

UNIVERZA V LJUBLJANI  
FAKULTETA ZA DRUŽBENE VEDE

URŠKA DOLINŠEK

**NAJBOLJŠA ALTERNATIVA PROIZVAJANJA ELEKTRIČNE  
ENERGIJE V SLOVENIJI GLEDE NA IZKUŠNJE IZBRANIH DRŽAV  
ČLANIC EVROPSKE UNIJE**

DIPLOMSKO DELO

LJUBLJANA, 2004

UNIVERZA V LJUBLJANI  
FAKULTETA ZA DRUŽBENE VEDE

Urška Dolinšek

Mentor:izr. prof. dr. Zlatko Šabič

**NAJBOLJŠA ALTERNATIVA PROIZVAJANJA ELEKTRIČNE  
ENERGIJE V SLOVENIJI GLEDE NA IZKUŠNJE IZBRANIH DRŽAV  
ČLANIC EVROPSKE UNIJE**

DIPLOMSKO DELO

LJUBLJANA, 2004

## **ZAHVALA**

*Zahvaljujem se vsem, ki so mi pomagali in me podpirali pri izdelavi tega diplomskega dela.*

*Izjemno zahvalo sem dolžna vsem na Uradu za energetiko na Ministrstvu za okolje, prostor in energijo za pomoč in podporo ter možnost, da sem spoznala praktično delo na področju energetike. Zahvala velja tudi ostalim na MOPE, s katerimi sem sodelovala.*

*Zahvalila bi se rada tudi ELES-GEN d.o.o., ki so mi omogočili izvedbo tega projekta.*

*Posebej pa se zahvaljujem svojemu Borisu, ki me je toliko časa prenašal in trpel, in svojim staršem za neomejeno podporo.*

## KAZALO

1. Uvod .....	5
2. Elektroenergetska slika Velike Britanije.....	9
3. Elektroenergetska slika Avstrije .....	11
4. Elektroenergetska slika Francije.....	13
5. Primerjalna analiza .....	15
5.1. Uvod.....	15
5.2. Fossilna goriva v Veliki Britaniji .....	17
5.3. Obnovljivi viri v Avstriji.....	18
5.4. Jedrsko gorivo v Franciji .....	19
5.5. Vplivi na okolje.....	20
5.6. Energijska (ne)odvisnost .....	28
5.7. Ugotovitve .....	29
6. Elektroenergetska slika Slovenije.....	30
6.1. Fossilna goriva v Sloveniji na primeru termoelektrarne Šoštanj .....	32
6.2. Vodni viri v Sloveniji na primeru Dravskih elektrarn Maribor.....	34
6.3. Jedrsko gorivo v Sloveniji in jedrska elektrarna v Krškem.....	36
7. Vplivi na okolje.....	38
7.1. Termoelektrarne .....	38
7.2. Hidroelektrarne.....	40
7.3. Jedrska elektrarna .....	43
8. Zaključek .....	46
9. Viri.....	52

## SEZNAM SLIK

Slika 1: Proizvodnja električne energije v Veliki Britaniji glede na vir .....	9
Slika 2: Delež goriv v termoelektrarnah .....	10
Slika 3: Proizvodnja električne energije v Avstriji glede na vir leta 2001 .....	12
Slika 4: Proizvodne kapacitete v Avstriji .....	13
Slika 5: Proizvodnja električne energije v Franciji glede na vir leta 2001 .....	14
Slika 6: Shema porabe električne energije v Sloveniji glede na tip elektrarne, v kateri je bila proizvedena, za dan v juliju 1996 .....	16
Slika 7: Emisije CO <sub>2</sub> na prebivalca v Veliki Britaniji in primerjava s povprečjem v EU .....	22
Slika 8: Emisije CO <sub>2</sub> na prebivalca v Avstriji in EU .....	23
Slika 9: Emisije CO <sub>2</sub> na prebivalca v Franciji in v EU .....	26
Slika 10: Emisije CO <sub>2</sub> na prebivalca v izbranih državah .....	27
Slika 11: Neto uvoz električne energije v izbranih državah .....	28
Slika 12: Proizvodnja električne energije glede na vir v Sloveniji leta 2001 .....	31
Slika 13: Letna proizvodnja električne energije v TEŠ za vsa leta obratovanja do 1999 .....	33
Slika 14: Odstopanja od plana za DEM .....	35
Slika 15: Proizvodnja električne energije v NEK .....	37
Slika 17: Emisije CO <sub>2</sub> iz TEŠ v obdobju 1980-2001 .....	38
Slika 18: Emisije SO <sub>2</sub> iz TEŠ .....	39
Slika 19: Ocenjena doza sevanja na prebivalca Slovenije .....	44

