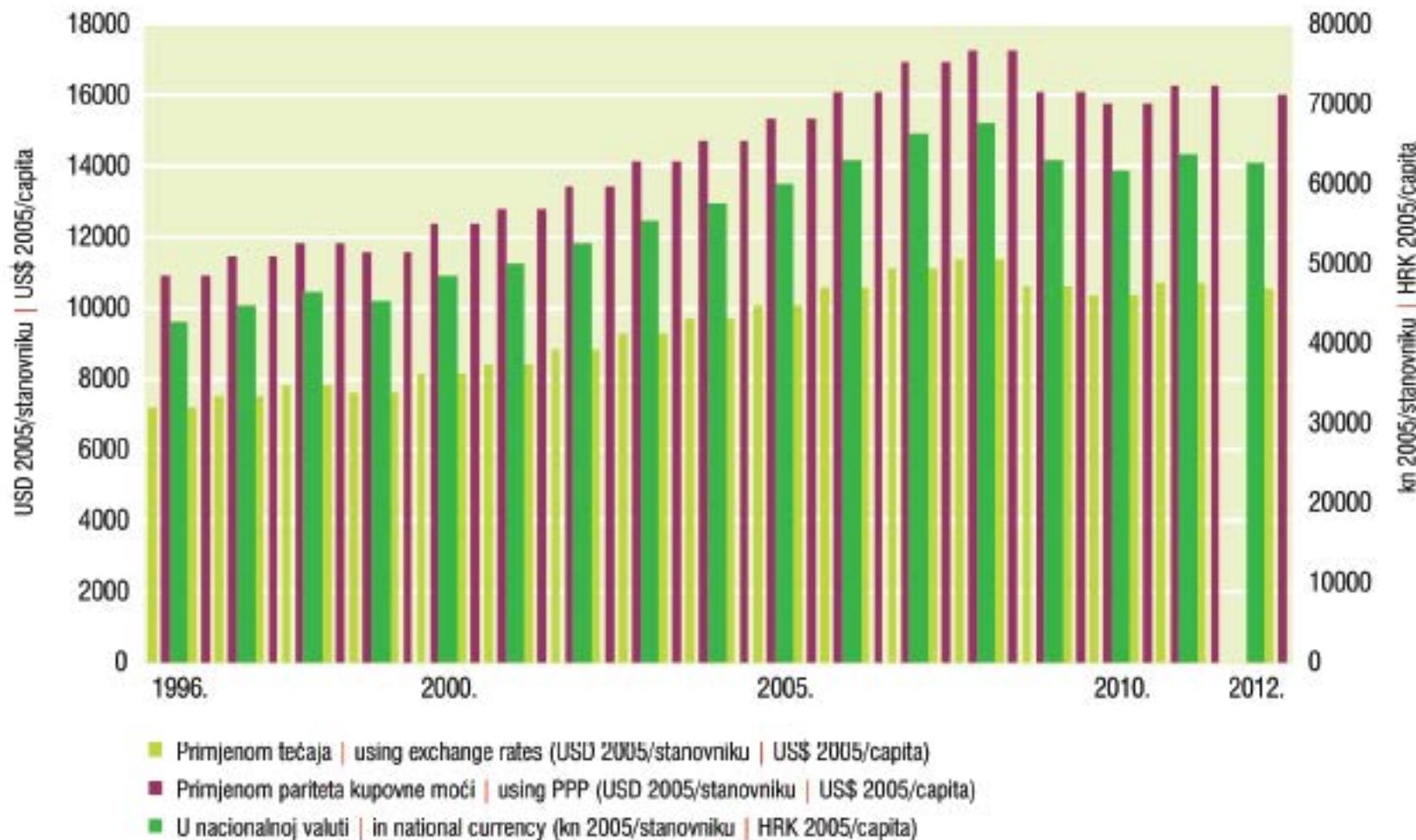
“ENERGETIKA I ZAŠTITA OKOLIŠA U HRVATSKOJ“

Energetsko ekološki profil RH

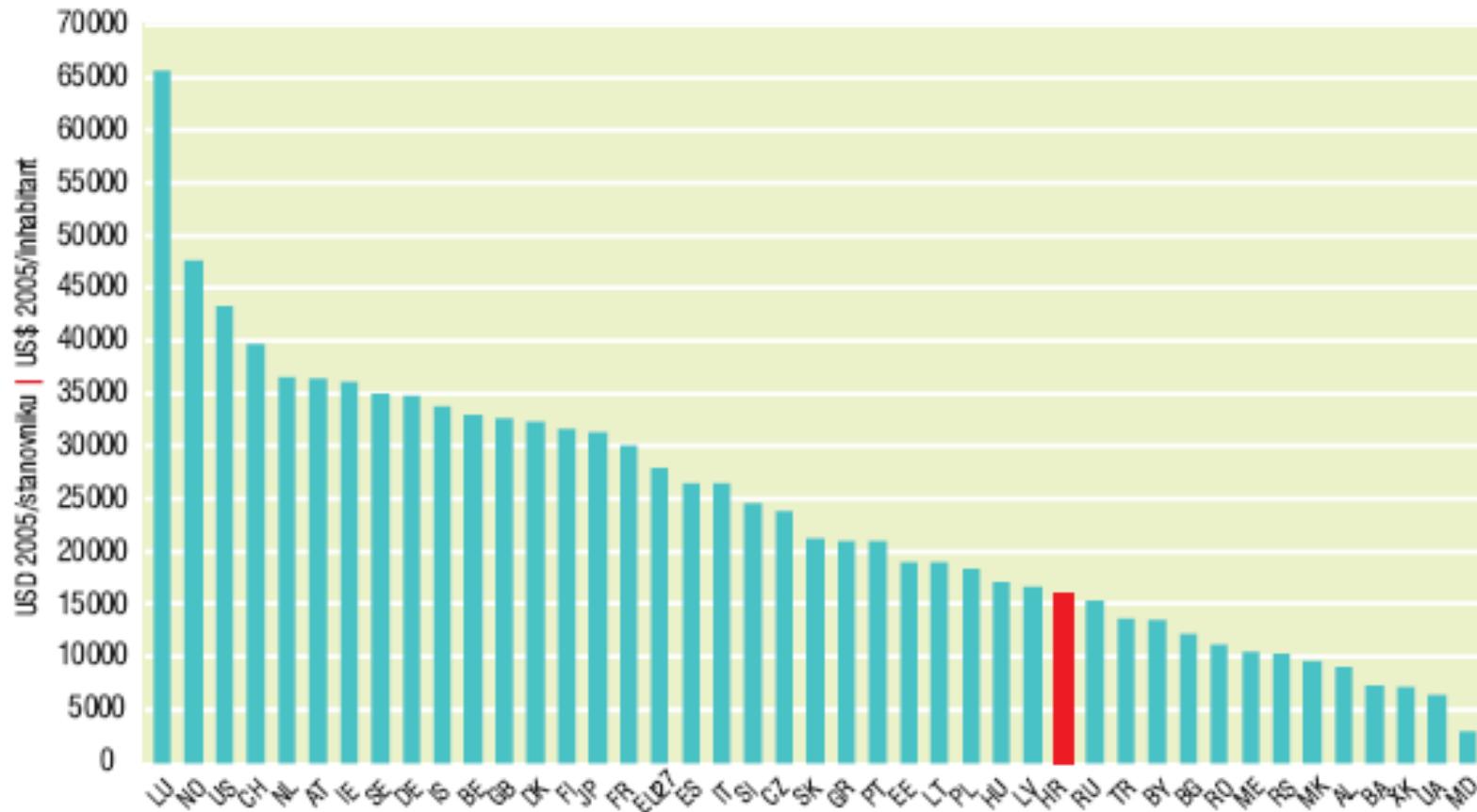
**Strategija energetskog razvoja
RH – 2009.**

Prof.dr.sc. Željko Tomšić

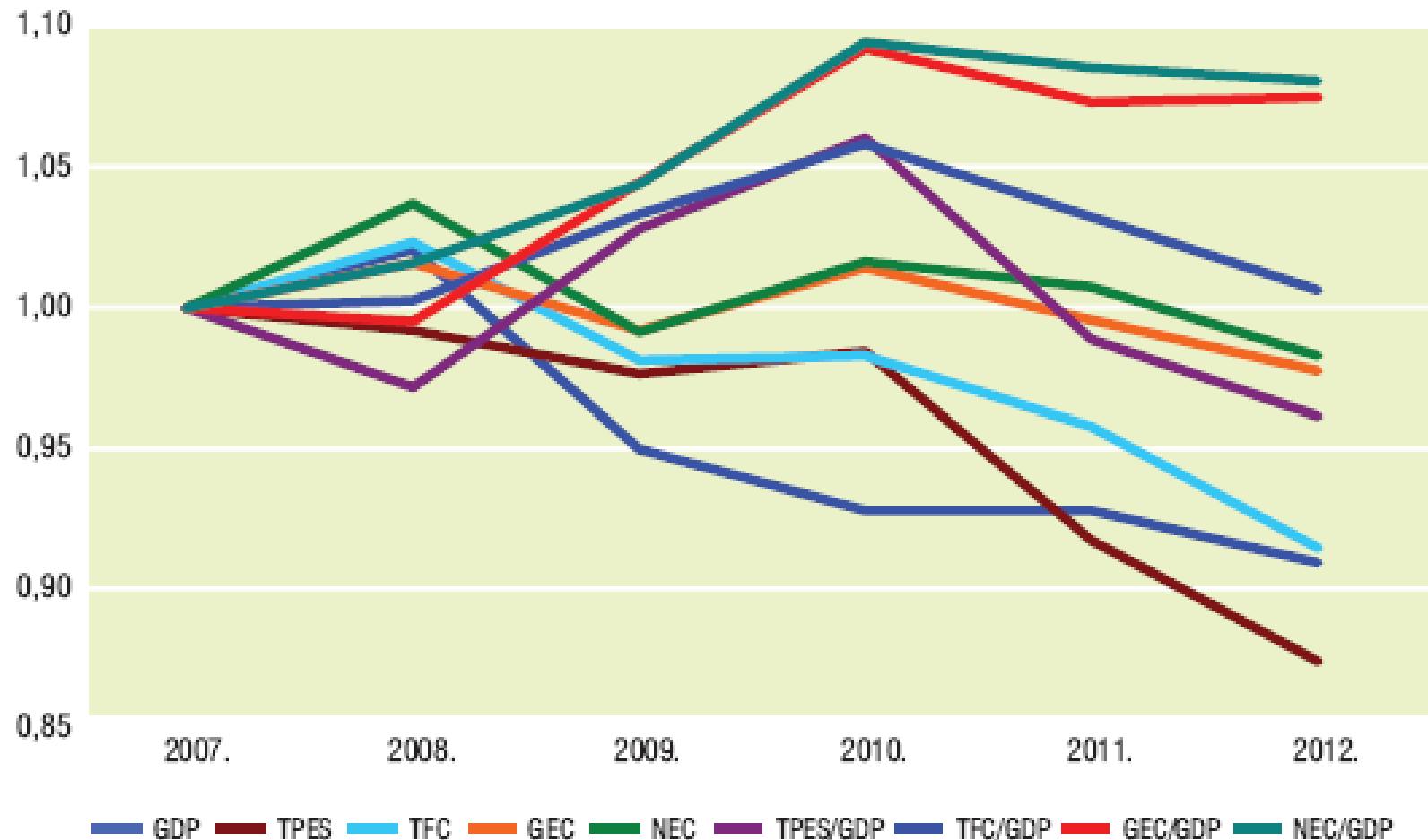
Hrvatska – Bruto domaći proizvod po stanovniku



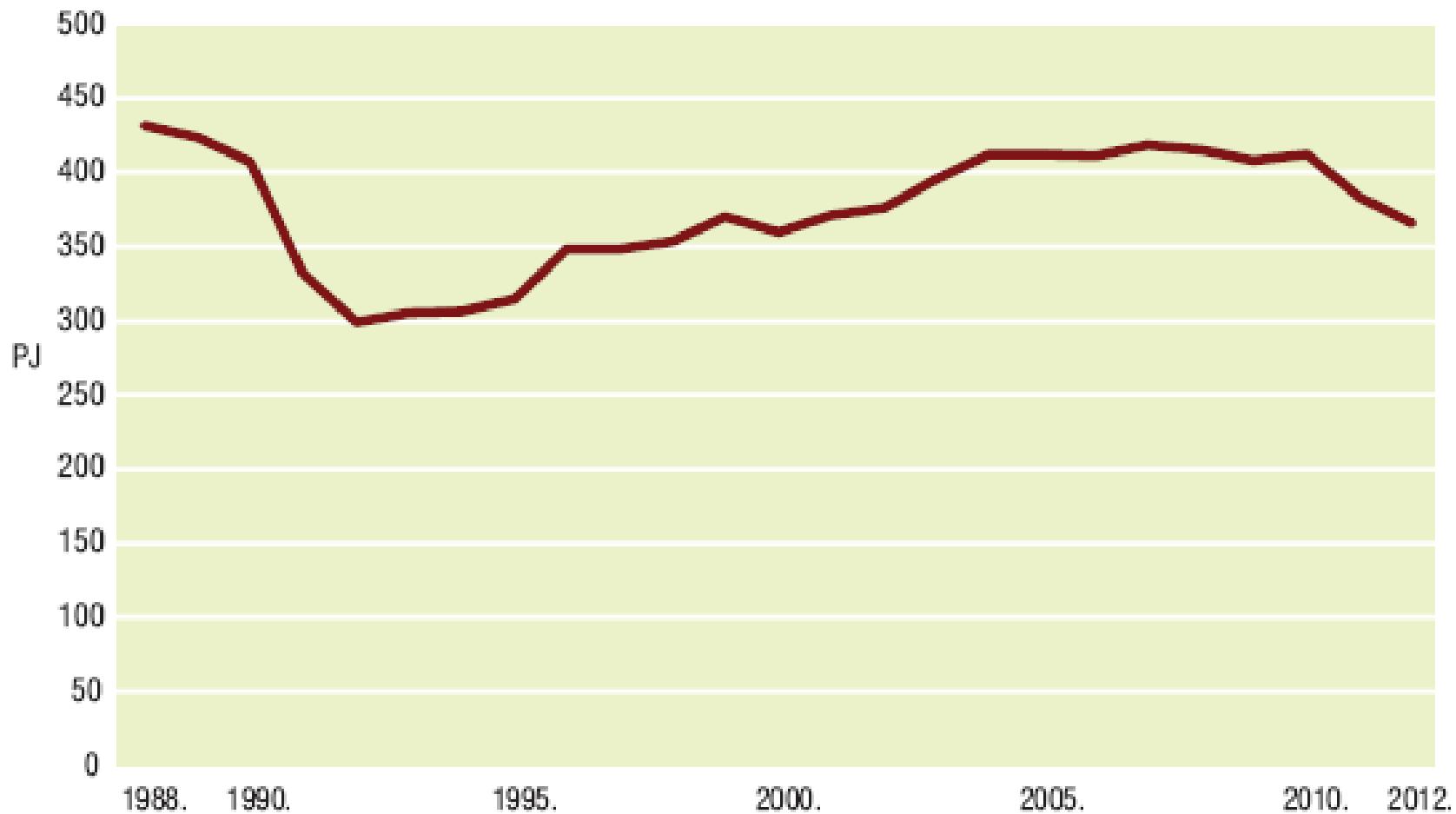
Hrvatska i Europa – Bruto domaći proizvod po stanovniku PKM (PPP)



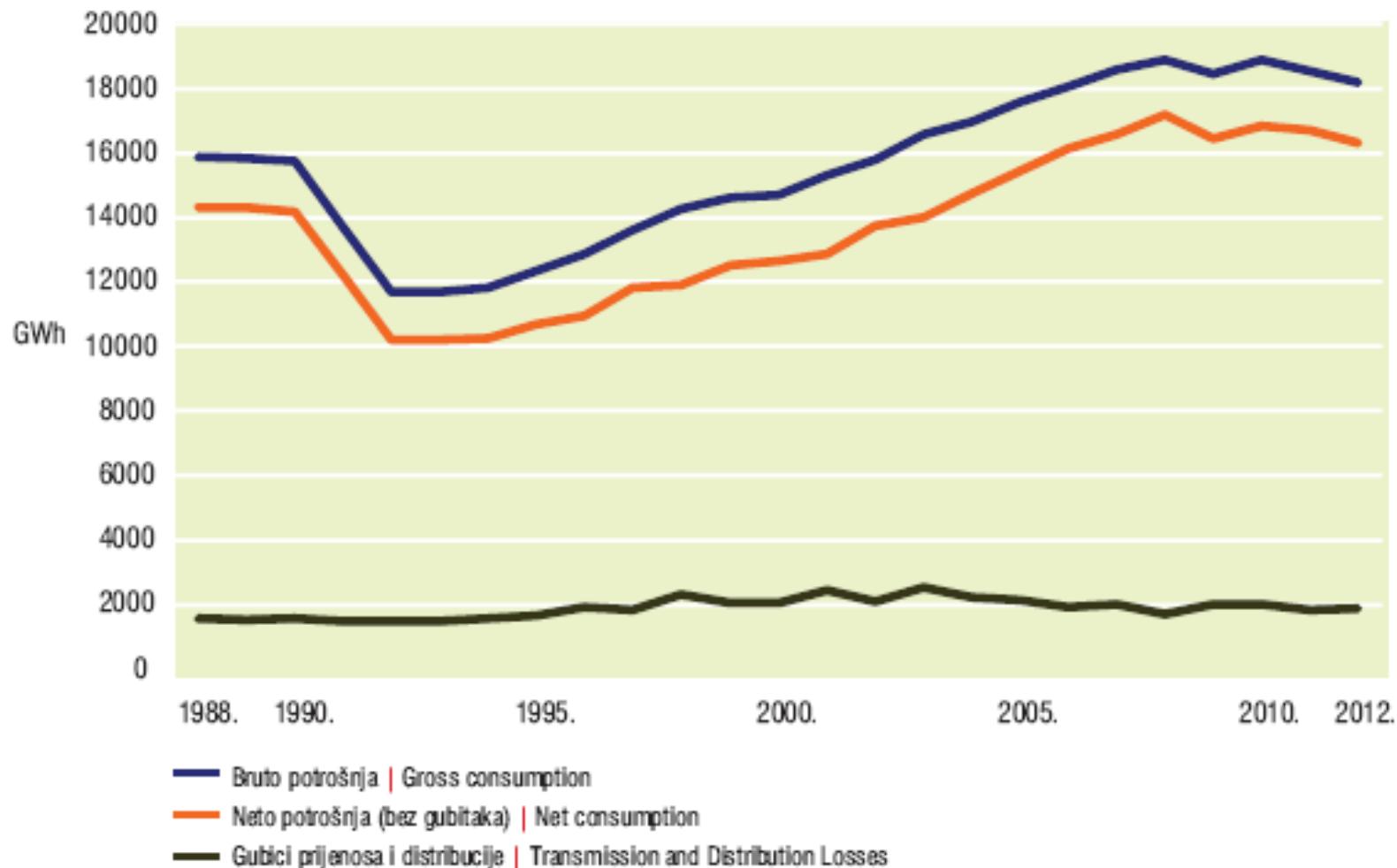
Hrvatska – ključni ekonomski i energetski indikatori



Ukupna potrošnja energije

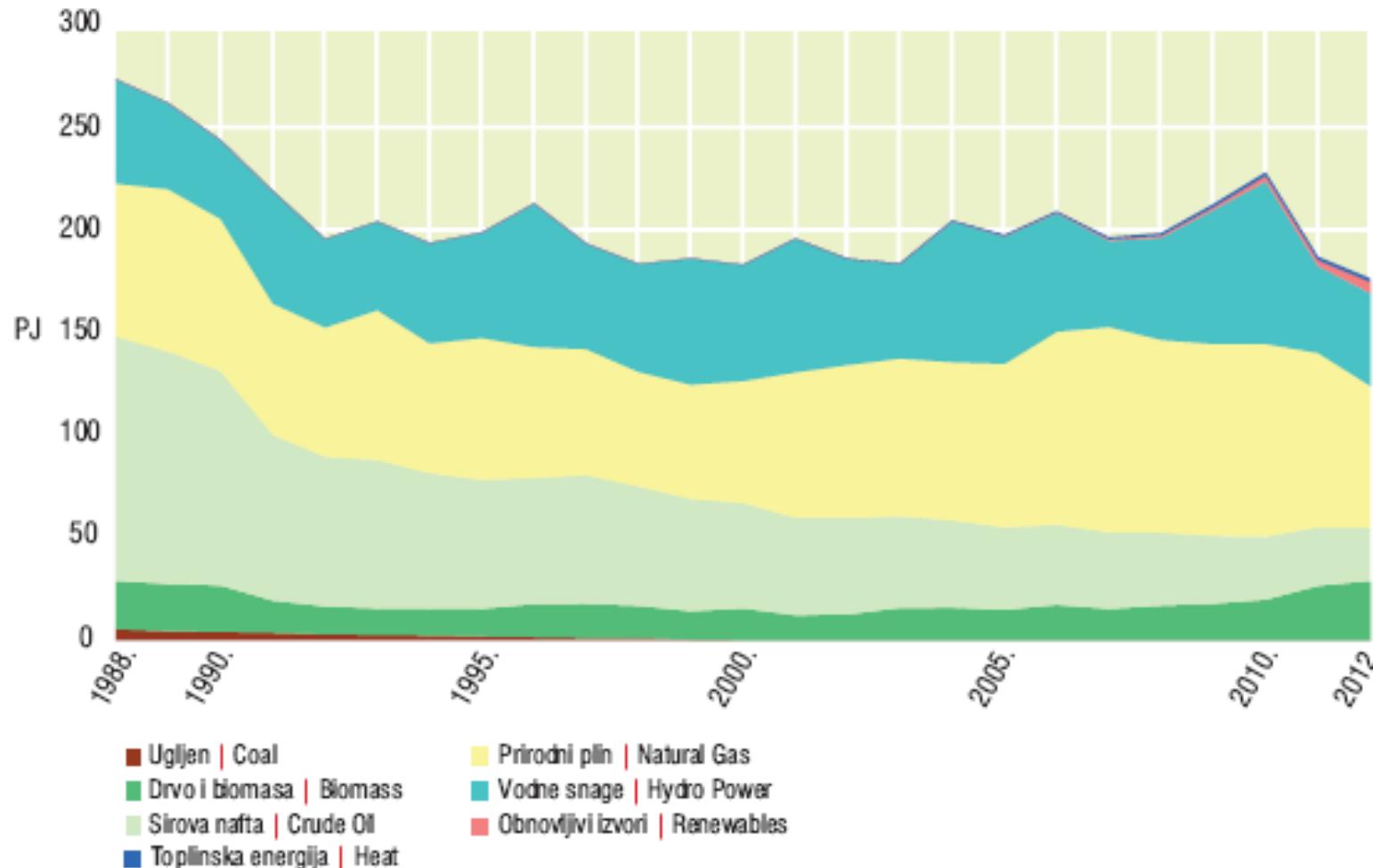


Potrošnje električne energije

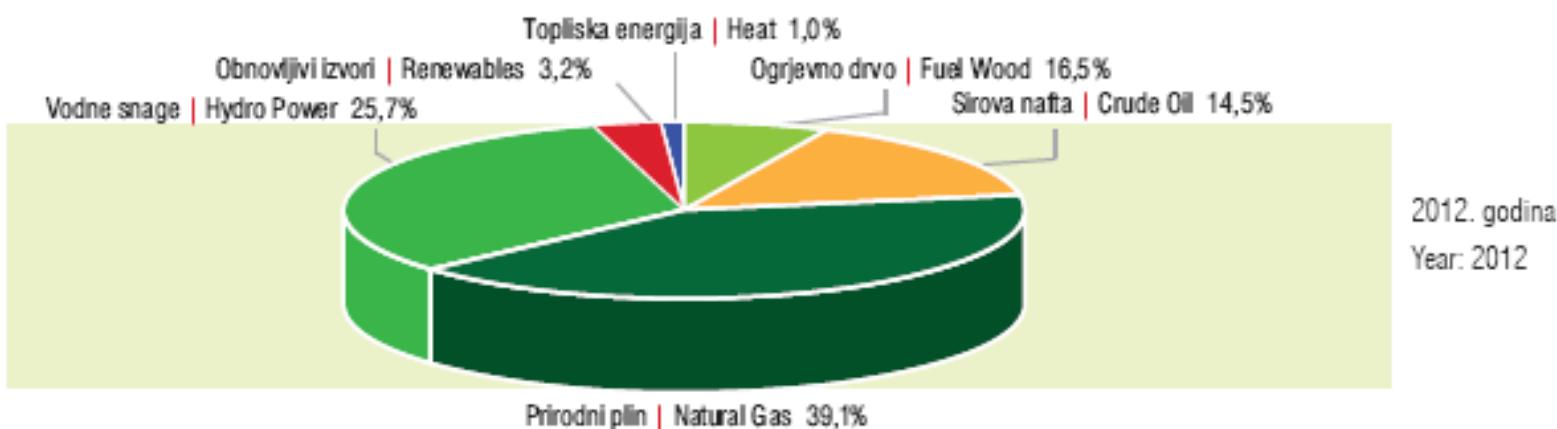
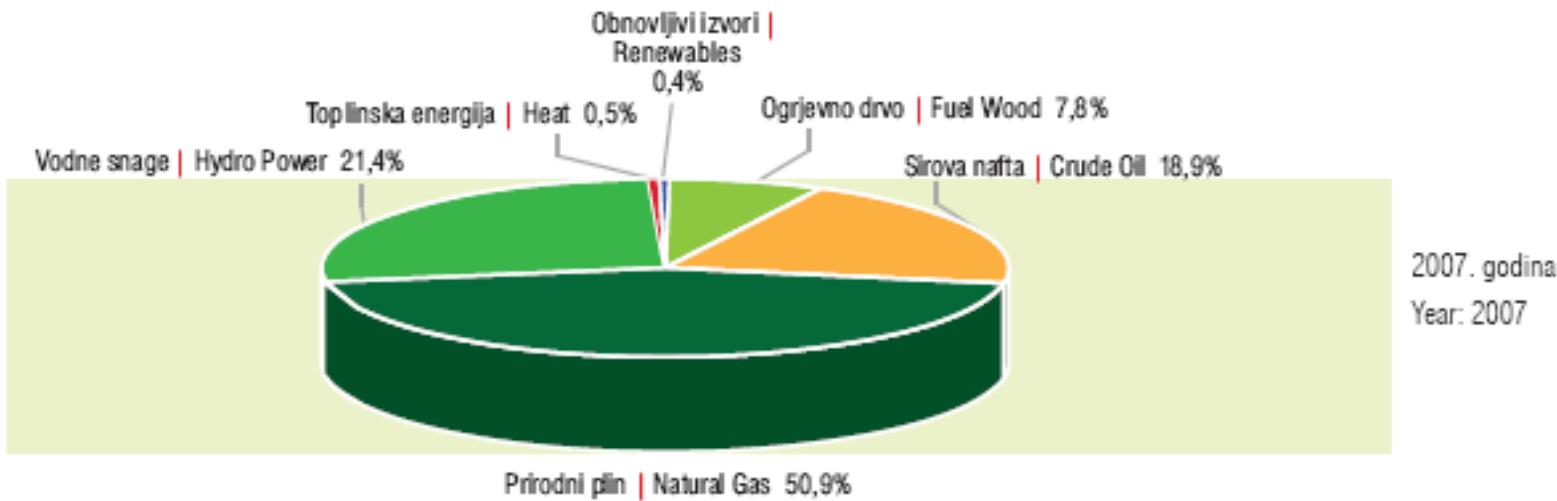


Proizvodnja primarne energije u RH

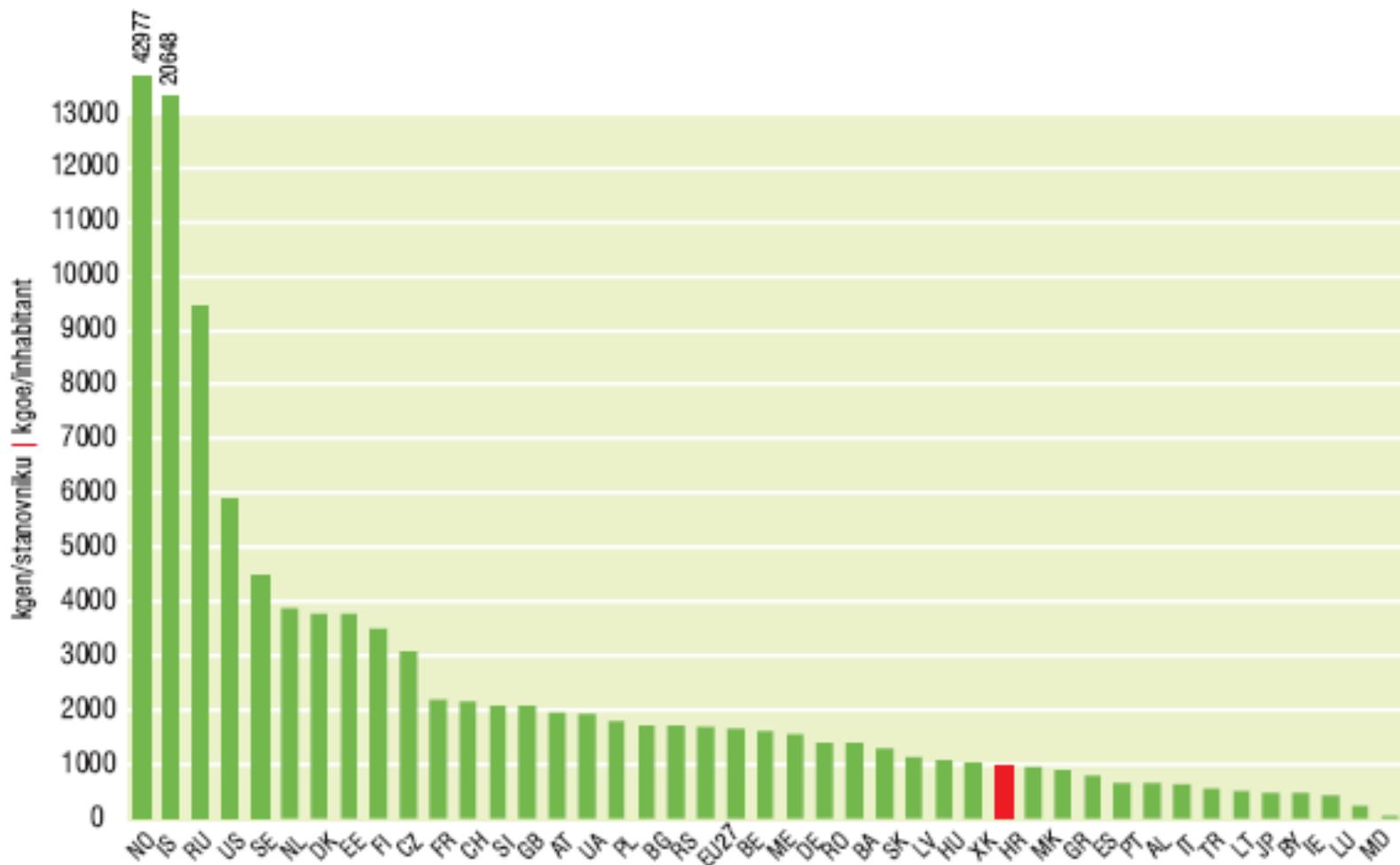
Proizvodnja primarne energije



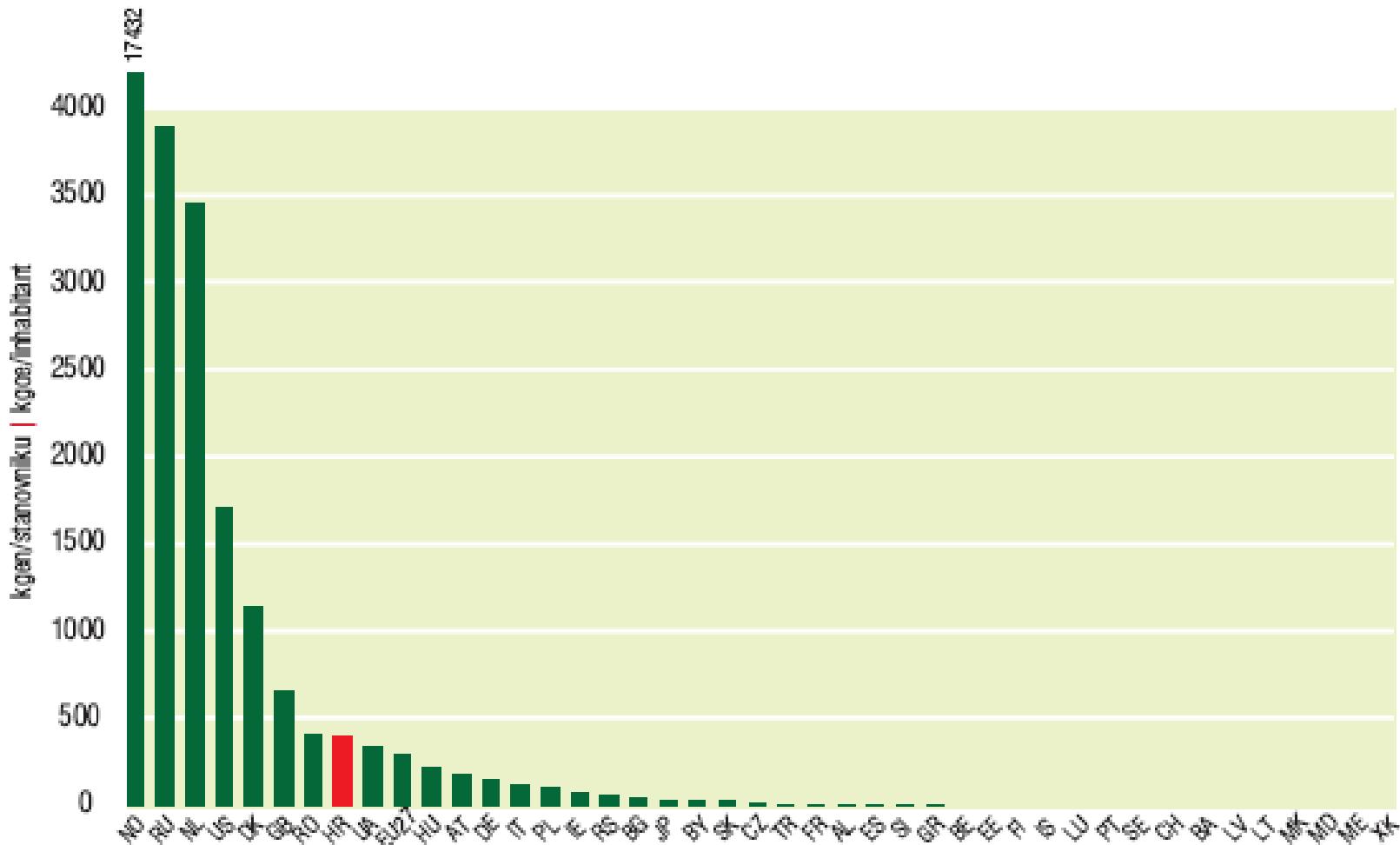
Udjeli u proizvodnji primarne energije



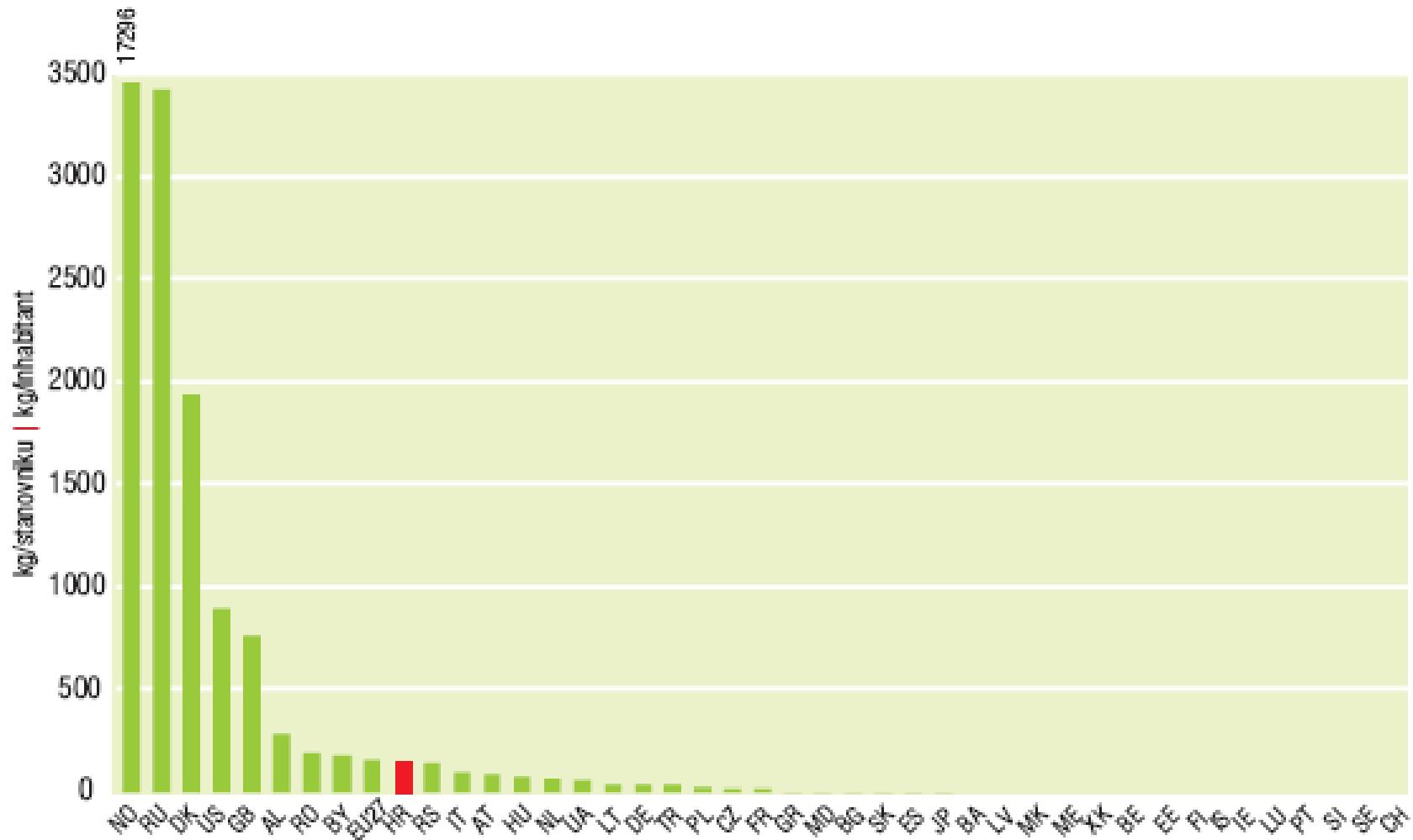
Proizvodnja primarne energije po stanovniku



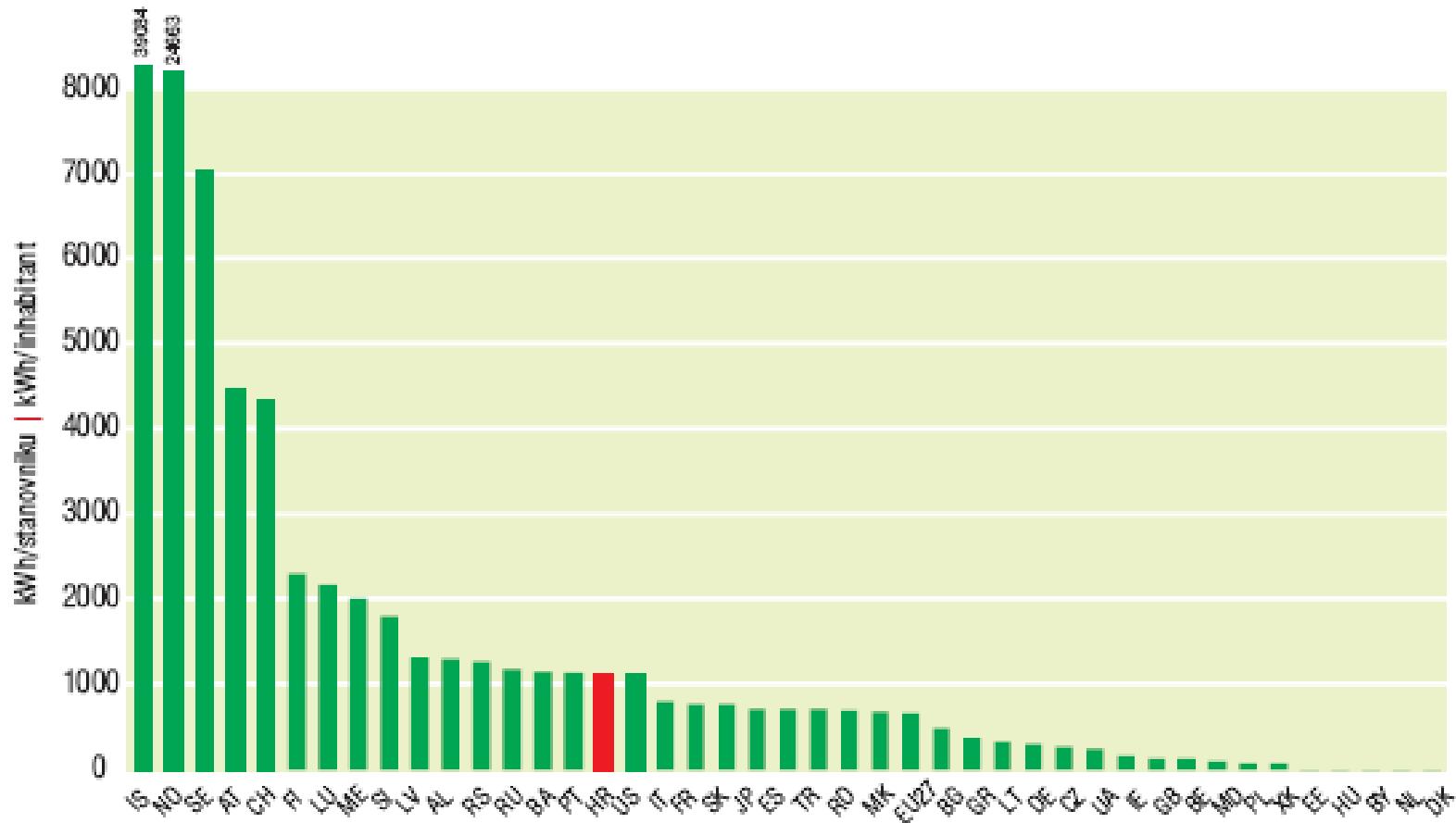
Proizvodnja prirodnog plina po stanovniku



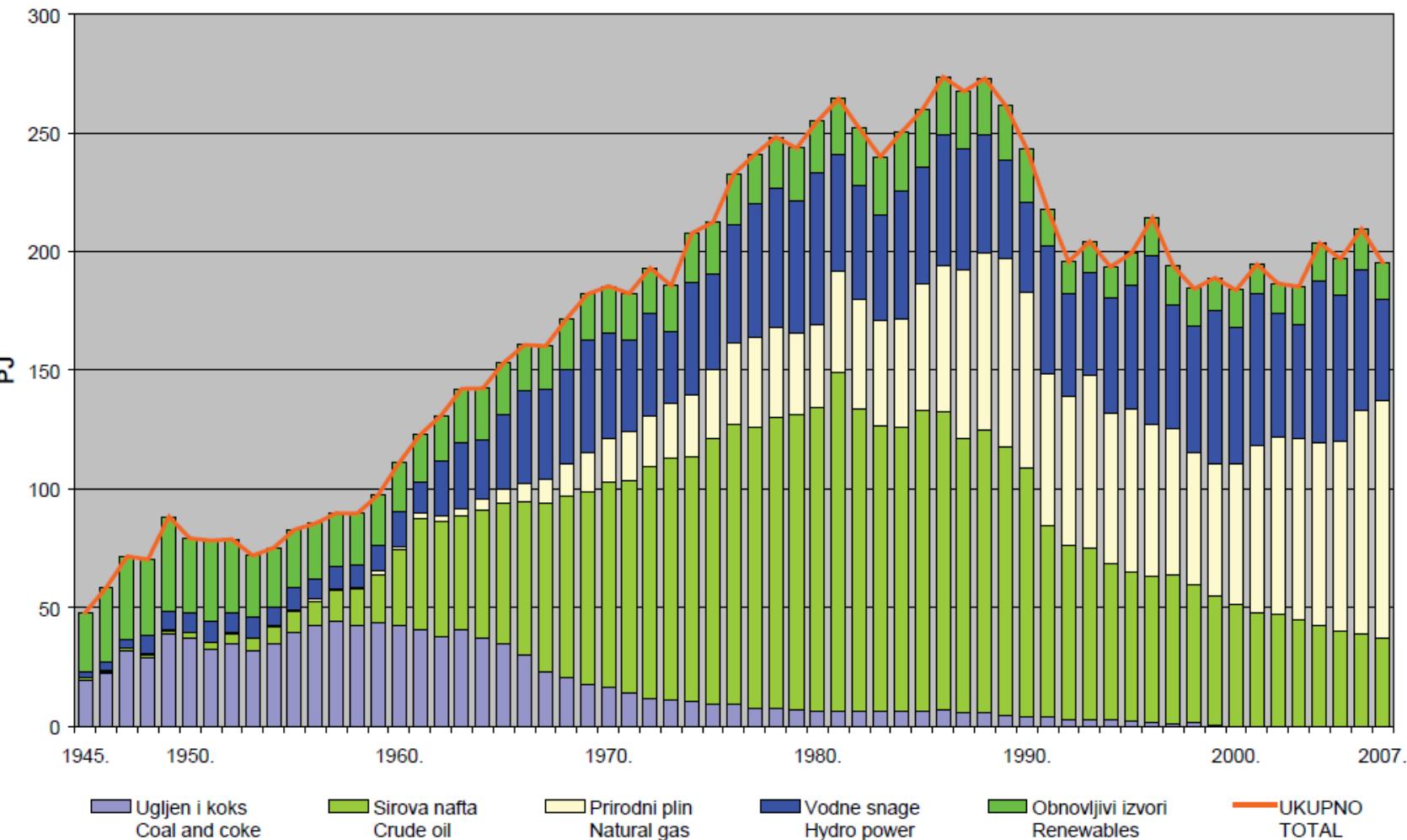
Proizvodnja nafte po stanovniku



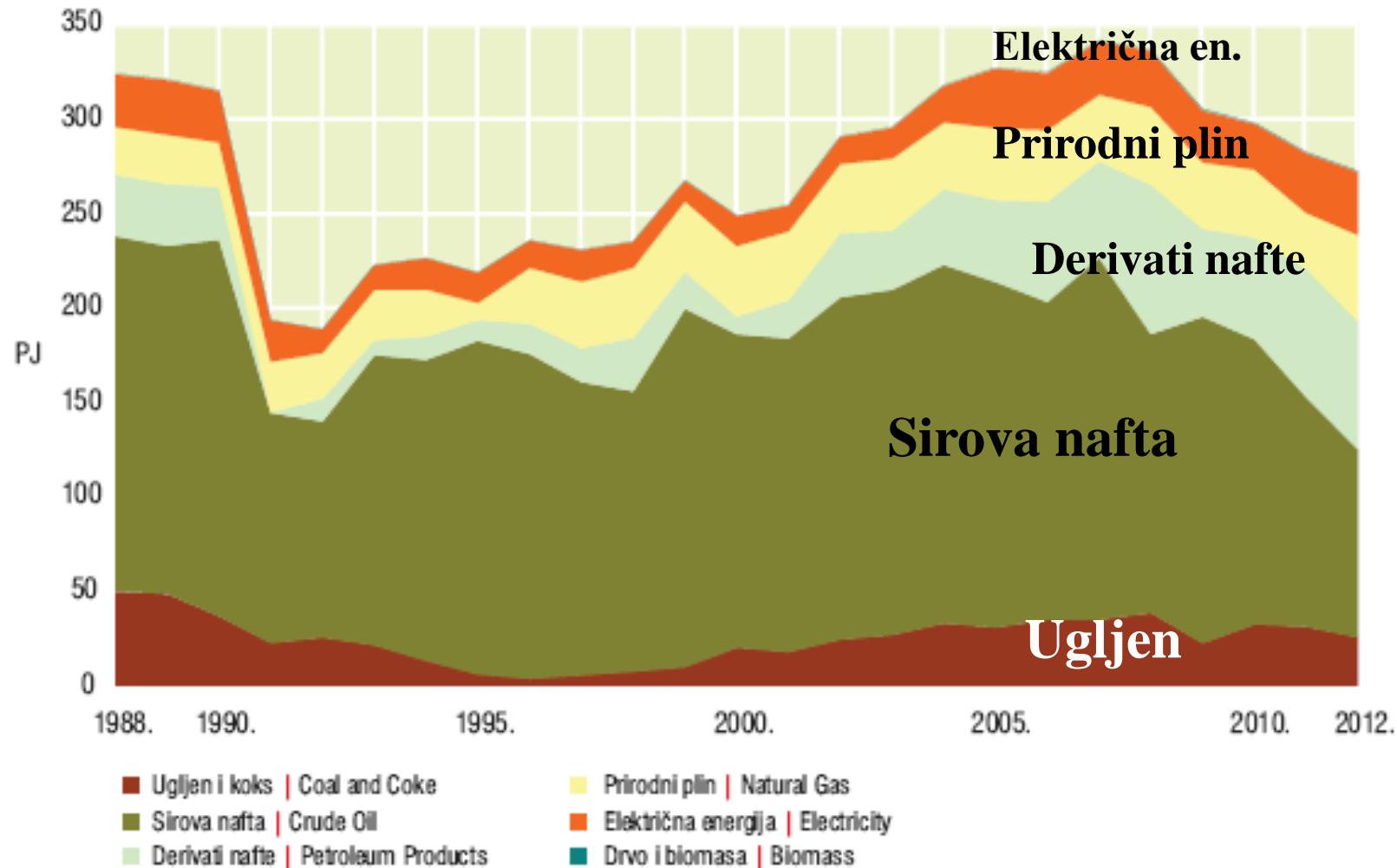
Proizvodnja električne energije iz vodnih potencijala po stanovniku