## SEZNAM OZNAK, KRATIC IN ENOT

°C	stopinja Celzija
A	Avstrija
ANDRA	<i>Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs</i> – francoska agencija za ravnanje z radioaktivnimi odpadki
C	ogljik
CEA	<i>Commissariat a l'Energie Atomique</i> – francoska Komisija za atomsko energijo
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	propan
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	butan
CH <sub>4</sub>	metan
CO	ogljikov monoksid
CO <sub>2</sub>	ogljikov dioksid
DEM	Dravske elektrarne Maribor d.o.o.
DTI	<i>Department of Trade and Industry</i> – britansko ministrstvo za trgovino in industrijo
EA	<i>Electricity Association</i> – Združenje elektroenergetike v Veliki Britaniji
EIA	<i>Energy Information Agency</i> – Energetska informacijska agencija
ELES	Elektro – Slovenija d.o.o.
EU	Evropska unija (pred 1.5.2004)
EURATOM	<i>European Atomic Energy Community</i> – Evropska skupnost za atomsko energijo
F	Francija
G	giga (10 <sup>9</sup> )
h	ura
HE	hidroelektrarna
HSE	Holding Slovenske elektrarne d.o.o.
IAEA	<i>International Atomic Energy Agency</i> – Mednarodna agencija za atomsko energijo
IEA	<i>International Energy Agency</i> – Mednarodna agencija za energijo
k	kilo (10 <sup>3</sup> )
m	meter
m <sup>3</sup>	kubični meter
m	mili (10 <sup>-3</sup> )
M	mega (10 <sup>6</sup> )
Mt	mega tona
J	Joul

<b>MOPE</b>	Ministrstvo za okolje, prostor in energijo
<b>MOX</b>	<i>mixed oxide</i> – jedrsko gorivo mešanih oksidov radioaktivnih elementov
<b>MW</b>	megavat
<b>NEK</b>	Nuklearna elektrarna Krško d.o.o.
<b>NO<sub>x</sub></b>	dušikovi oksidi
<b>NSRAO</b>	nizko in srednje radioaktivni odpadki
<b>Pl</b>	plutonij
<b>PWR</b>	<i>pressurised water reactor</i> – tlačnovodni reaktor
<b>RAO</b>	radioaktivni odpadki
<b>RS</b>	Republika Slovenija
<b>SEL</b>	Savske elektrarne Ljubljana d.o.o.
<b>SENG</b>	Soške elektrarne Nova Gorica d.o.o.
<b>Sm<sup>3</sup></b>	standardni kubični meter
<b>Sv</b>	sievert
<b>T</b>	tera (10 <sup>12</sup> )
<b>t</b>	tona
<b>tce</b>	<i>Tons of coal equivalent</i> – tone premogovega ekvivalenta
<b>TEB</b>	Termoelektrarna Brestanica d.o.o.
<b>TEŠ</b>	Termoelektrarna Šoštanj d.o.o.
<b>TE-TOL</b>	Termoelektrarna Toplarna Ljubljana d.o.o.
<b>toe</b>	<i>tons of oil equivalent</i> – tone naftnega ekvivalenta
<b>U</b>	uran
<b>U<sub>3</sub>O<sub>8</sub></b>	uranov oksid
<b>UCTE</b>	<i>Union for the Co-ordination of Transmission of Electricity</i> – Združenje za koordinacijo prenosa električne energije
<b>UNFCCC</b>	<i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i> – Okvirna konvencija Združenih narodov o podnebnih spremembah
<b>US NRC</b>	<i>United States' Nuclear Regulatory Commission</i> – Komisija ZDA za nadzor civilnih jedrskih dejavnosti
<b>VB</b>	Velika Britanija
<b>VRAO</b>	visoko radioaktivni odpadki
<b>W</b>	watt, vat
<b>WEC</b>	<i>World Energy Council</i> – Svetovni energetska svet
<b>Wh</b>	vatna ura