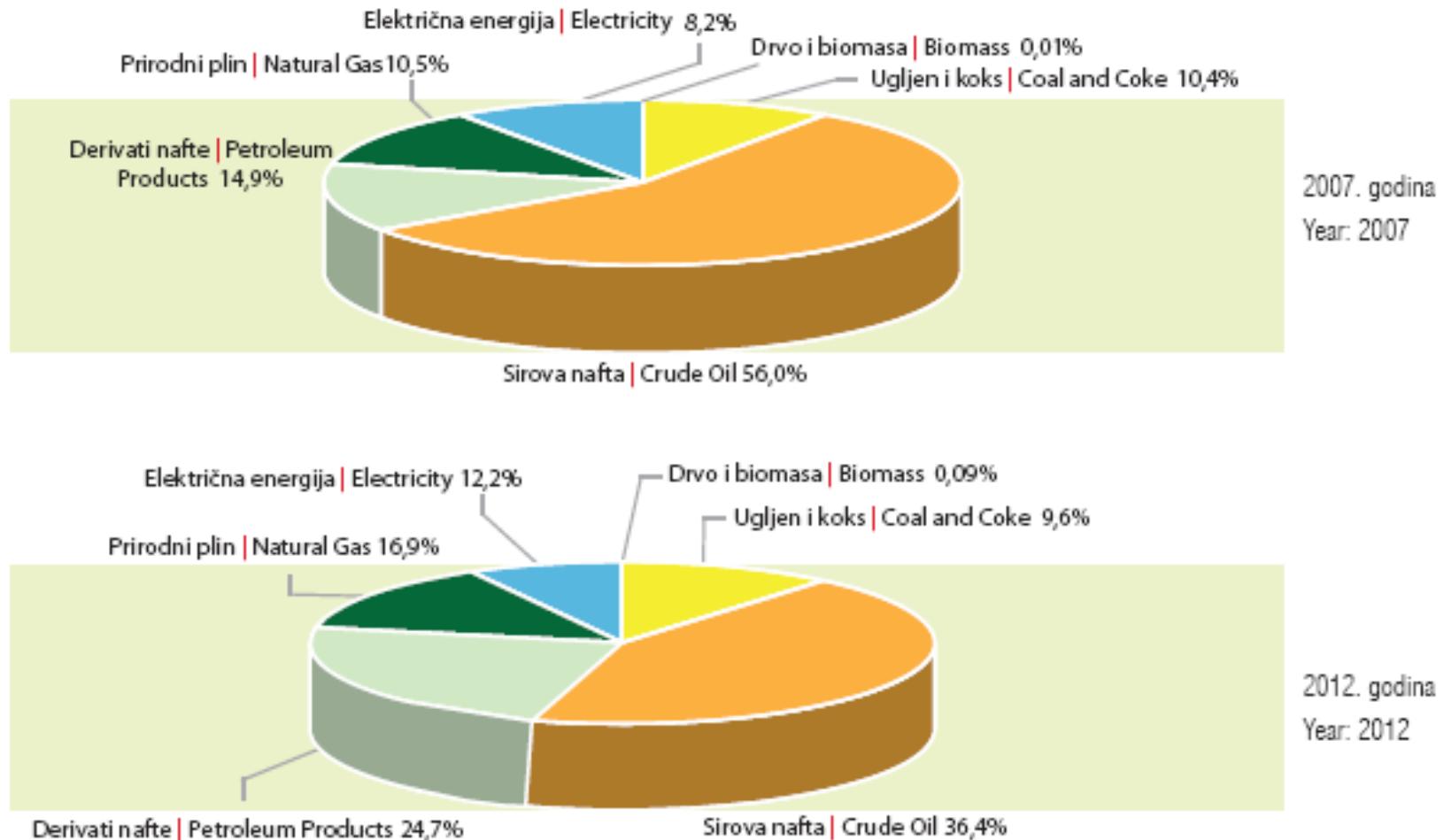
Proizvodnja primarne energije u Hrvatskoj



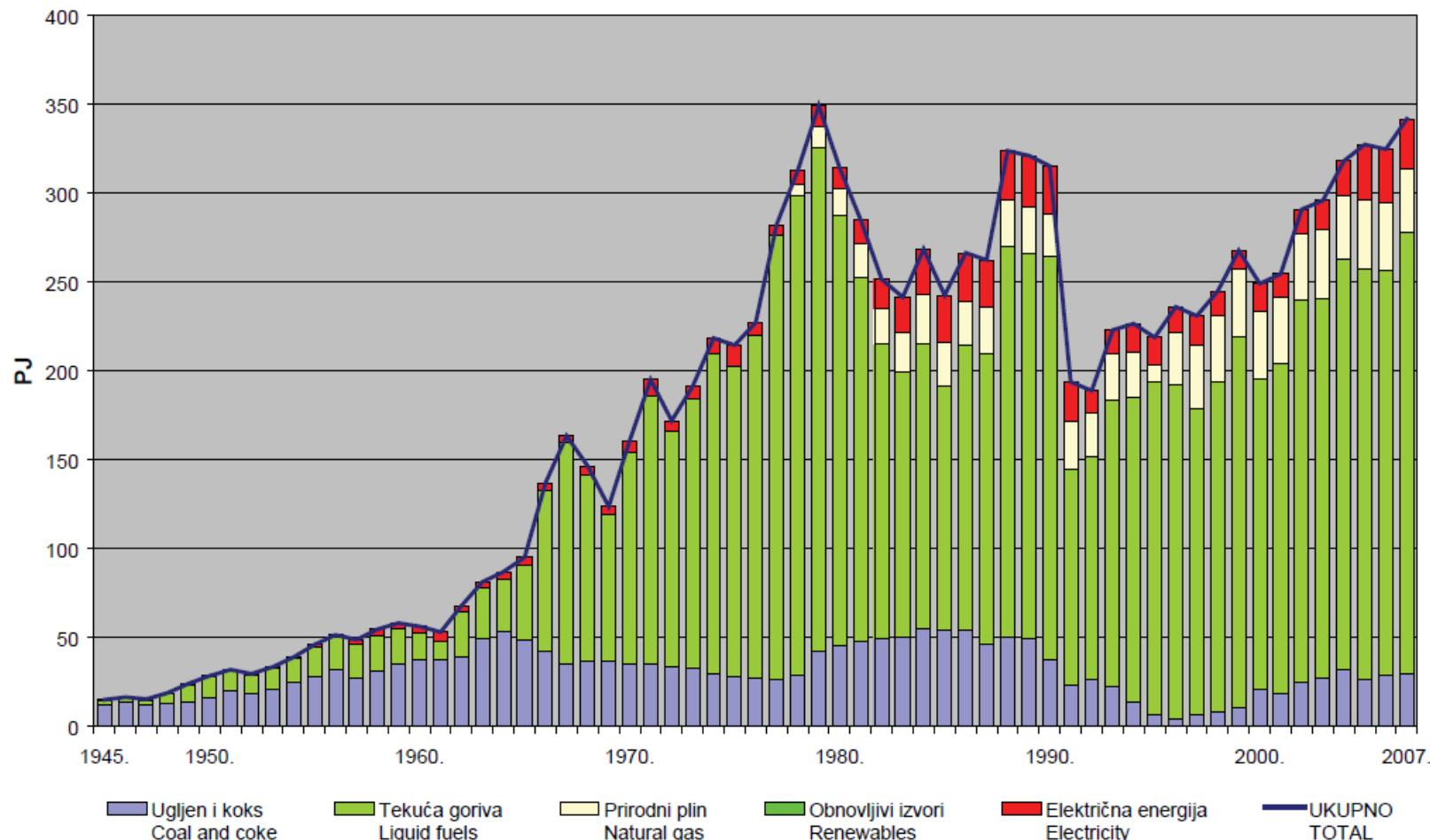
Uvoz energije u Hrvatsku



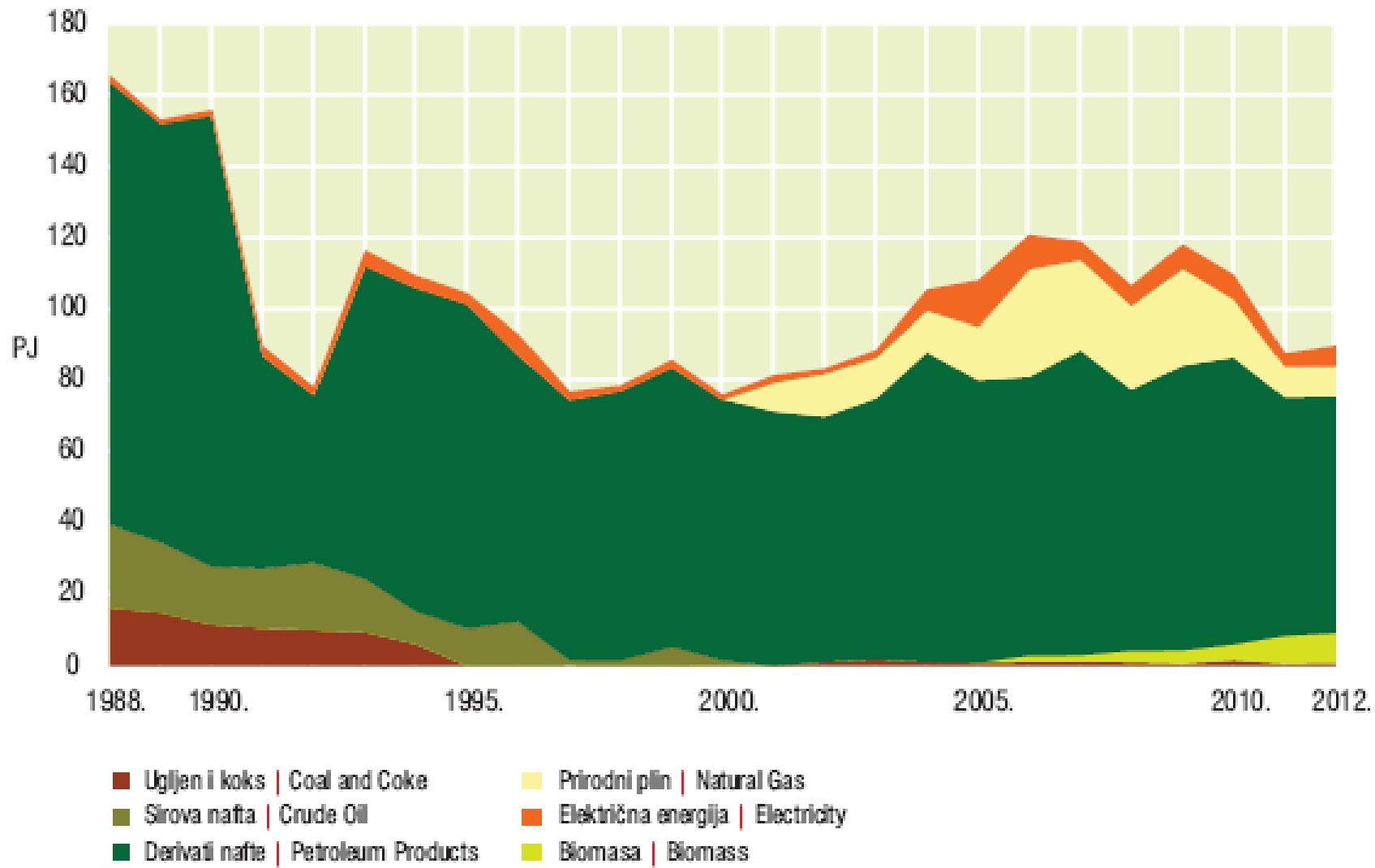
Udjeli u uvozu energije u Hrvatsku



Uvoz energije u Hrvatsku

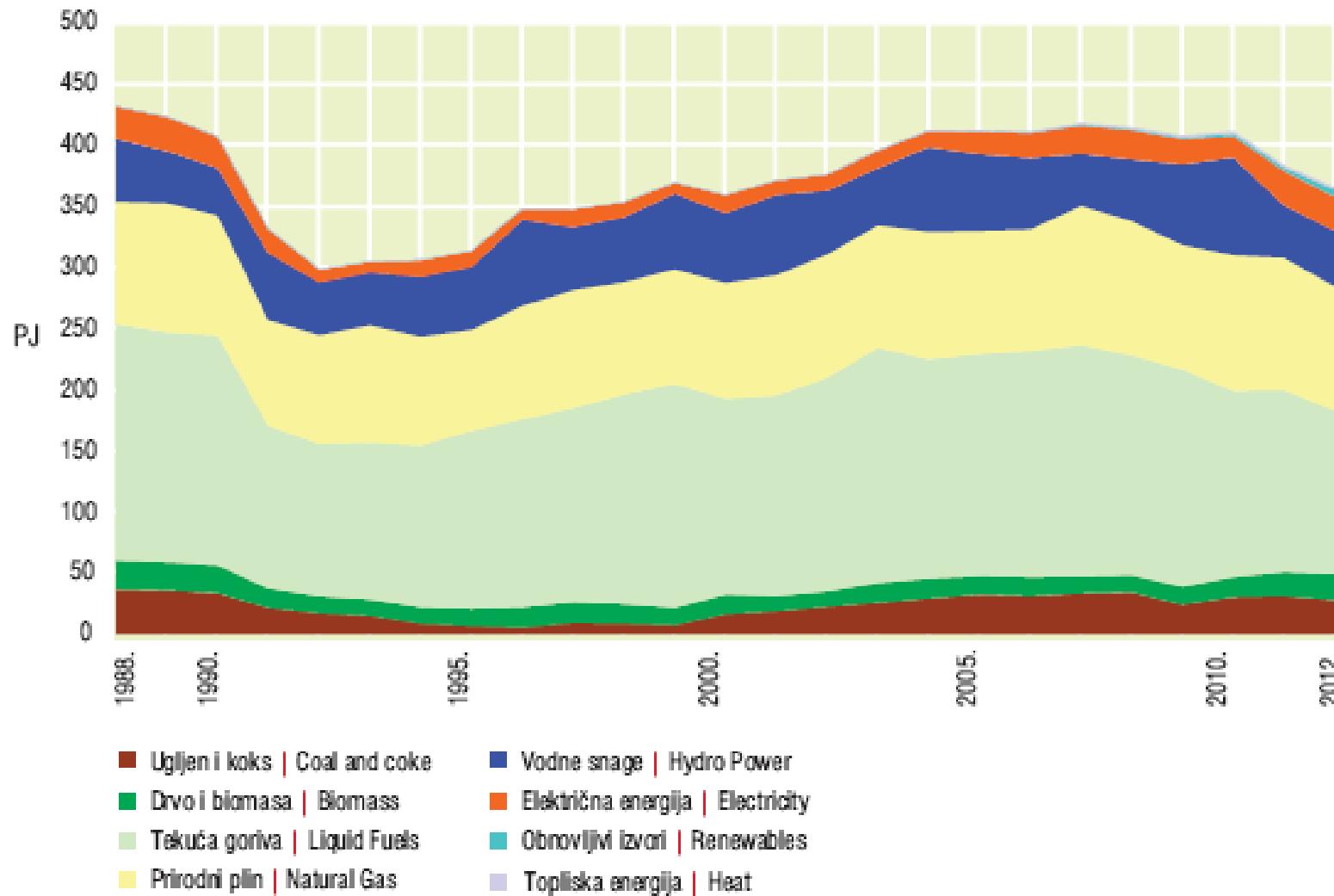


Izvoz energije iz Hrvatske

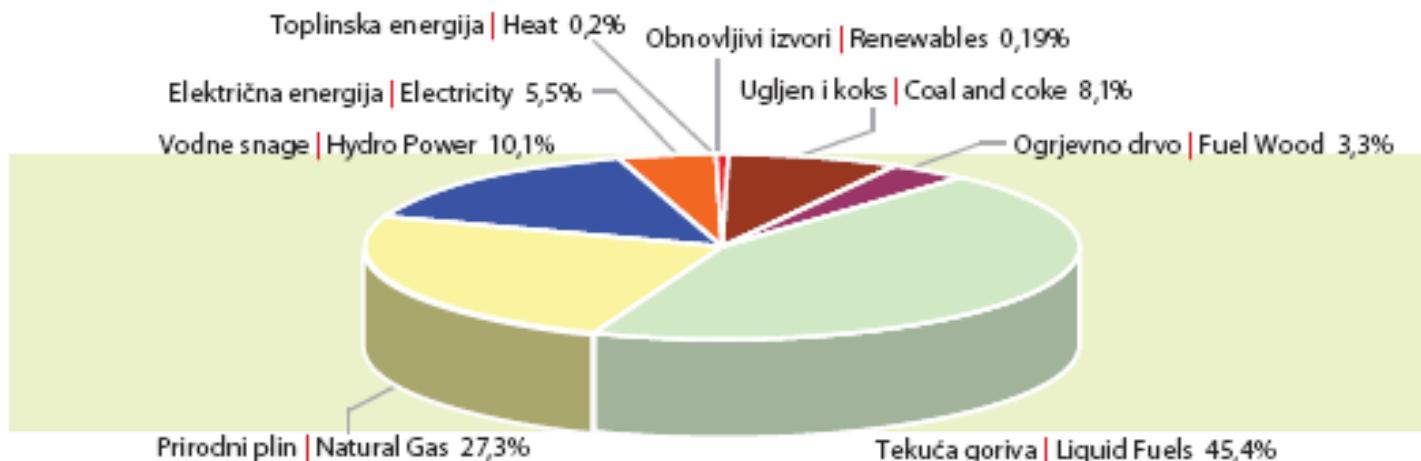


Ukupna potrošnja energije u Hrvatskoj

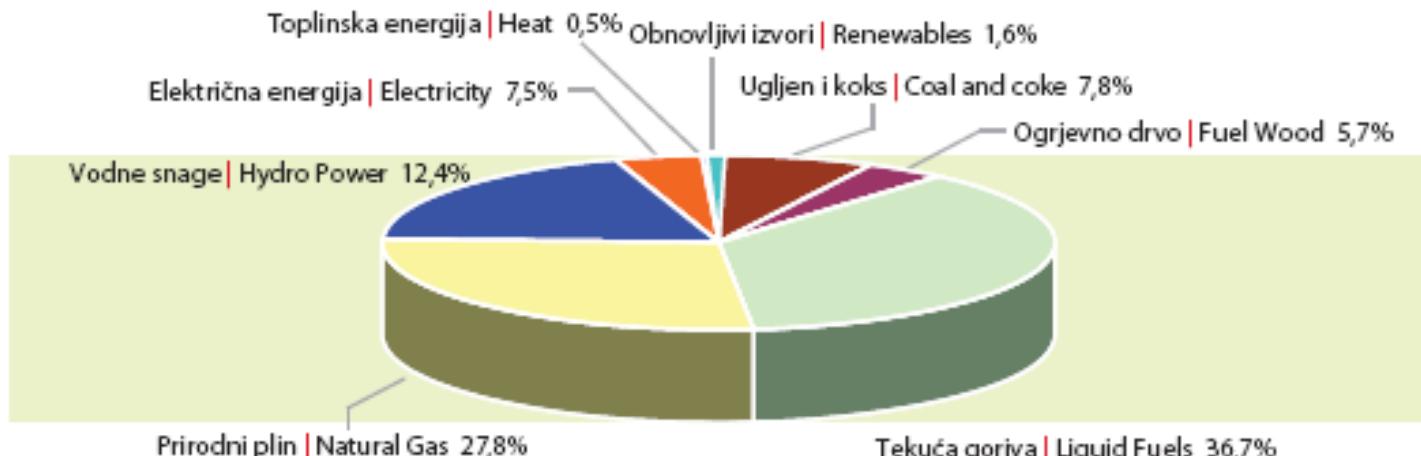
Ukupna potrošnja primarne energije u Hrvatskoj



Udjeli u ukupnoj potrošnji energije 2007. i 2012.

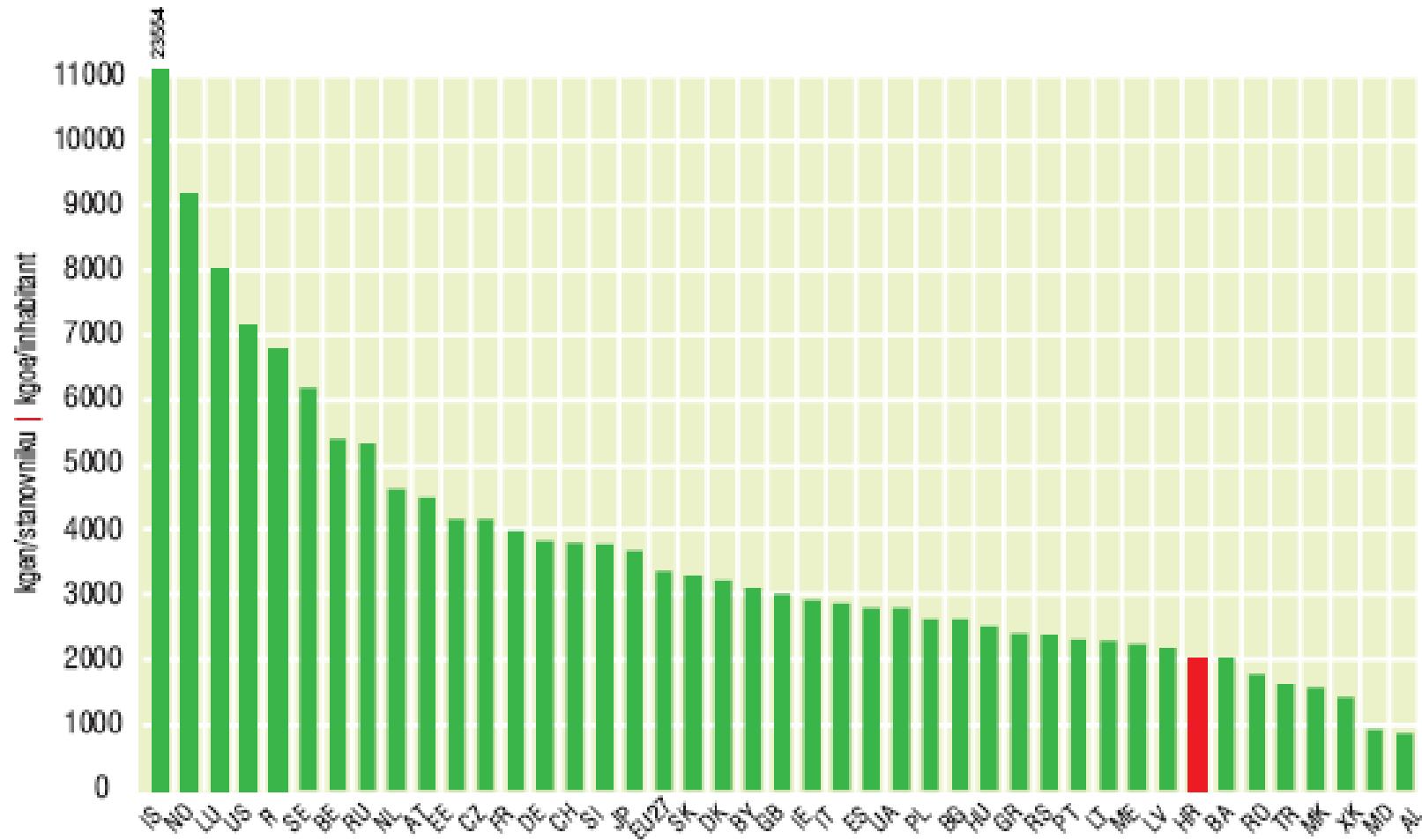


2007. godina
Year: 2007

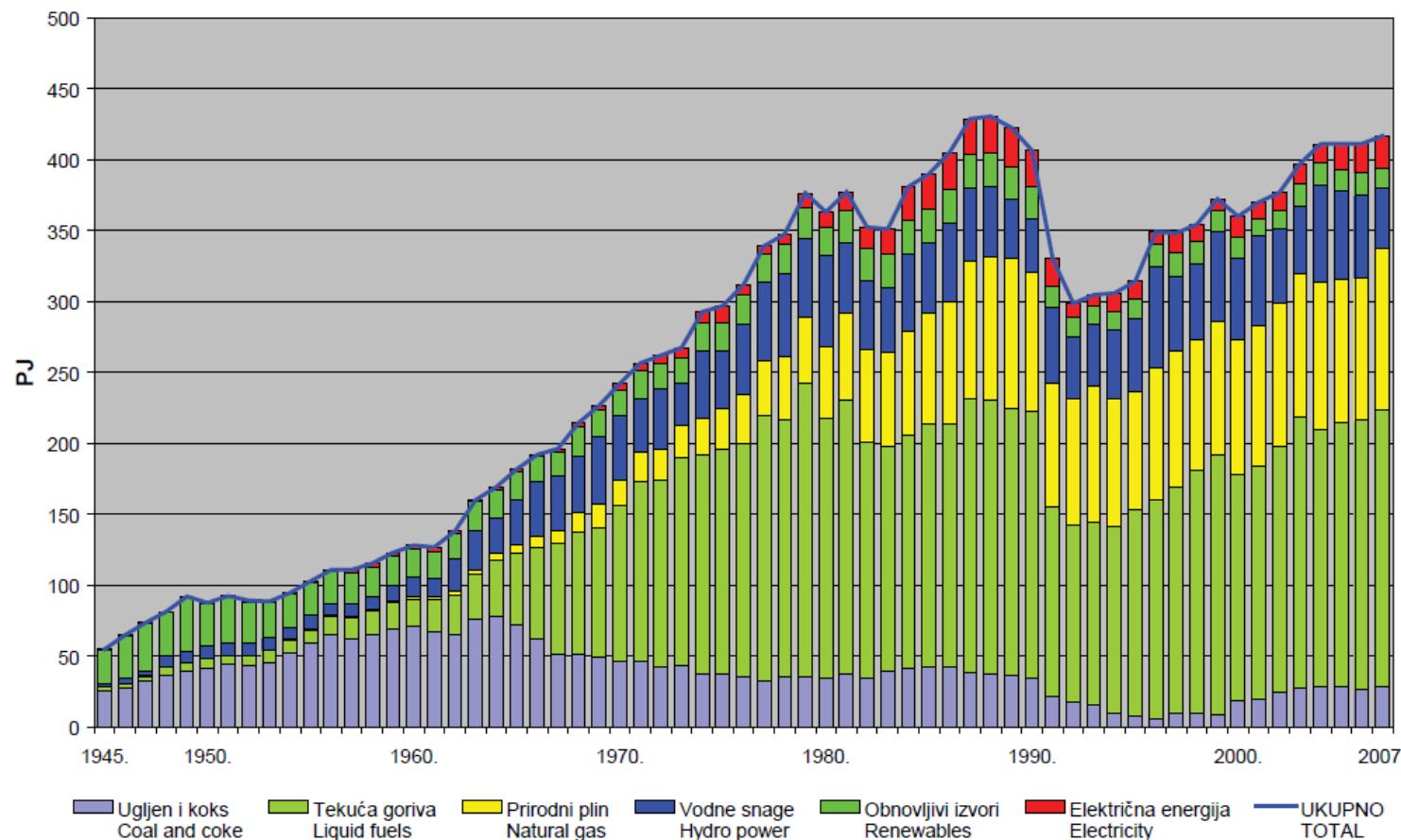


2012. godina
Year: 2012

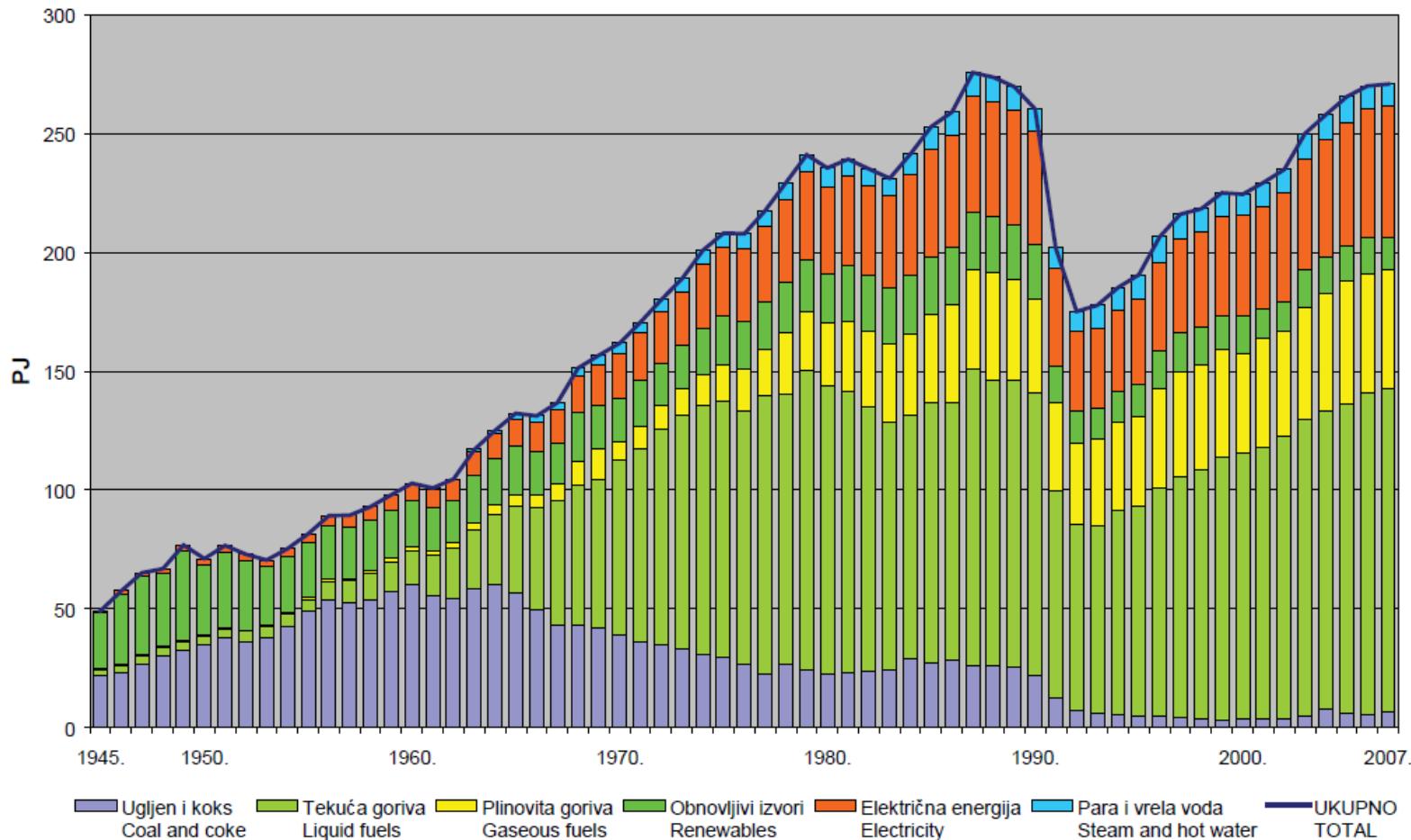
Ukupna potrošnja energije po stanovniku u Hrvatskoj 2012. god.



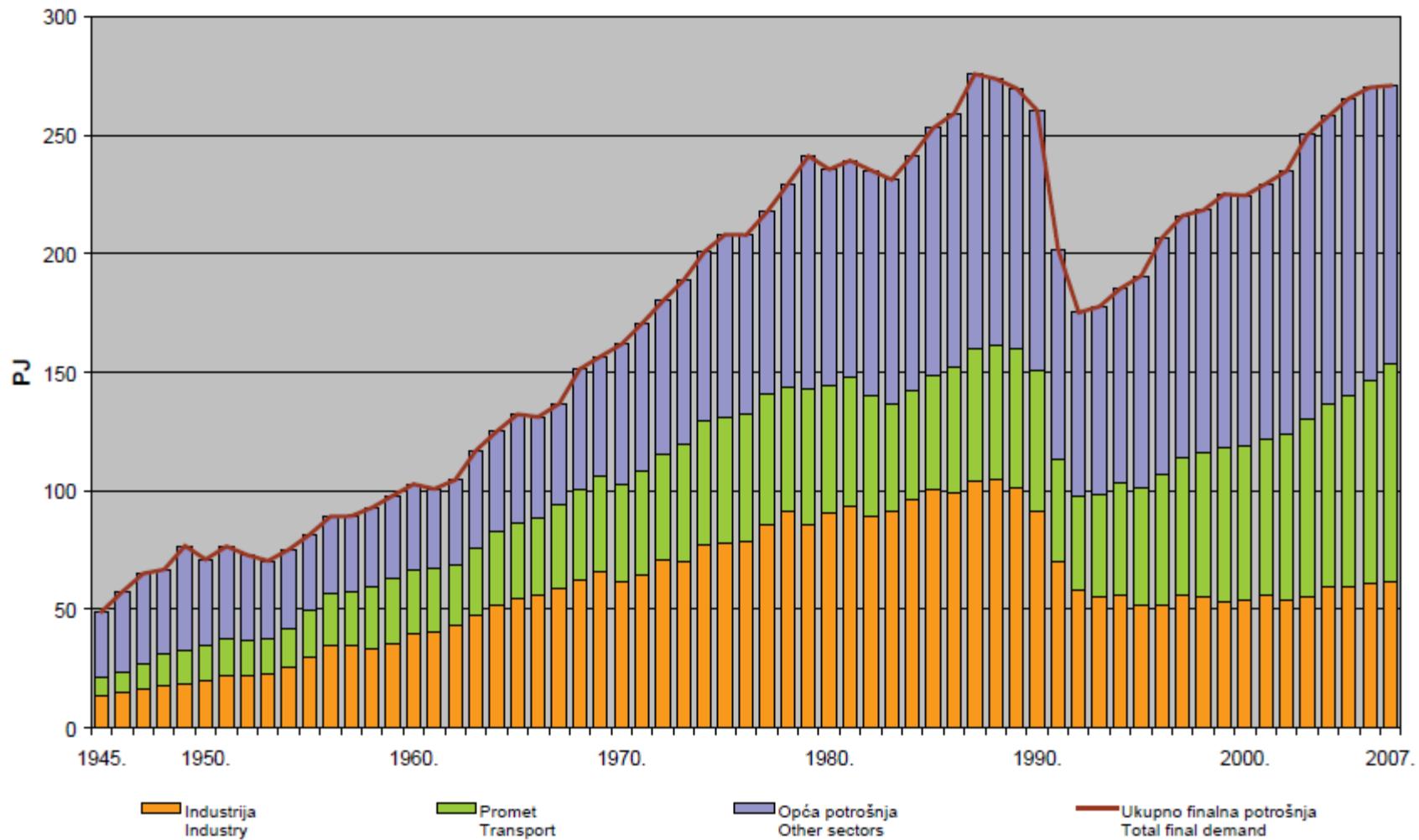
Ukupna potrošnja energije u Hrvatskoj (primarni energenti)



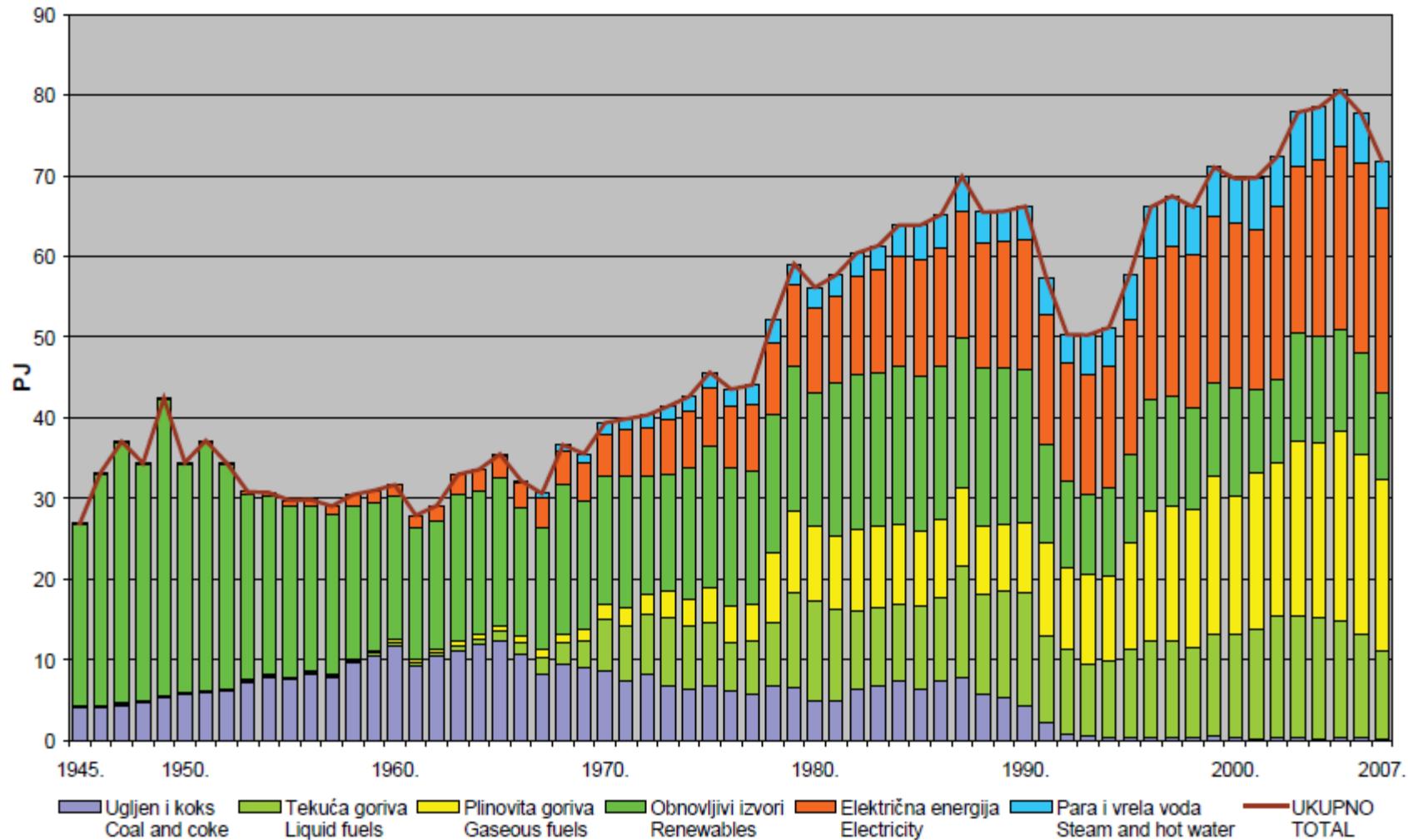
Neposredna potrošnja energije po energentima



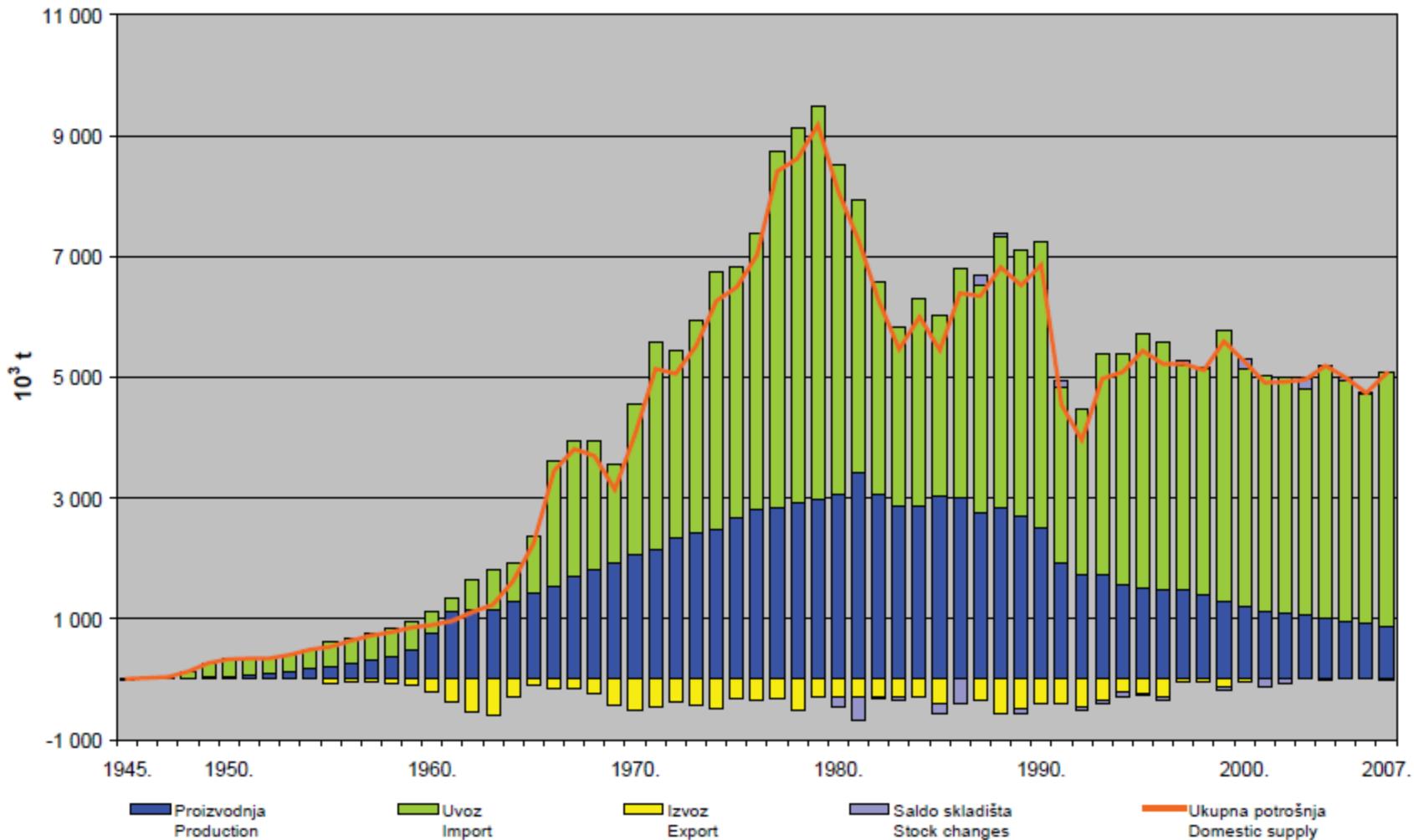
Neposredna potrošnja energije u sektorima



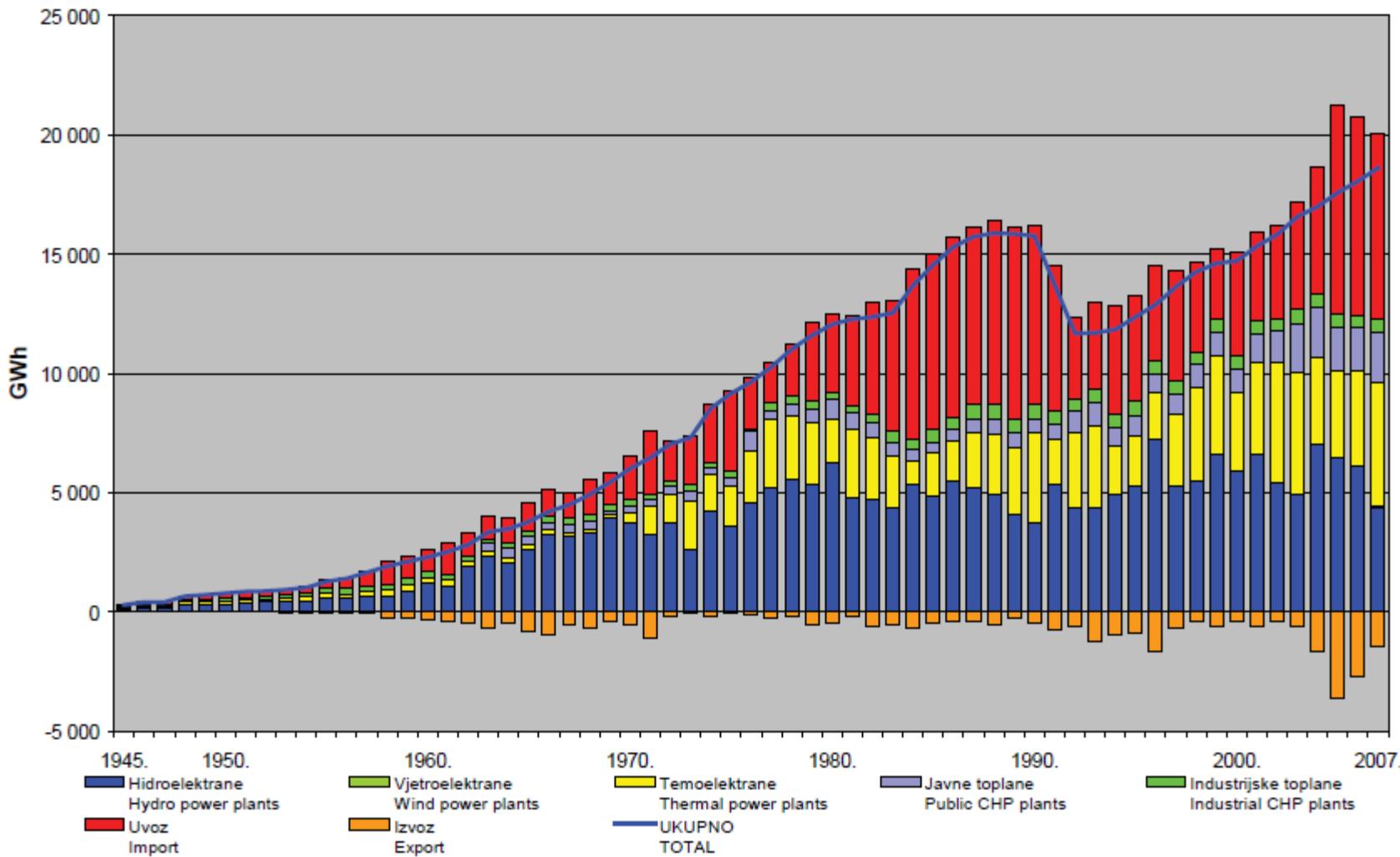
Neposredna potrošnja oblika energije u kućanstvima



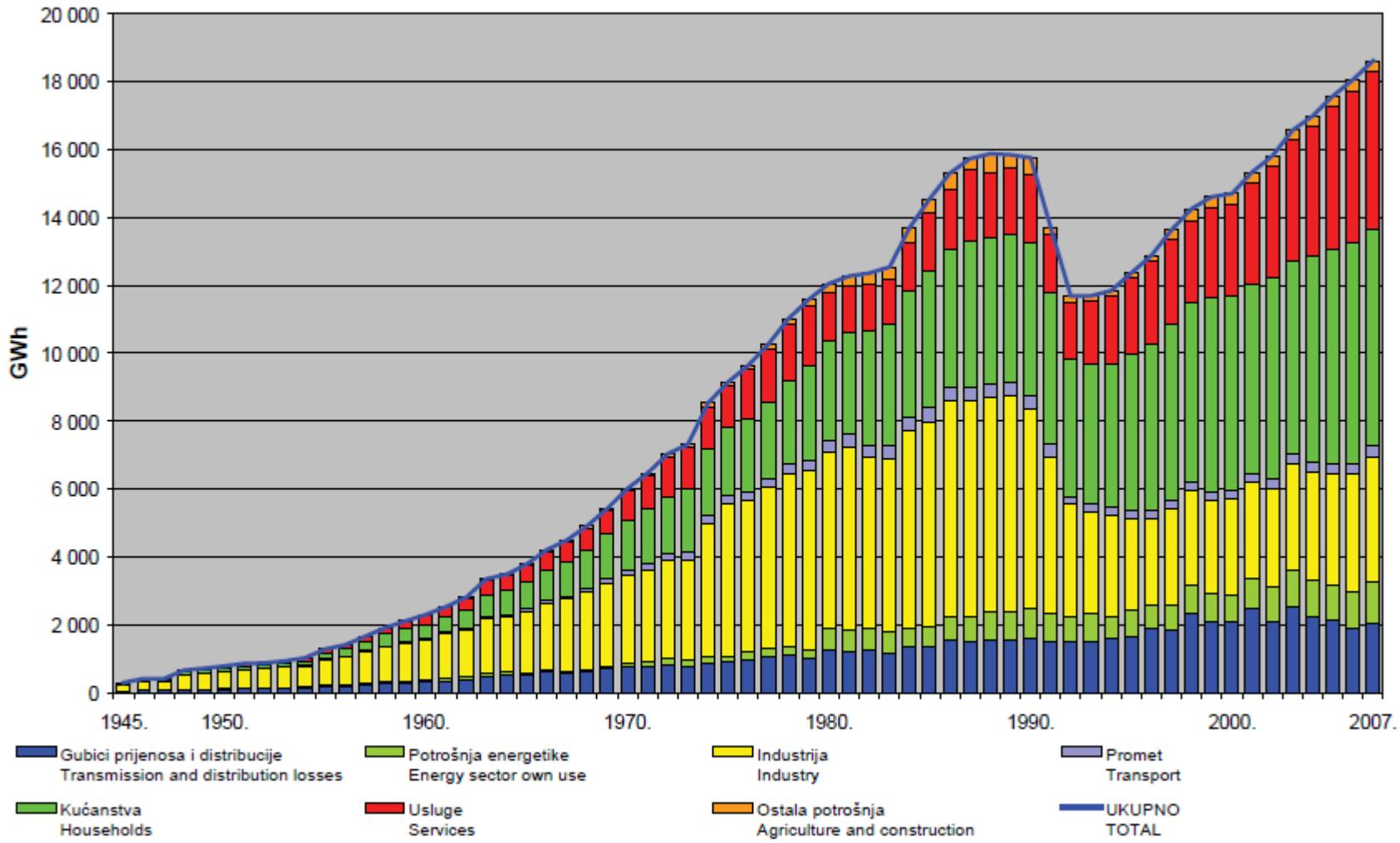
Raspoložive količine sirove nafte u Hrvatskoj



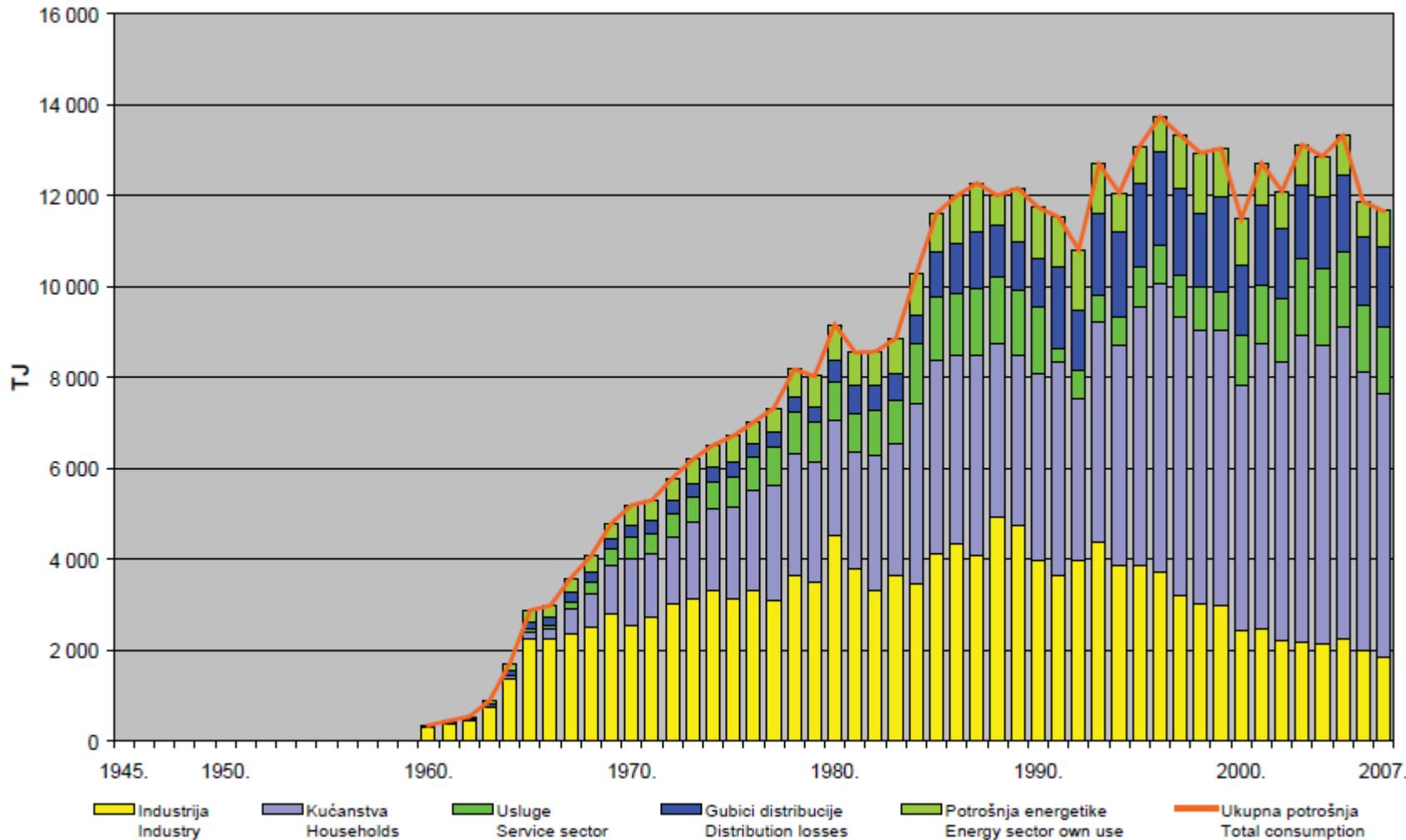
Raspoloživa električna energija u Hrvatskoj



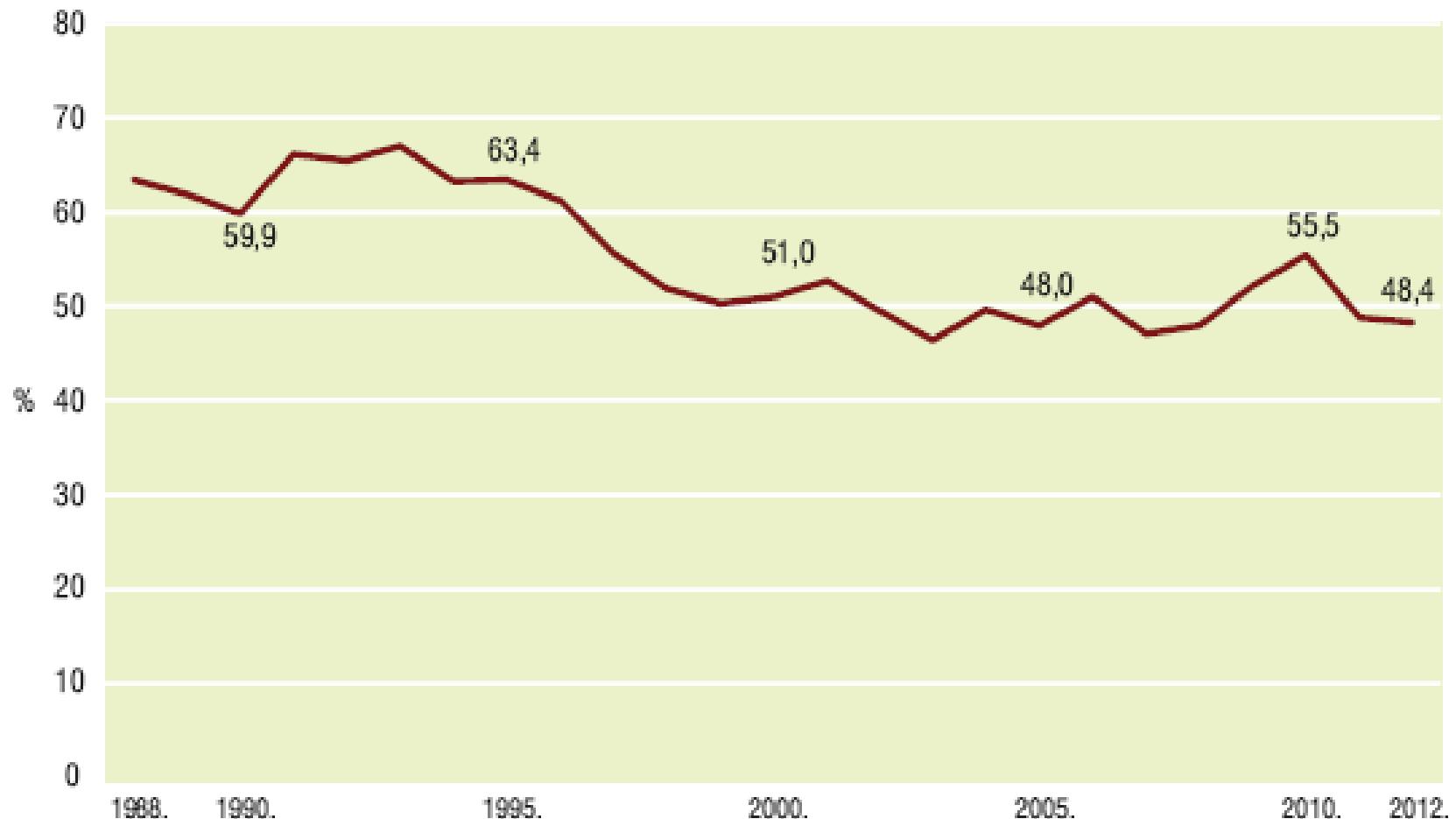
Struktura potrošnje električne energije u Hrvatskoj



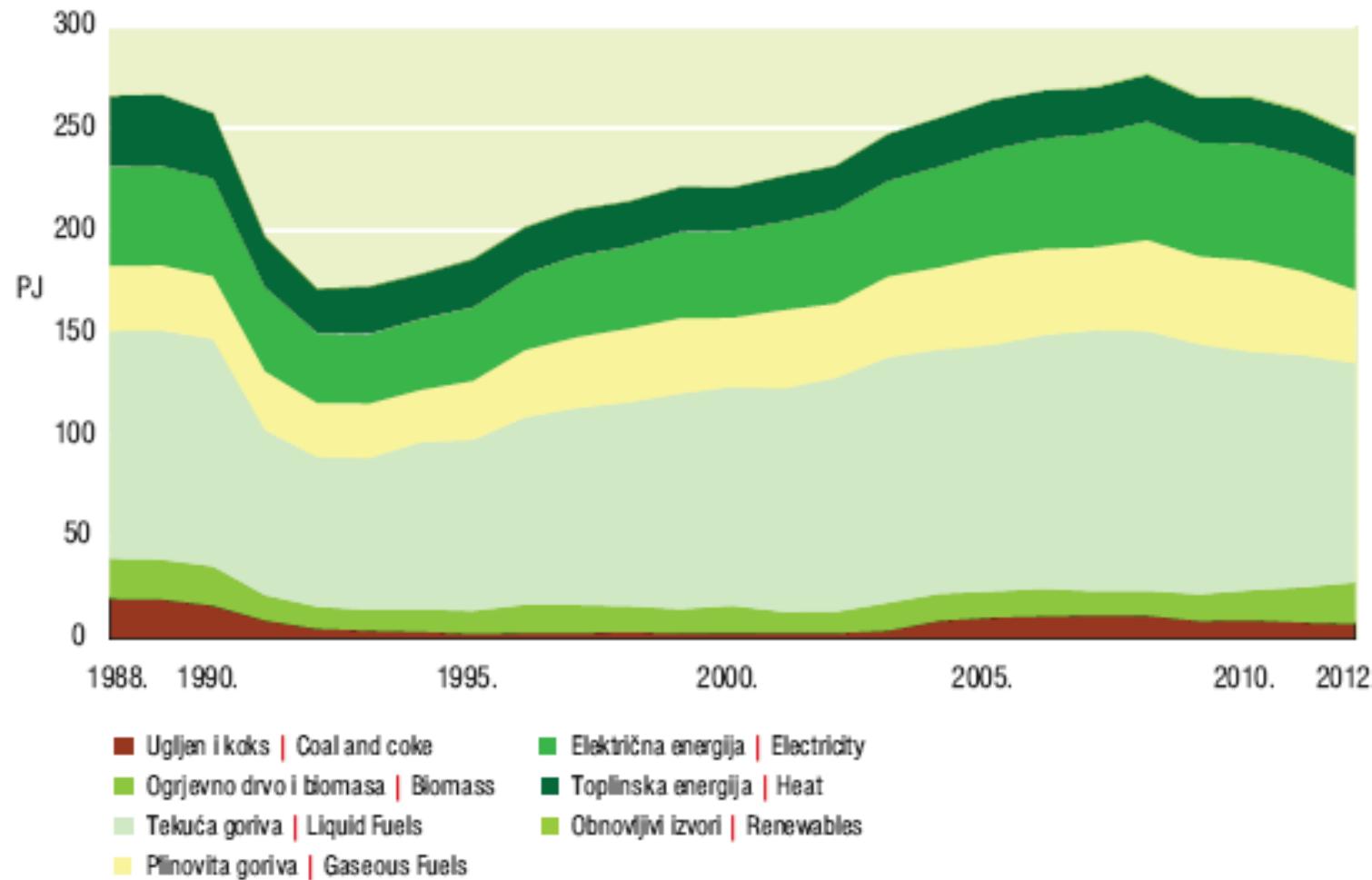
Potrošnja daljinske topline u Hrvatskoj



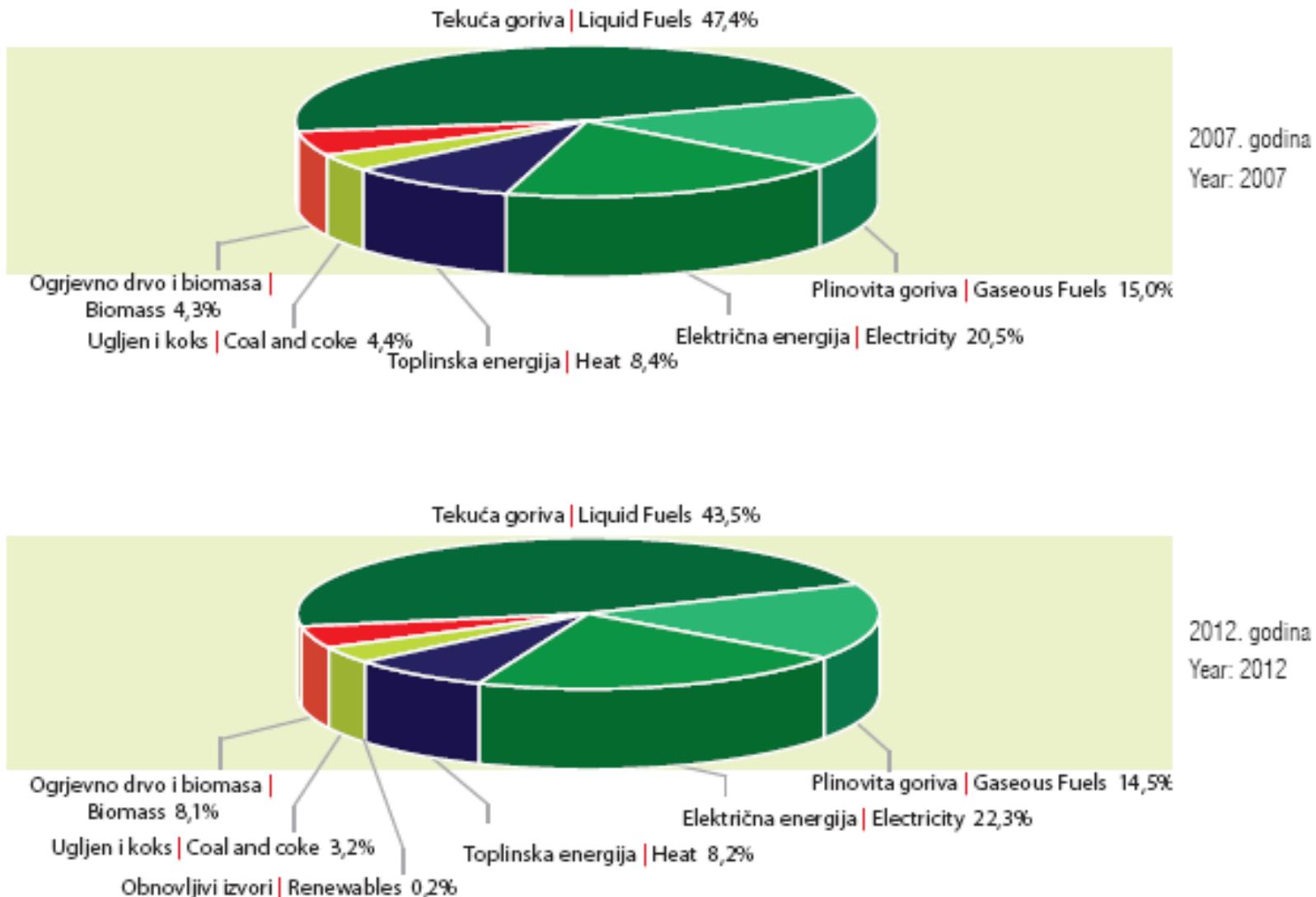
Vlastita opskrbljenost primarnom energijom u Hrvatskoj



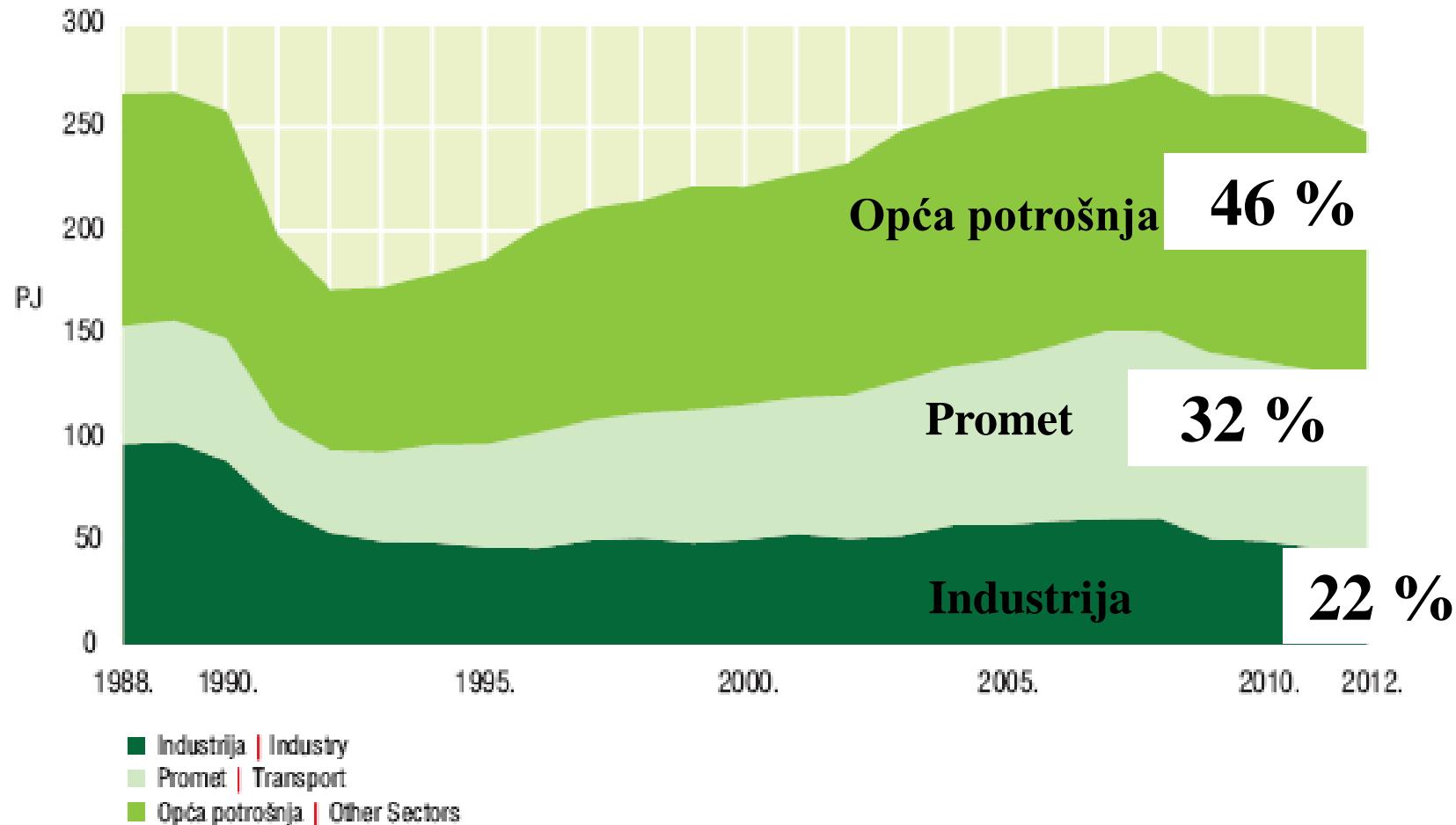
Neposredna potrošnja oblika energije



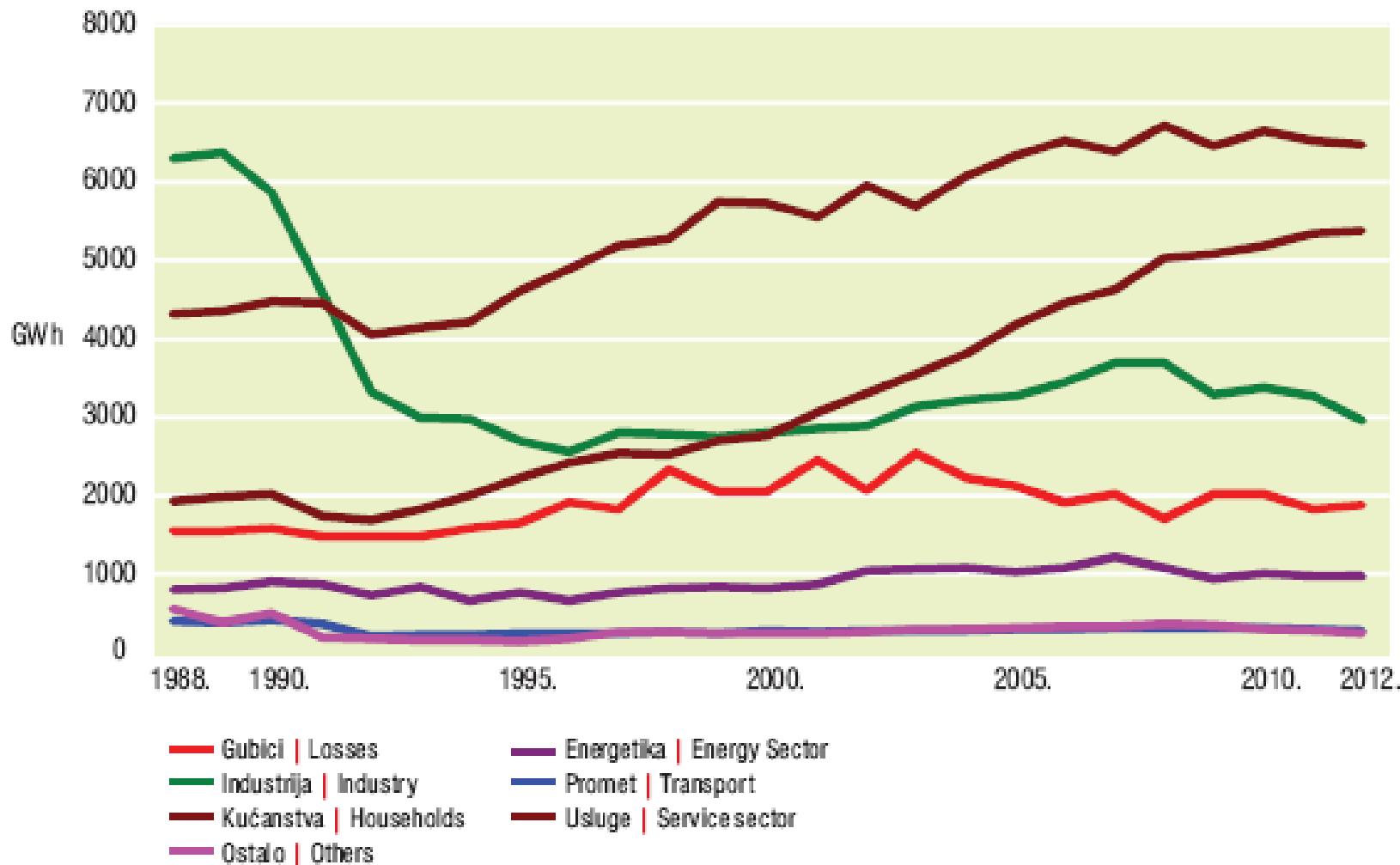
Udio energetika u ukupnoj krajnjoj potrošnji



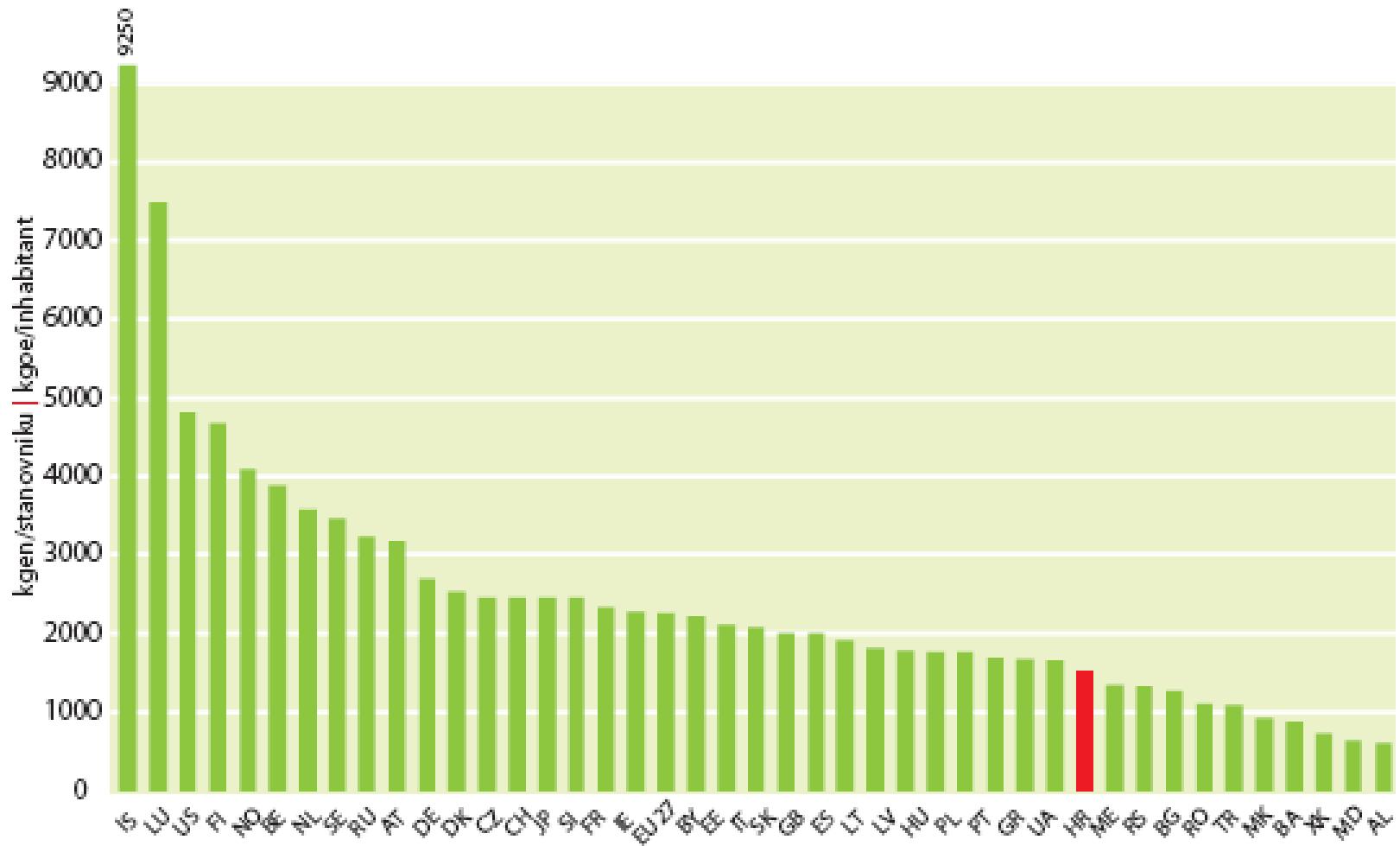
Neposredna potrošnja energije u pojedinim sektorima



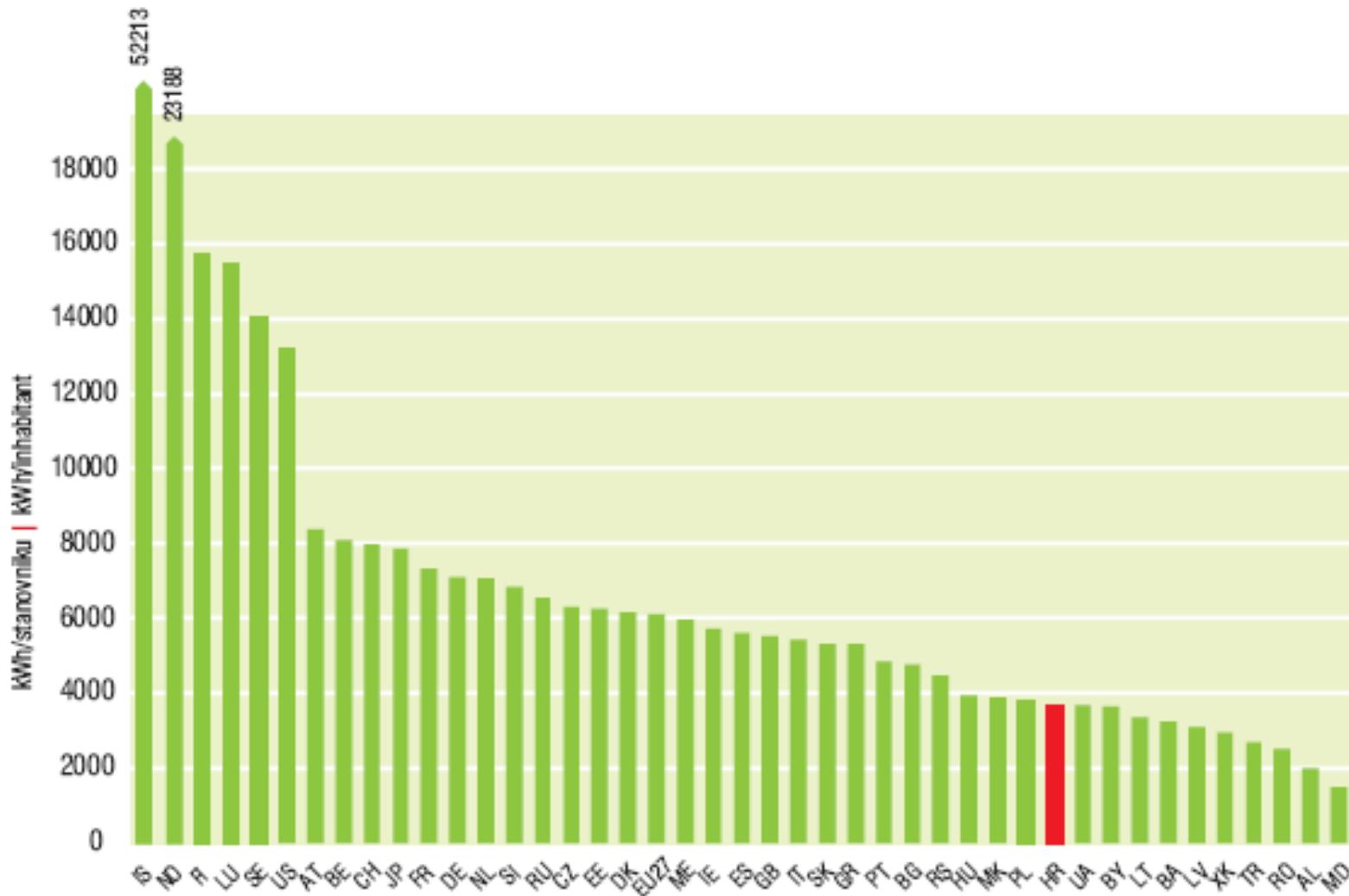
Potrošnja električne energije u pojedinim sektorima



Final energy consumption per capita



Finalna potrošnja električne energije po stanovniku



Električna energija

Ukupna instalirana snaga **proizvodnih objekata** izgrađenih na području RH u:

- Hidroelektranama (HE) **2112 MW – 49,5%**
- termoelektranama (TE) **1811 MW – 42,4%**
- + *50% of NE Krško* **348 MW**

Instalirana snaga **industrijskih elektrana** u Republici Hrvatskoj iznosi **212 MW**.

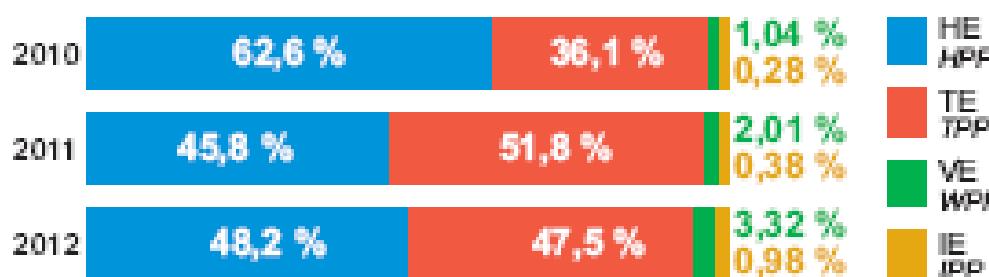
U elektroenergetski sustav Hrvatske integrirane su **vjetroelektrane: 133 MW – 3,1%**

- **UKUPNO u RH: 4268 MW (bez NEK)**

Elektroenergetski podaci

Proizvodnja električne energije u Hrvatskoj (GWh)***
Electricity Production in Croatia (GWh)****

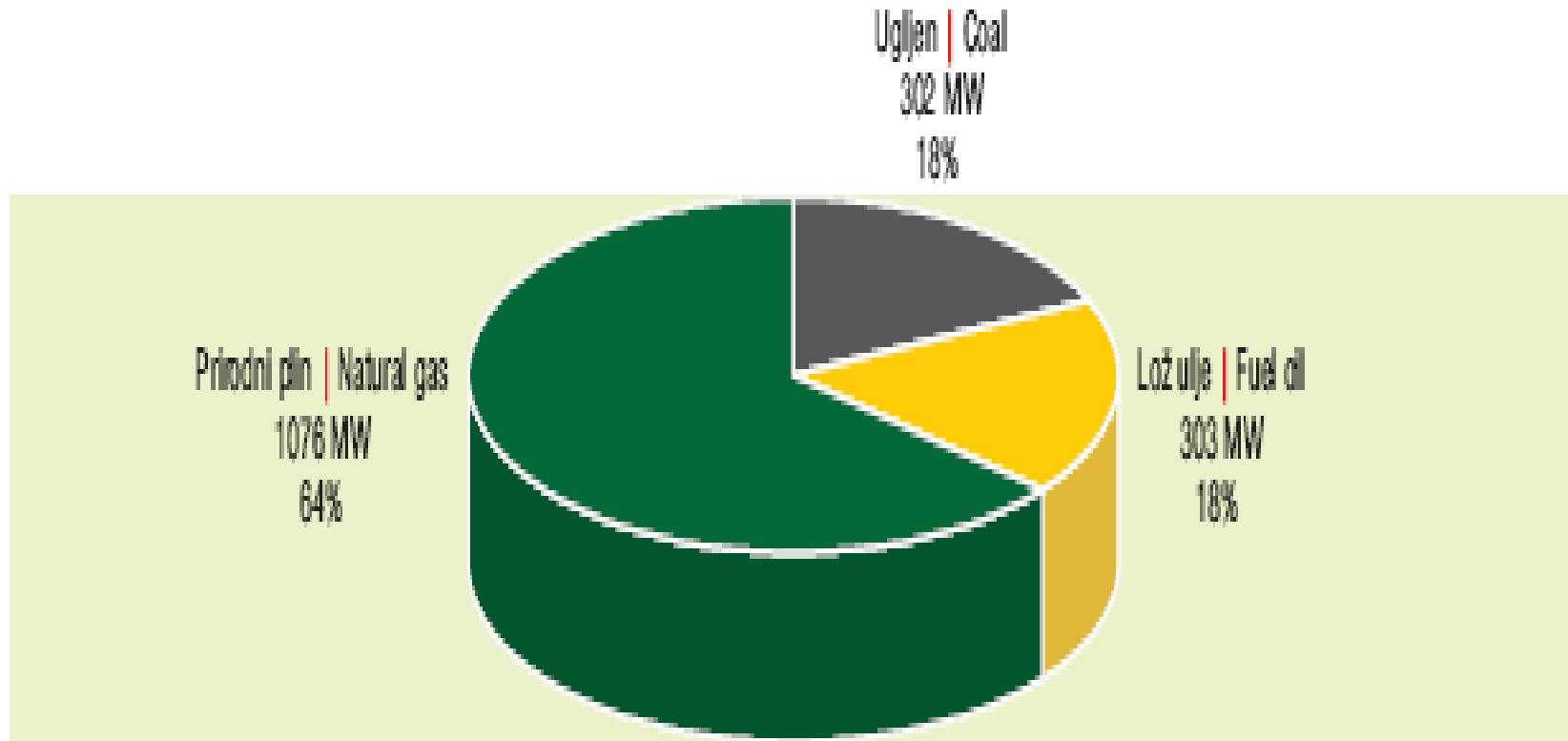
Godina Year	Elektrane Power Plants				Ukupno Total
	Hidro Hydro	Termo Thermal	Vjetro Wind	Industrijske Industrial	
2010	8309	4787	138	38	13272
2011	4581	5179	201	38	9999
2012	4772	4699	329	97	9897



*** Preuzeeto u prijenosnim i distribucijskim mrežu

**** Delivered to the Transmission and Distribution Network

Struktura termoelektrana prema gorivu



Elektroenergetski podaci

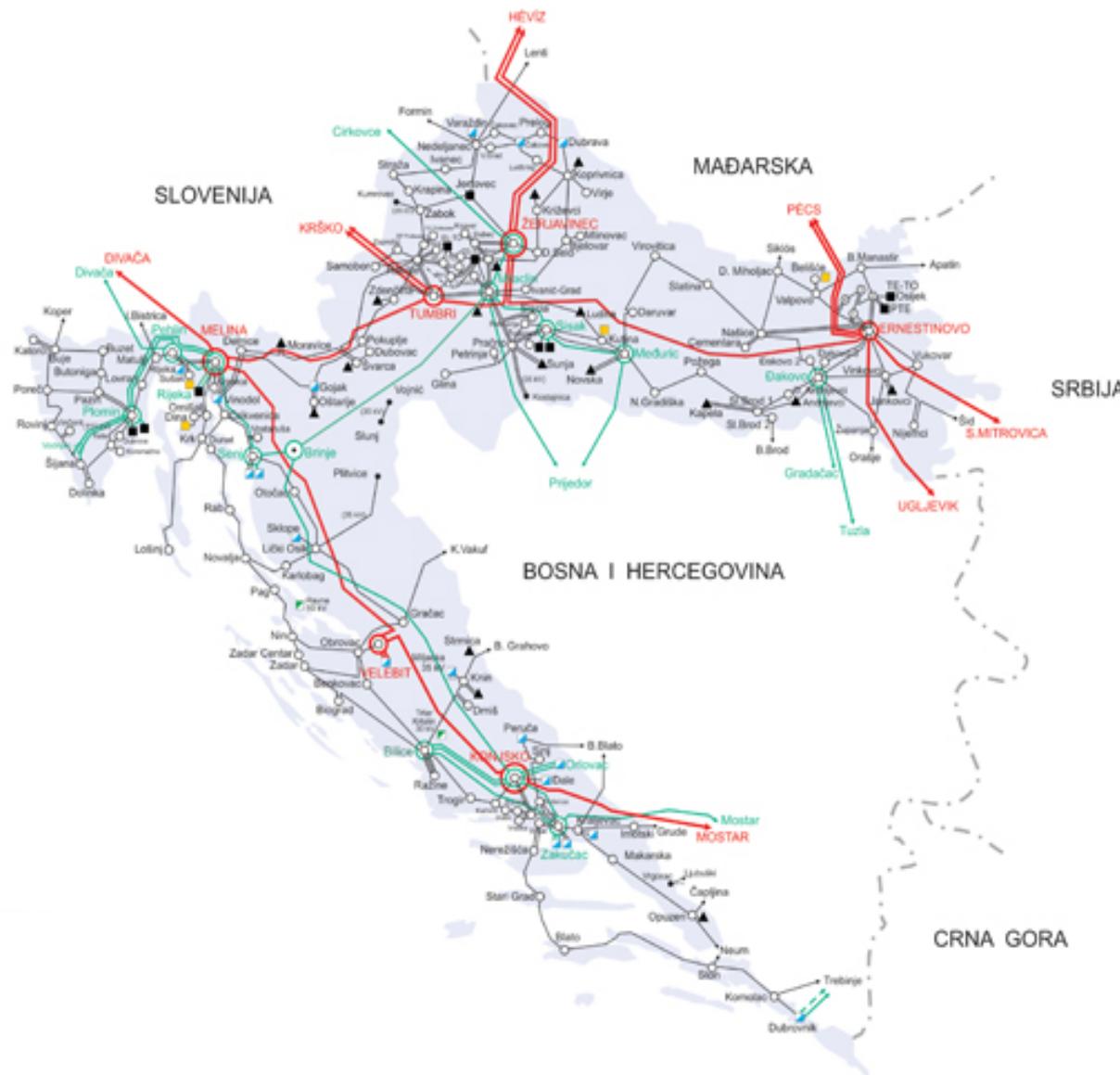
God.	Hidro	Termo	NE Krško	Uvoz
2008	5 277	6 075	2 986	5 229
2009	6 767	5 177	2 730	4 898
2010	8 309	4 787	2 690	4 046
2011	4 581	5 147	2 951	5 863
2012	4 772	3 327	2 622	4 716

17518 Godišnji konzum (Annual Demand)

3193 Vršno opterećenje sustava (System Peak Load)



ELEKTROENERGERTSKA PRIJENOSNA MREŽA I TRANSFORMATORSKA POSTROJENJA



Transformatorske stanice

Naponska razina	Broj	MVA
400/x kV	5	4.100
220/x kV	6	2.120
110/x kV	106	4.900
Ukupno	117	11.120

Vodovi [km]

Napon	Ukupno
400 kV	1.247
220 kV	1.210
110 kV	4.782
Srednji napon	198
Ukupno	7.437

ENERGETSKI SUBJEKTI U RH

ENERGETSKI SEKTOR U REPUBLICI HRVATSKOJ – Institucije

- **Ministarstvo gospodarstva**
 - **Uprava za energetiku**
 - **CEI**
- **Ministarstvo zaštite okoliša i prirode,**
- **Ministarstvo prostornog uređenja i graditeljstva**
- **HERA - Hrvatska energetska regulatorna agencija**
- **HROTE - Hrvatski operator tržišta energije d.o.o.**
- **Fond za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost**
- **Udruge potrošača**
 - **Hrvatska udruga za zaštitu potrošača**
 - **Udruga Potrošač - Hrvatski savez udruga za zaštitu potrošača**
 - **Udruga za zaštitu prava potrošača «Dalmatinski potrošač» - Split**
 - **25 Udruga za zaštitu potrošača i 2 saveza udruga**

HEP Proizvodnja

Ukupni kapacitet za proizvodnju

Protočne hidroelektrane	403 MW
Akumulacijske hidroelektrane	1 707 MW
Od toga reverzibilne hidroelektrane	281 MW
Male hidroelektrane	16,74 MW
Kondenzacijske termoelektrane (bez Plomin d.o.o.)	881 MW
Termoelektrane toplane	604 MW el 300 t/h pare/1242 MWt
Ukupno instalirani kapacitet za proizvodnju električne energije	3654 MWe
Ukupno instalirani kapacitet za proizvodnju toplinske energije	300 t/h pare /1242 MWt

Ukupna proizvodnja za 2010.	električne energije	ogrjevne topline	tehnološke pare
2010. u vl. objektima HEP-a	11.585 GWh	1.802 GWh	828.942 t
u TE Plomin d.o.o.	1.511 GWh		

ENERGETSKI SEKTOR U REPUBLICI HRVATSKOJ – NAFTA i DERIVATI

- U kategoriji **proizvodnje naftnih derivata** energetski subjekt u 2011. godini bila je sasmo INA-INDUSTRIJA NAFTE d.d. (**proizvodnja: 980 000 000 t i uvoz: 4.000 000 t**)
- U kategoriji **transporta nafte naftovodima** i drugim oblicima transporta energetski subjekti bili su **JADRANSKI NAFTOVOD d.d.** i HRVATSKE ŽELJEZNICE d.o.o.
- Dozvolu za obavljanje energetske djelatnosti **trgovine na veliko naftnim derivatima** je do kraja 2011. godine ishodilo ukupno **27 tvrtki**: **INA-INDUSTRIJA NAFTE d.d., TIFON d.o.o., PETROL HRVATSKA d.o.o., OMV HRVATSKA d.o.o., ANTUNOVIĆ TA d.o.o., OG ADRIATIC d.o.o., NAUTICA VUKOVAR d.o.o., SIROVINA BENZ d.o.o., CROBENZ d.d., MODIBIT d.o.o., TANKERKOMERC d.o.o., EURO-PETROL d.o.o., INA-OSIJEK PETROL d.d., LUKOIL Croatia d.o.o., LUKA PLOČE – TRGOVINA d.o.o., MS PROMET d.o.o., VELIS d.o.o., NAFTA CENTAR d.o.o.; Hrvatska agencija za obvezne zalihe nafte i naftnih derivata (HANDA) itd.**

JANAF - JADRANSKI NAFTOVOD



ENERGETSKI SEKTOR U REPUBLICI HRVATSKOJ - PLIN

- Dozvolu za obavljanje djelatnosti **dobave prirodnog plina** ima **Prirodni plin d.o.o.**
- Dozvolu za obavljanje energetske djelatnosti **opskrbe plinom**, do kraja 2012. godine, ishodilo je **49 tvrtki**
- Dozvolu za obavljanje energetske djelatnosti **distribucije plina** u 2012. ima 36 tvrtki (u 2009. godini imalo je **39 tvrtki**)
 - Gradska plinara Zagreb d.o.o., Zagreb **35,89%**
 - HEP Plin d.o.o., Osijek **12,84%**
 - Termoplín d.d., Varaždin 7,74%
 - Međimurje - plin d.o.o., Čakovec 5,20%
 - Itd.
- Dozvolu za obavljanje djelatnosti **transporta prirodnog plina** ima **Plinacro**

PLINACRO

postojeći i planirani sustav magistralnih plinovoda



PLINACRO

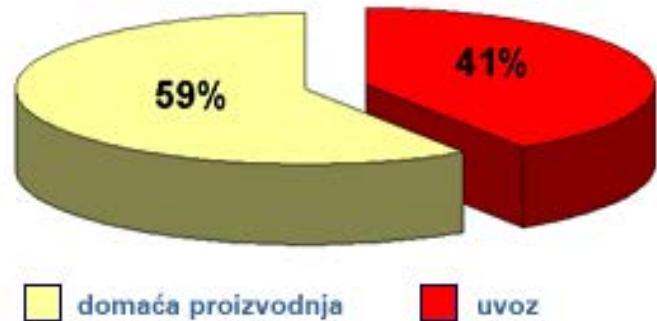
postojeći i planirani sustav magistralnih plinovoda

Transportni sustav sastoji se od:

- mreže magistralnih i regionalnih plinovoda različitoga nazivnog promjera i tlaka, ukupne **duljine 2113 km**;
- preko 300 nadzemnih objekata (plinskih čvorova, blokadnih stanica, ispuhivačkih stanica, katodne zaštite);
- 9 ulaznih mjernih stanica i 132 izlazne primopredajno-mjerne ili mjerno-reduksijske stanice.
- Na transportni sustav priključeni su:
 - **plinska proizvodna polja** Panona i Sjevernog Jadrana;
 - **podzemno skladište plina** Okoli;
 - 37 distribucijskih sustava;
 - 27 izravnih plinovoda krajanjih kupaca.

Izvori prirodnog plina u Hrvatskoj

TRŽIŠTE PRIRODNOG PLINA REPUBLIKE HRVATSKE



2003. godina



2030. godina

Prirodni plin u Republici Hrvatskoj

Proizvodnja prirodnog plina u Hrvatskoj



ADRIA LNG terminal



Postojeće podzemno skladišta prirodnog plina Okoli

Kapacitet:

- 550 mil. m³
- 50 mil. Geoplin

Max. kapacitet
proizvodnje:

- 5.76 mil. m³/dan
- 240 000 m³/h

OKOLI II



Novo podzemno skladišta prirodnog plina – regionalno - Beničanci

Mogući kapacitet skladišta

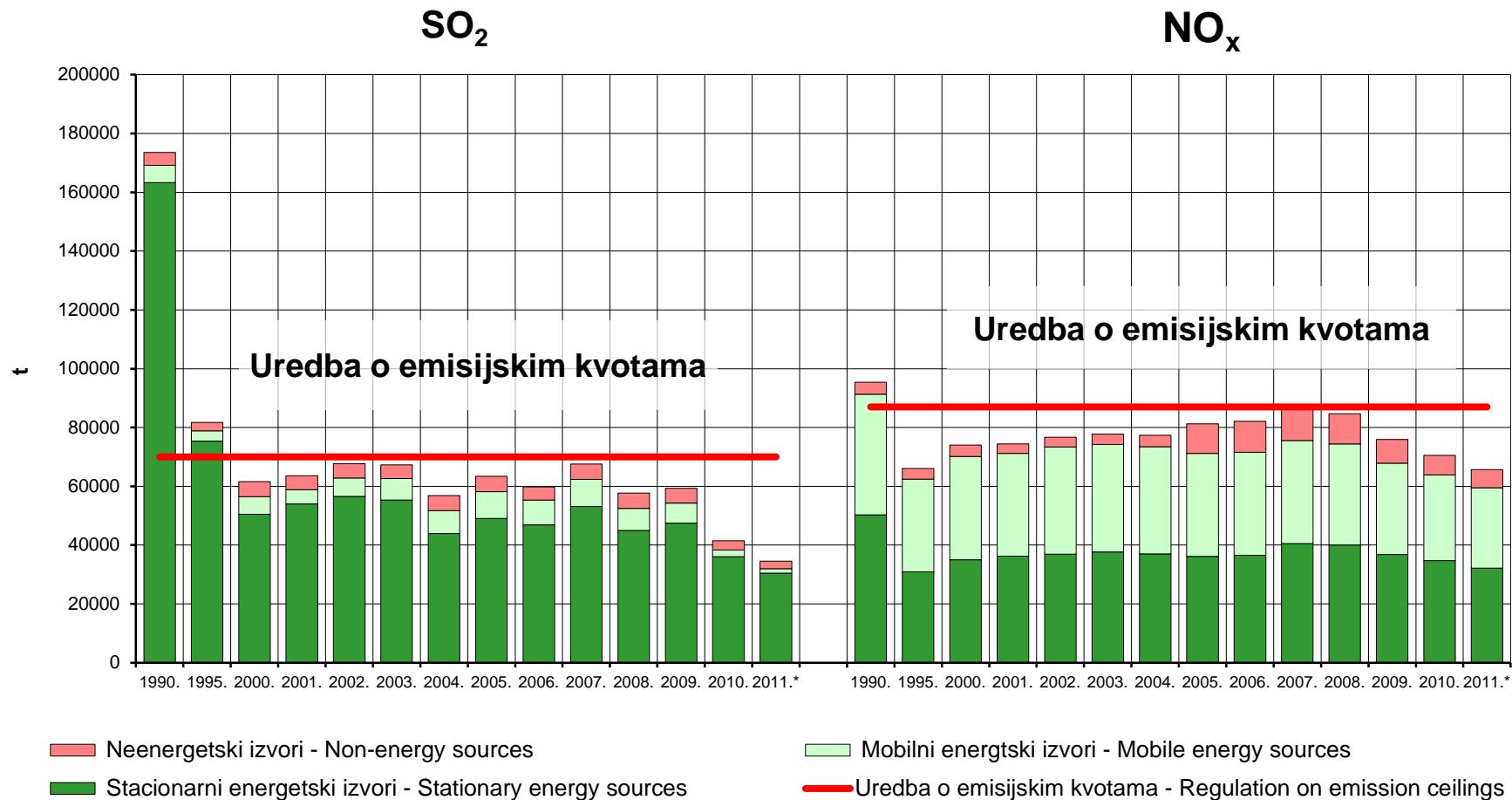
- od 400 miliona - **2 milijarde m³**

Zbog volumena bilo bi regionalno
skladište

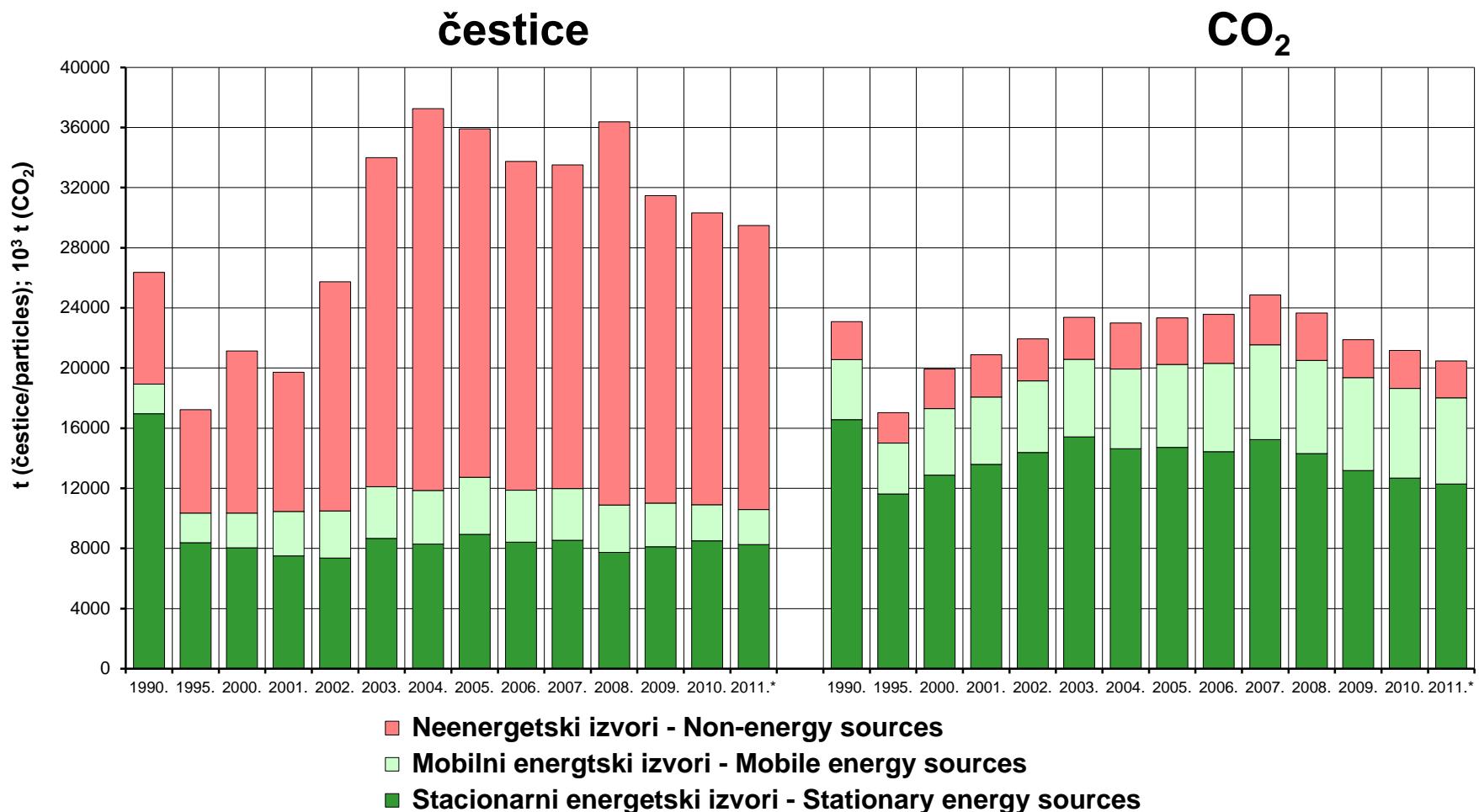


Emisije onečišćujućih tvari u zrak iz energetskog sektora

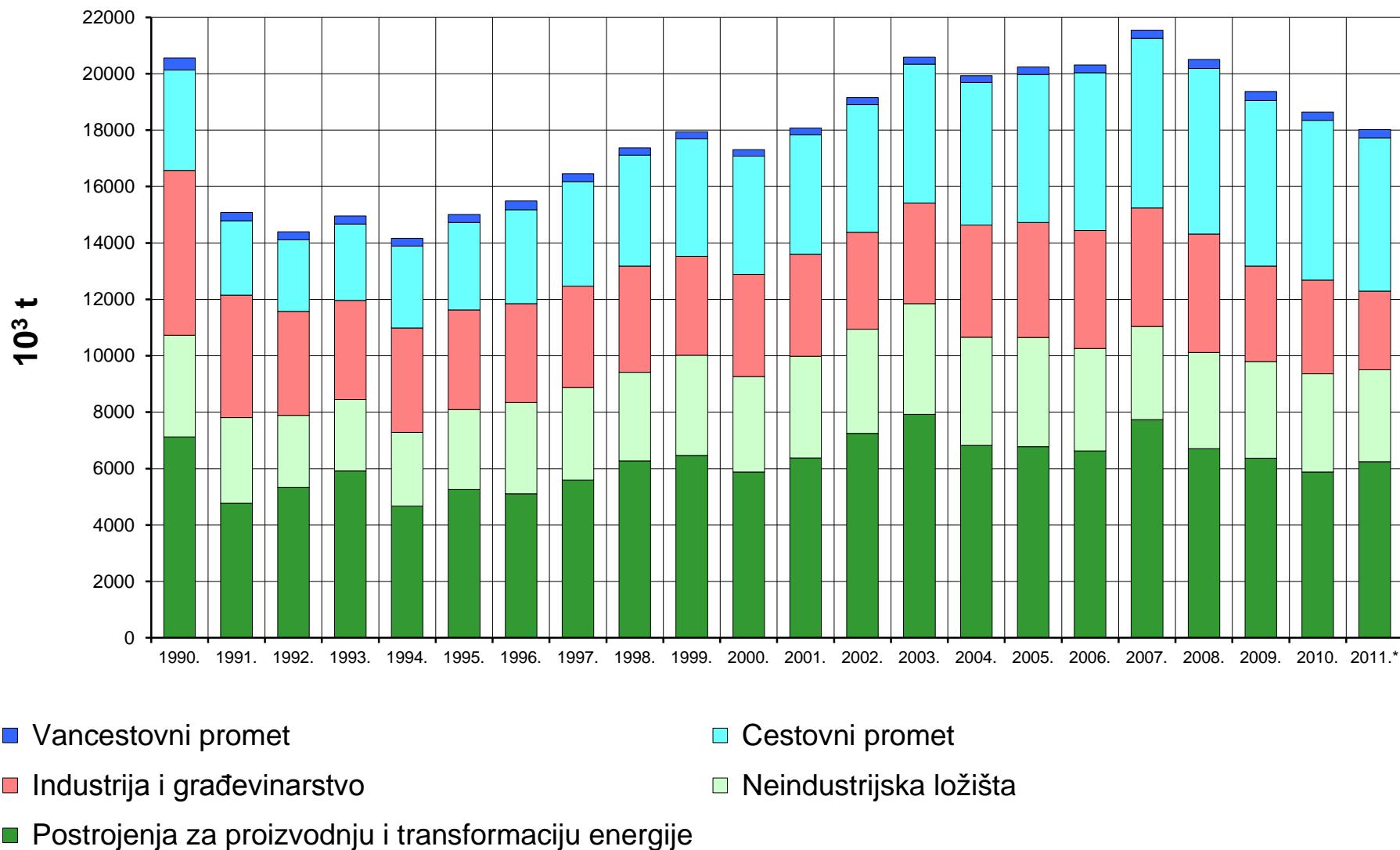
Emisije onečišćujućih tvari u zrak iz energetskog sektora SO_2 i NO_x u Republici Hrvatskoj



Emisije onečišćujućih tvari u zrak iz energetskog sektora čestica i CO₂ u Republici Hrvatskoj



Trend emisija CO₂ uslijed izgaranja goriva



■ Vancestovni promet

■ Industrija i građevinarstvo

■ Postrojenja za proizvodnju i transformaciju energije

■ Cestovni promet

■ Neindustrijska ložišta

STRATEGIJA ENERGETSKOG RAZVOJA REPUBLIKE HRVATSKE 2009.

STRATEGIJA ENERGETSKOG RAZVOJA REPUBLIKE HRVATSKE

bijela knjiga

14. sjednica Hrvatskoga sabora
38. PRIJEDLOG STRATEGIJE ENERGETSKOG RAZVOJA
REPUBLIKE HRVATSKE;

Rasprava je zaključena 15. listopada 2009.

**Strategija je donesena na 14. sjednici 16. listopada 2009.
73 glasova "za", 30 "protiv", 1 "suzdržan".**

STRATEGIJA ENERGETSKOG RAZVOJA RH - PREUZETE OBVEZE

**SMANJITI EMISIJE STAKLENIČKIH PLINOVA DO 2020. U SKLADU
S OBVEZAMA IZ PREDSTOJEĆIH PREGOVORA U OKVIRU
UN KONVENCIJE O PROMJENI KLIME**

**9% SMANJITI NEPOSREDNU POTROŠNJU ENERGIJE (U ODNOSU
NA PROSJEK OD 2001. DO 2005.GOD.) DO 2016. GODINU
PRIMJENOM MJERA ENERGETSKE UČINKOVITOSTI**

**20% UDIO OIE U BRUTO NEPOSREDNOJ POTROŠNJI ENERGIJE (
HRVATSKI OBVEZUJUĆI CILJ ZA 2020. GOD.)**

**10% UDIO OIE, KORIŠTENIH U SVIM OBLICIMA TRANSPORTA U
NEPOSREDNOJ POTROŠNJI ENERGIJE U KOPNENOM
TRANSPORTU**

STRATEGIJA ENERGETSKOG RAZVOJA RH

- STAKLENIČKI PLINOVİ

Smanjenje emisija stakleničkih plinova u Europskoj uniji bit će putem 2 sektora:

(1) ETS sektor (postrojenja u europskoj shemi trgovanja emisijskim jedinicama):

- zračni prijevoz
- energetika iznad 20 MJ/s
- određeni tehnološki procesi (cement, vavnare, rafinerije, kamena vuna, papir, amonijak, dušikova kiselina, aluminij) itd.

(2) “Non ETS” sektor (ostali izvori emisije)

STRATEGIJA ENERGETSKOG RAZVOJA RH

- 3 TEMELJNA ENERGETSKA CILJA

- 1. SIGURNOST ENERGETSKE OPSKRBE***
- 2. KONKURENTNOST ENERGETSKOG SUSTAVA***
- 3. ODRŽIVOST ENERGETSKOG RAZVOJA***

STRATEGIJA ENERGETSKOG RAZVOJA RH

- 10 TEMELJNIH NAČELA STRATEGIJE

- (1) Energetska strategija određuje *ULOGU DRŽAVE* u energetici**
- (2) Energetski sustav Republike Hrvatske jest *OTVORENI SUSTAV***
- (3) Energetski sektor se temelji na *TRŽIŠNIM NAČELIMA***
- (4) Energetski sektor je infrastrukturna, ali i *PODUZETNIČKA DJELATNOST***
- (5) Hrvatski zakonodavni, regulativni i institucionalni okvir kontinuirano će se *USKLAĐIVATI S PRAVNOM STEČEVINOM EUROPSKE UNIJE***
- (6) Kontinuirano će se *POVEĆAVATI ENERGETSKA UČINKOVITOST***
- (7) Hrvatska će razvijati *RAZNOLIKU ENERGETSKU STRUKTURU***
- (8) Iskorištavati posebnost hrvatskog *GEOGRAFSKOG POLOŽAJA***
- (9) Izjednačiti uvjete *ENERGETSKE OPSKRBE NA PODRUČJU RH***
- (10) Strategija energetskog razvoja treba integrirati ciljeve i mjere *ZAŠTITE OKOLIŠA* i nacionalne politike ublaživanja *KLIMATSKIH PROMJENA***

STRATEGIJA ENERGETSKOG RAZVOJA RH

- RAZVOJ ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA

CILJ: *ELASTIČAN ELEKTROENERGETSKI SUSTAV u izmijenjenim uvjetima konkurentan, održiv i visoke sigurnosti opskrbe) - RAZNOLIKOST tehnologija i energijskih oblika za pretvorbu u električnu energiju*

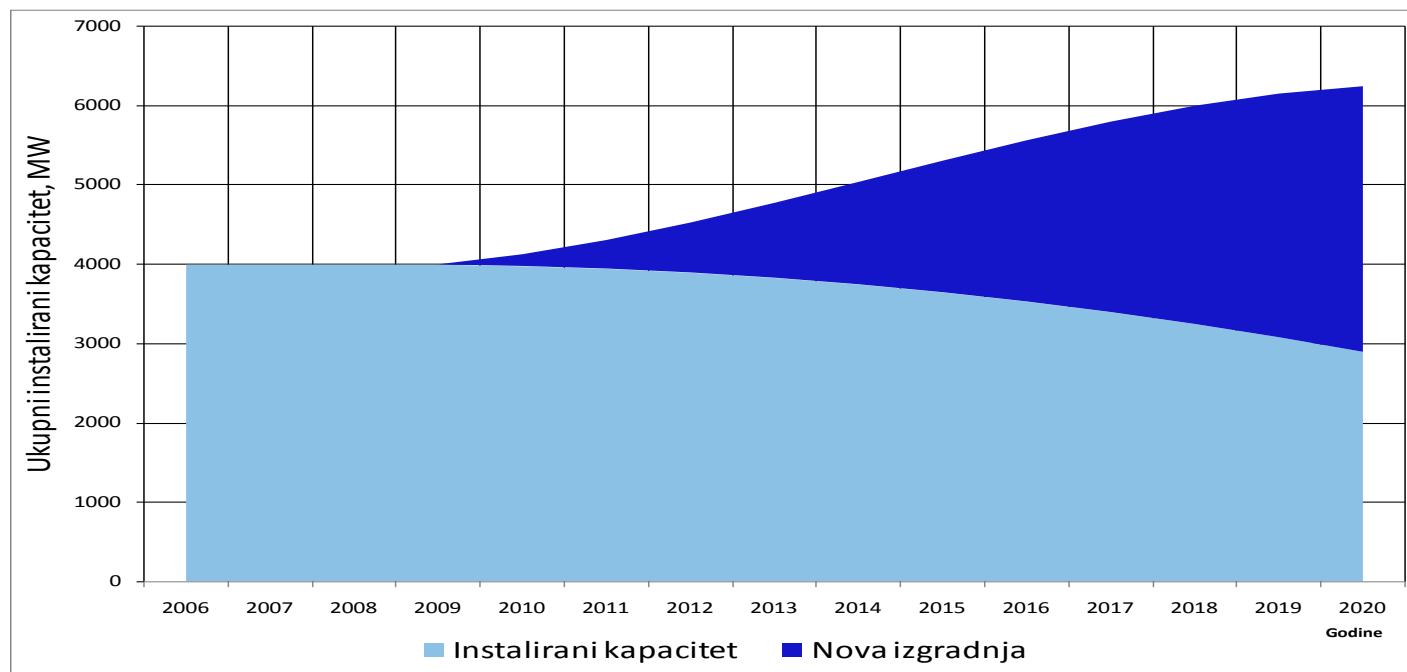
POLAZIŠTE: *NEOVISNO, REGULIRANO, OTVORENO TRŽIŠTE električnom energijom je najučinkovitiji i troškovno najpovoljniji put za ispunjavanje ciljeva*

ULOGA DRŽAVE: *EKSTERNI UČINCI - TRŽIŠTE NIJE DOVOLJNO da rješava pitanja zaštite okoliša, zaštite od monopolja i sigurnosti opskrbe (Vlada mora pratiti tržišne trendove radi korekcijskih akcije - pobuđivanja interesa investitora da grade elektrane potrebne za sigurnost opskrbe hrvatskih potrošača).*

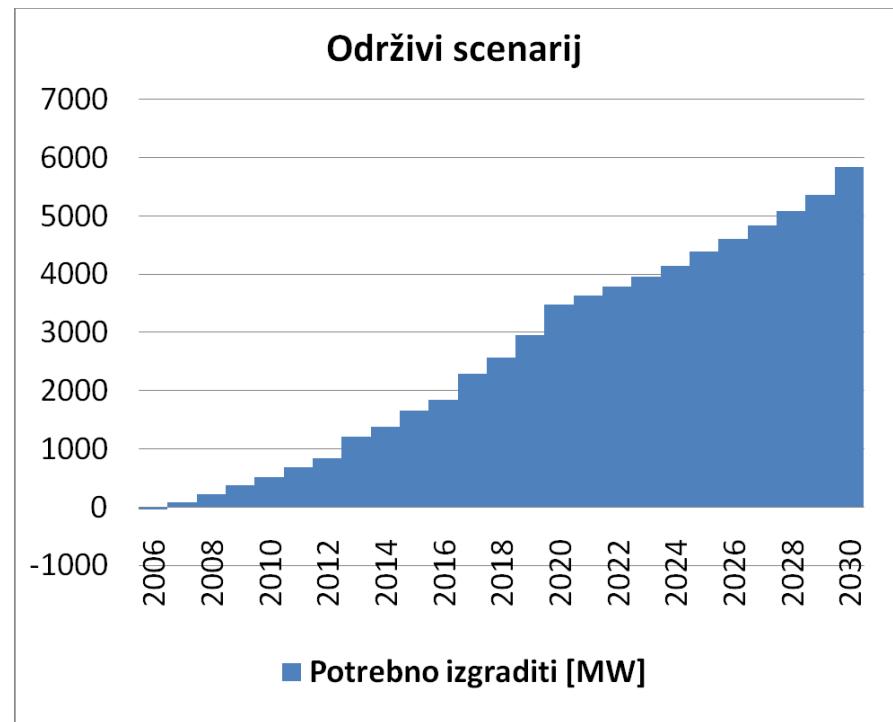
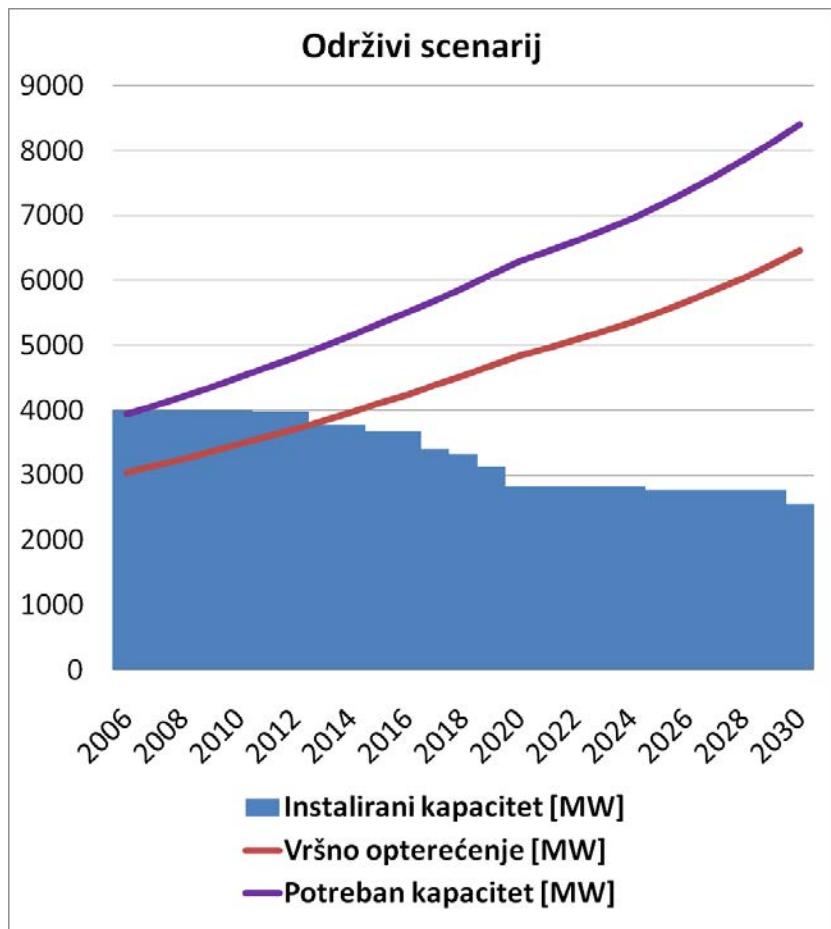
STRATEGIJA ENERGETSKOG RAZVOJA RH

- RAZVOJ ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA

Godina	2006.	2010.	2020.	Stopa porasta potrošnje 2006.-2020. u %	2030.
Neposredna potrošnja prema temeljnim projekcijama [TWh]	15,0	18,0	27,0	4,3	36,9
Neposredna potrošnja prema održivom scenariju [TWh]	15,0	17,0	25,0	3,7	33,0
Ukupna potrošnja el. energije prema održivom scenariju [TWh]	17,3	20,0	28,0	3,5	36,8



Potrebe za izgradnjom novih kapaciteta



STRATEGIJA ENERGETSKOG RAZVOJA RH

- OBNOVLJIVI IZVORI ELEKTRIČNE ENERGIJE

SVRHA

- *obveze Republike Hrvatske glede udjela OIE*
- *održivost razvoja elektroenergetskog sektora*
- *uporaba domaćih izvora za proizvodnju električne energije*
- *poticanje domaće operative i usluga*

CILJ

- ***36% proizvodnje električne energije iz velikih HE i OIE u ukupnoj potrošnji električne energije – tijekom razdoblja do 2020. godine***

PROVEDBA

Dinamika poticane izgradnje OIE definirat će se programima provedbe Strategije:

- *ovisno o očekivanoj prosječnoj proizvodnji električne energije u velikim HE*
- *ovisno o raspoloživom proračunu za poticaje (odluka Vlade o mogućem dodatnom opterećenju cijene električne energije za krajnje potrošače)*
- *procjeni doprinosa pojedinog obnovljivog izvora energije zapošljavanju domaće industrije, građevinarstva i usluga*
- *ovisno o međusobnoj konkurentnosti OIE (uključujući ukupne troškove u EES-u)*

STRATEGIJA ENERGETSKOG RAZVOJA RH

- IZGRADNJA TERMOELEKTRANA NA PRIRODNI PLIN

- **RADI SIGURNOSTI OPSKRBE hrvatskih potrošača Republika Hrvatska će STVARATI INVESTICIJSKU KLIMU da investitori preuzmu sav rizik izgradnje termoelektrana na prirodni plin ukupne snage reda veličine barem:**
 - **1200 MW do 2020. godine od čega**
 - **800 MW do 2013. godine**

(u snazi su uračunate termoelektrane u izgradnji i suproizvodne jedinice)
- **OMOGUĆITI INVESTITORIMA AUTORIZACIJU za izgradnju I VEĆE SNAGE (uz preuzimanje svog rizika) nego što to traže potrebe hrvatskih potrošača.**

Termoelektrana mora udovoljiti svim propisanim uvjetima, posebice uvjetima koje postavlja operator EES-a i operator transportnog sustava prirodnog plina. Takvom izgradnjom se

- *doprinosi gospodarskom rastu i sigurnosti energijske opskrbe*
- *povećava konkurentnost transportnog sustava prirodnog plina i prijenosnog elektroenergetskog sustava*

STRATEGIJA ENERGETSKOG RAZVOJA RH

- IZGRADNJA TERMOELEKTRANA NA KVALITETNI **UGLJEN**
- **RADI SIGURNOSTI OPSKRBE** Republika Hrvatska će stvoriti prepostavke koje će **OMOGUĆITI INVESTITORIMA** da do 2020. godine pripreme i puste u pogon termoelektrane na uvozni kameni ugljen ukupne snage reda veličine **BAREM 1200 MW!**
- Investitore će se ohrabriti da **PRVU JEDINICU** puste u pogon do **2015.** godine
- Zadaća **Vlade** jesu **ISTRAŽIVANJA LOKACIJA** za termo-elektrane na ugljen i **UVRŠTENJE** odabranih lokacija **U PROGRAM PROSTORNOG UREĐENJA** Republike Hrvatske i županijske planove (radi **PRAVODOBNE PRIPREME NOVE LOKACIJE** za izgradnju potrebne snage u termoelektranama na ugljen.
- ETS omogućava optimalizaciju izgradnje elektrana na gospodarski jedinstvenom europskom prostoru čime se uravnotežuju ciljevi sigurnosti energijske opskrbe, konkurentnosti energetskog sustava i antropogeni utjecaj na koncentraciju stakleničkih plinova u atmosferi.

STRATEGIJA ENERGETSKOG RAZVOJA RH

- HRVATSKI NUKLEARNI ENERGETSKI PROGRAM (HNEP)

- **Republika Hrvatska nije spremna** za donošenje odluke o izgradnji nuklearne elektrane, jer nisu provedene pripremne aktivnosti nužne za donošenje takve odluke.
- **Vlada ne može preuzeti odgovornost za isključivanje** nuklearne opcije iz buduće energetske strukture, ali ni odgovornost **za odgađanje pripremnih aktivnosti** potrebnih za donošenje odluke o izgradnji nuklearne elektrane.
Izgubljeno vrijeme neće biti moguće nadoknaditi, a ispravna strategija ne sužava buduće mogućnosti razvoja.
- **Strategijom se donosi odluka o pokretanju CRONEP-a** u skladu s metodologijom Međunarodne agencije za atomsku energiju (MAAE).
- **Zadužuje se Vlada da do konca 2012. godine provede I fazu CRONEP-a** (pripremne aktivnosti potrebne za donošenje odluke o izgradnji nuklearne elektrane).
- **Odluku o izgradnji nuklearne elektrane donosit će Hrvatski sabor**
- **Javna rasprava podržala nuklearnu opciju, ali su jaka i protivljenja i zabrinutost.** Tijekom pripremnih aktivnosti (I faza programa) i kod donošenja odluke o izgradnji nuklearne elektrane nužno je uključivanje javnosti koja mora dobiti jasna i prihvatljiva rješenja za sva pitanja koja izazivaju zabrinutost.

STRATEGIJA ENERGETSKOG RAZVOJA RH

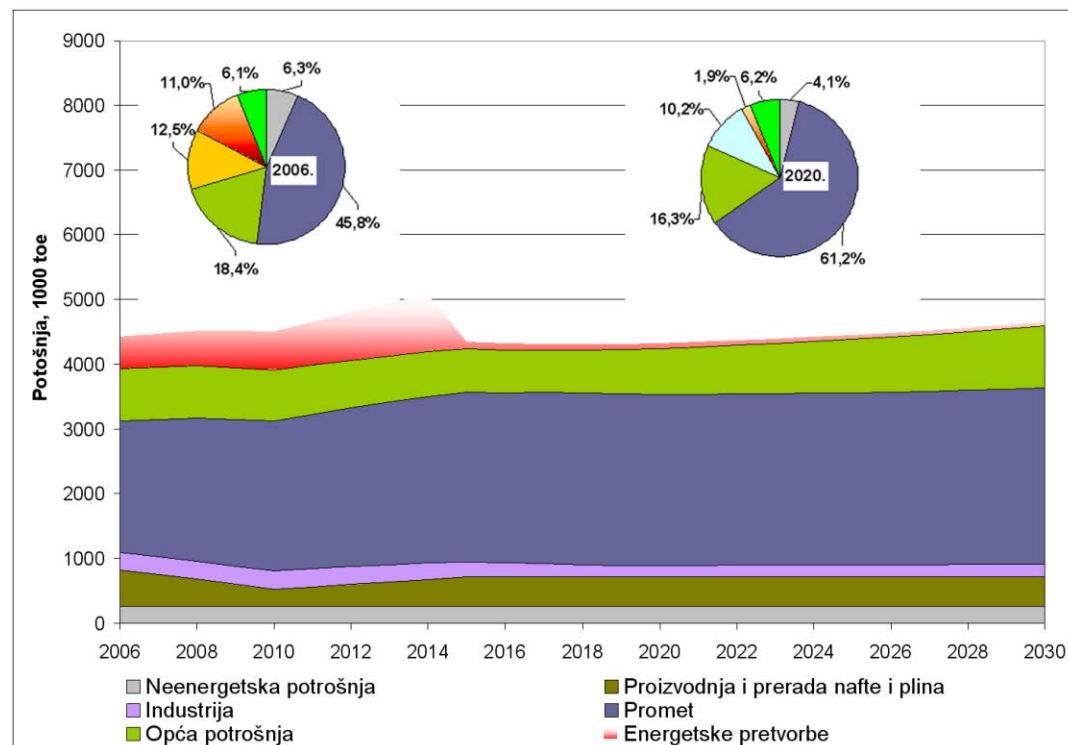
BUDUĆA PRIJENOSNA ELEKTROENERGETSKA MREŽA

ISKORISTITI POLOŽAJ ZA TRANZIT ELEKTRIČNE ENERGIJE



STRATEGIJA ENERGETSKOG RAZVOJA REPUBLIKE HRVATSKE - POTROŠNJA TEKUĆIH GORIVA

Potrošnja naftnih derivata	2006.	2010.	2014.	2020.	2006.	2020.	2006.-2020.	2030.
	1000 t oe	1000 t oe	1000 t oe	1000 t oe	%	%	%	
Industrija	280	270	270	180	6	4	-3	200
Promet	2020	2330	2570	2650	0	61	2	2730
Opća potrošnja	810	780	690	710	18	16	-1	950
Proizvodnja i prerada nafte i plina	550	260	400	440	13	10	-2	440
Energetske pretvorbe	490	600	890	80	11	2	-12	50
Neenergetska potrošnja	270	270	270	270	6	6	0	270
Ukupno	4420	4510	5080	4330	100	100	0	4650
Ukupno , PJ	190	190	210	180				190

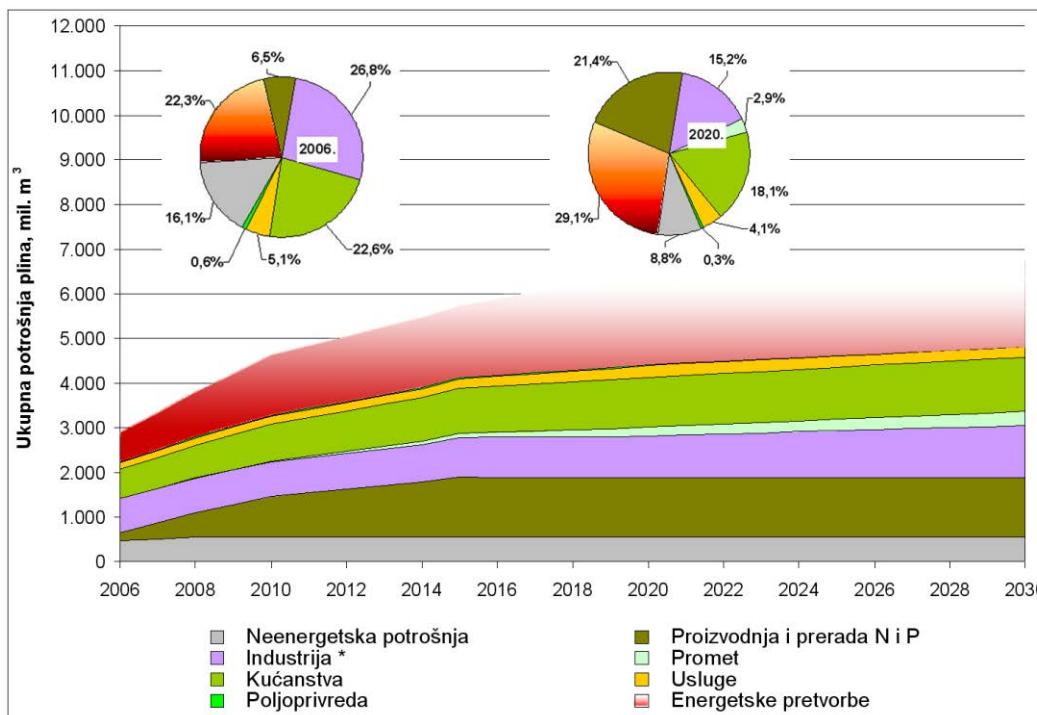


Očekuje se da će prosječni porast potrošnje tekućih goriva u neposrednoj potrošnji iznositi 1,2% godišnje i da će potrošnja u 2020. godini iznositi oko 4,3 milijuna tona.

STRATEGIJA ENERGETSKOG RAZVOJA RH

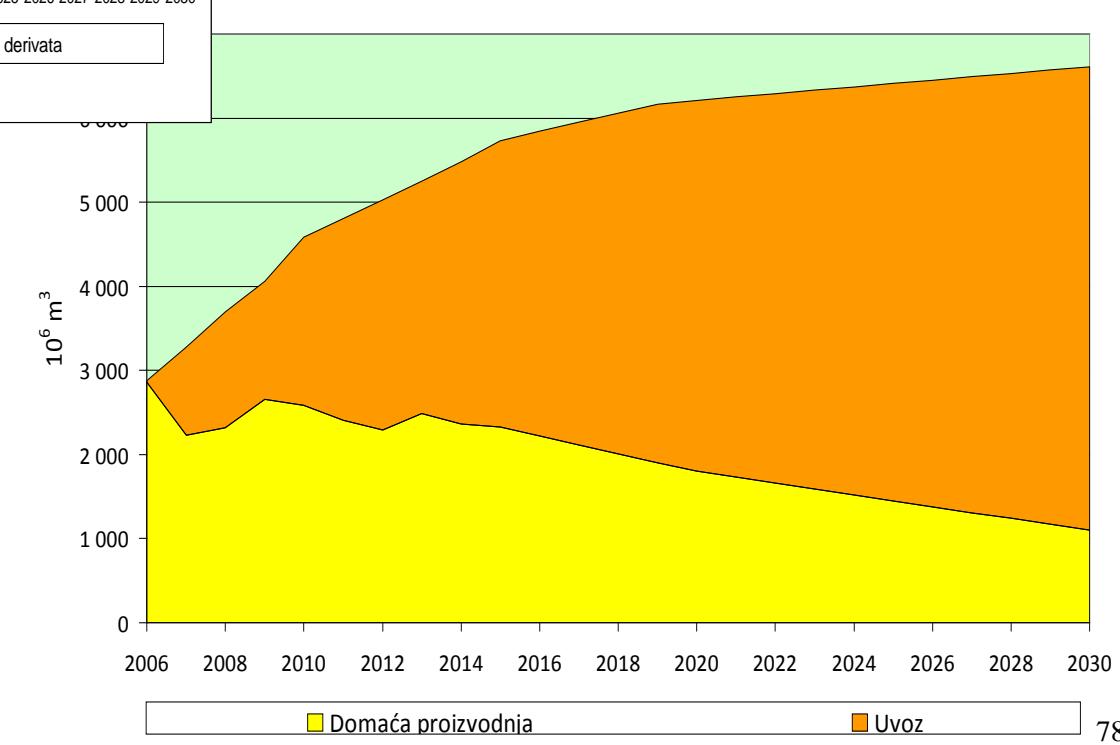
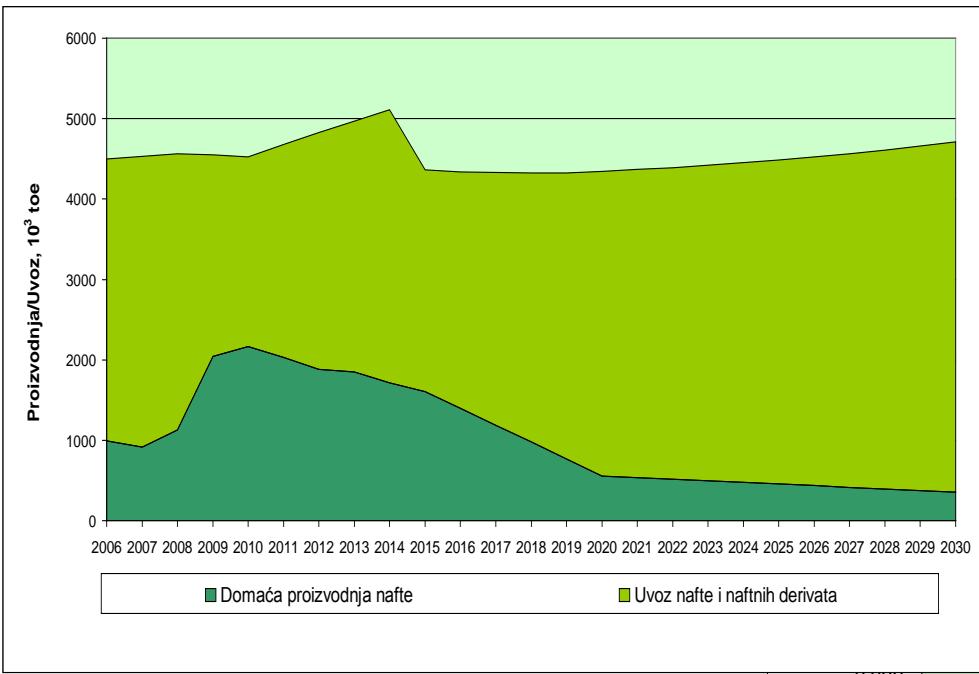
- POTROŠNJA PRIRODNOG PLINA

Potrošnja plina	2006.	2010.	2015.	2020.	2006.	2020.	2006.-2020.	2030.
	mil. m ³	mil. m ³	mil. m ³	mil. m ³	%	%	%	mil. m ³
Industrija *	770	770	910	950	27	17	1	1 160
Promet	0	20	90	180	0	3	28	330
Opća potrošnja	820	1 020	1 240	1 400	28	26	4	1 450
Neenergetska potrošnja	460	710	1 010	1 000	16	19	6	1 000
Proizvodnja i prerada nafte i plina **	190	750	880	870	6	16	12	870
Enegetske pretvorbe	640	1 340	1 600	1000 - 1800	22-29	19	3	1 200
Ukupno	2 880	4 610	5 730	5410-6210	100	100	5	6 010



STRATEGIJA ENERGETSKOG RAZVOJA RH

- NAFTA I PRIRODNI PLIN



STRATEGIJA ENERGETSKOG RAZVOJA RH

- OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE

*U skladu s Direktivom 2003/54/EC, Republika Hrvatska usvaja ovaj cilj uporabe obnovljivih izvora energije: u 2020. godini udio bruto neposredne potrošnje energije iz **OIE U BRUTO NEPOSREDNOJ POTROŠNJI ENERGIJE IZNOSIT ĆE 20%**.*

*Cilj će se ispuniti putem ovih **SEKTORSKIH CILJEVA** za 2020. godinu:*

- *36% će iznositi **UDIO ELEKTRIČNE ENERGIJE** iz OIE (s velikim HE) u ukupnoj potrošnji električne energije*
- *10% će iznositi **UDIO OIE** korištenih u svim oblicima **TRANSPORTA** u neposrednoj potrošnji energije u kopnenom transportu*
- *21% će iznositi **UDIO BRUTO NEPOSREDNE POTROŠNJE ENERGIJE ZA GRIJANJE I HLAĐENJE** iz OIE u bruto neposrednoj potrošnji energije za grijanje i hlađenje.*

STRATEGIJA ENERGETSKOG RAZVOJA RH

- OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE

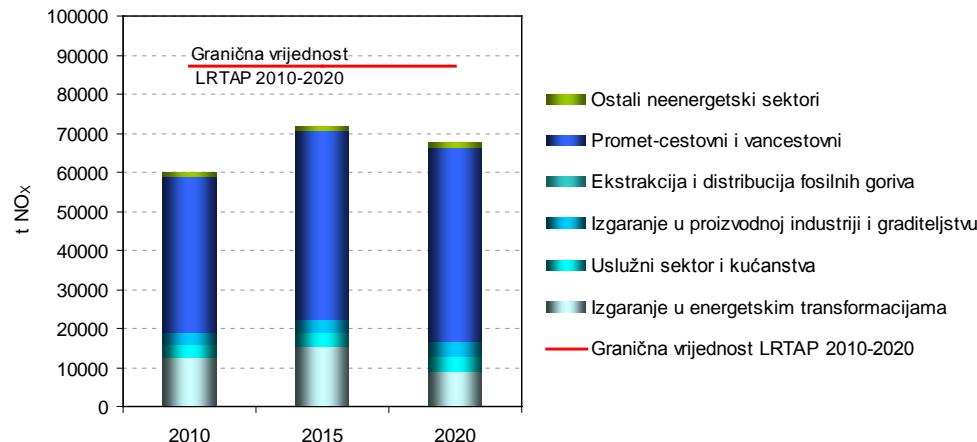
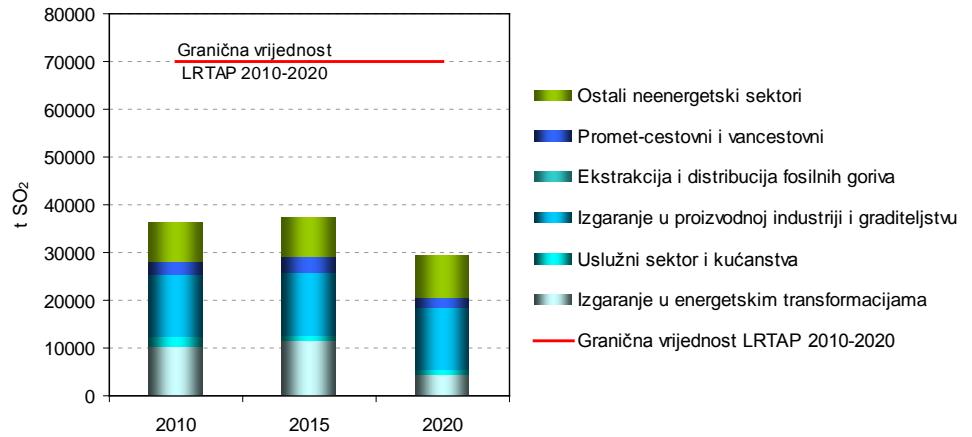
Uspostavljeni sektorski ciljevi izraženi kao udio OIE u bruto neposrednoj potrošnji energije:

- *Sektor električna energija 9,2%*
- *Sektor transport 2,0%*
- *Sektor toplinska i rashladna energija 8,8%*

STRATEGIJA ENERGETSKOG RAZVOJA RH - UKUPNA EMISIJA SO₂ I NO_X

Emisije su ispod obveze protokola o suzbijanju zakiseljavanja, eutrofikacije i prizemnog ozona IRTAP konvencije

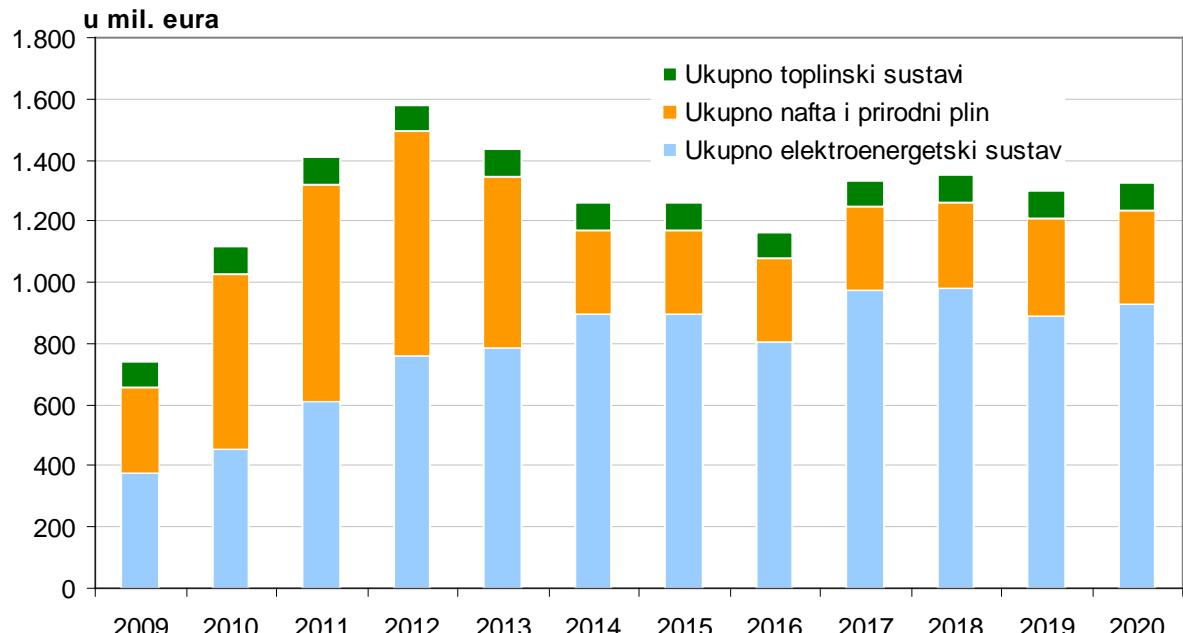
- SO₂ (2020. godina)
 - 15,9 % u energetskim transformacijama
 - 44,6 % u proizvodnoj industriji i graditeljstvu
- NO_x (2020. godina)
 - 13,4 % u energetskim transformacijama
 - 73,7 % u transportu



STRATEGIJA ENERGETSKOG RAZVOJA RH

**INVESTICIJE POTREBNE ZA OSTVARENJE
STRATEGIJE**

Dinamika investicija predviđenih Strategijom energetskog razvoja



Izvor: procjene projektnog tima (EKONERG, FER, RGNF).

Ukupna vrijednost investicija do 2020. godine:

15.278 milijardi EUR-a

STRUKTURA INVESTICIJA:

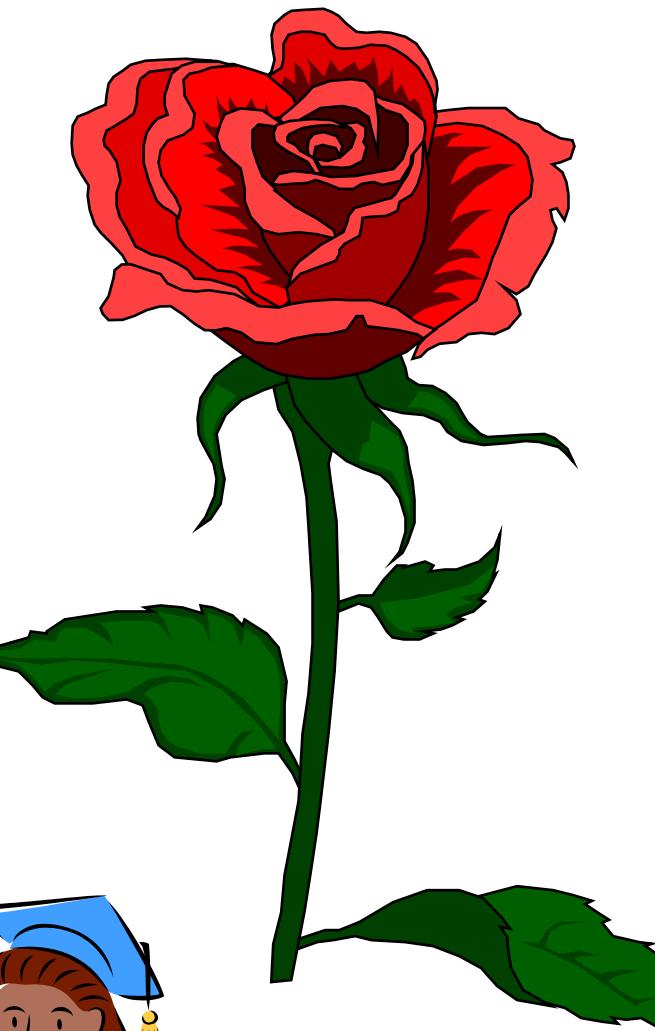
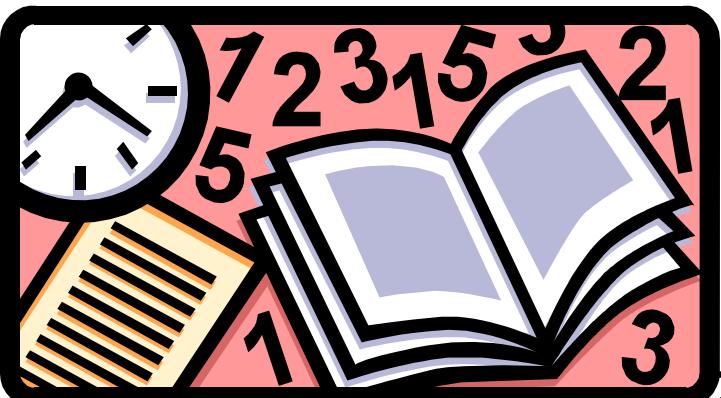
Elektroenergetski sustav: 61,3%

Nafta i prirodni plin: 31,7%

Toplinski sustavi: 6,9%

Procijenjene ukupne potrebe za financiranjem, milijuni eura

	Potrebno domaće financiranje	Domaće financiranje		Krediti		Inozemno investiranje	Ukupna vrijednost investicije
		iz dobiti	iz kredita	domaći	inozemni		
Elektroener- getski sustav	5.104	1.702	3.403	2.552	851	4.263	9.367
Proizvodnja i prerada nafte i plina	1.520	507	1.013	760	253	0	1.520
Transport i skladištenje nafte	1.170	390	780	585	195	0	1.170
Sustav opskrbe prirodnim plinom	1.360	453	907	680	227	0	1.360
Ostali domaći investitori	845	282	563	422	141	1.016	1.861
UKUPNO	9.999	3.333	6.666	5.000	1.667	5.278	15.278



KRAJ?!