## 1. UVOD

Življenje v sodobnem razvitem svetu si je nemogoče predstavljati brez električne energije. Samoumevno se nam zdi, da prižgemo luč, ko stopimo v temen prostor, da hladilnik dela vse dni, da javna razsvetljava včasih tudi po nepotrebem razsvetljuje mestne ulice in ne nazadnje, da gospodarstvo deluje nemoteno. Vendar pa je elektroenergetski sektor hkrati tudi eden največjih obremenjevalcev okolja.

Kako pomembna je energija v gospodarskem razvoju, lahko vidimo že po tem, kje se je začela industrijska revolucija. Ne na jugu Anglije, kjer je bila v devetnajstem stoletju zbrana vsa moč kraljestva, pač pa v srednji in severni Angliji, kjer je bilo veliko premoga, primarnega energetskega vira. Energetski viri pa so v zgodovini človeštva bili vzrok tudi za nemiroljubne dejavnosti vlad in posameznikov. Tako so, na primer, mirovna pogajanja po prvi svetovni vojni skoraj propadla zaradi francoskih zahtev po Posarju, ki je bogato s črnim premogom; prav tako so bila težka pogajanja o usodi Šlezije. Nemci so kot prvo dejanje druge svetovne vojne zasedli severozahodno Češko, ki je bogata s premogom. Po drugi svetovni vojni so Francozi gojili pretenzije po nemških energetskih virih. Različni predlogi o usodi Posarja so na koncu pripeljali do Schumannovega predloga o Evropski skupnosti za premog in jeklo leta 1950, kar naj bi končno pripeljalo do mirnih rešitev sporov glede energetskih virov v zahodni Evropi in je bil osnova oblikovanja zdajšnje Evropske unije (EU). (Strange, 1995: 177)

Premog pa je že ob koncu druge svetovne vojne začel izgubljati svojo pomembnost in v veliki meri so ga nadomeščali z nafto. Tehnologija motorjev na notranje izgorevanje je tako napredovala, da so naftne motorje uporabljale že vse mornarice in armade, vse bolj pa je bila razširjena tudi v vsakdanjem življenju. Nafta je tako dobila osrednje mesto na odru mednarodne diplomacije in nacionalnih strategij. Čeprav predvsem na račun transporta zaseda približno 50% primarne energetske bilance razvitih držav, pa nafta ni najbolj vsestranska oblika energije. To mesto pripada električni energiji. Za proizvodnjo električne energije se nafta skoraj ne uporablja. Tu prevladujejo drugi primarni viri, poleg že omenjenega premoga še ostala fosilna goriva, voda in jedrsko gorivo, pa seveda še alternativni viri, kot so veter, sončna energija, plimovanje, biomasa in ostali.



Čeprav je na voljo veliko energentov, pa so načini njihovega izkoriščanja omejeni. V veliki večini se za pridobivanje električne energije uporabljajo tri vrste elektrarn: termoelektrarne, hidroelektrarne in jedrske elektrarne. V Sloveniji imamo, na primer, približno enakomerno razdelitev pri proizvodnji električne energije med temi tremi osnovnimi viri, medtem ko imajo lahko posamezne države prevladujoč samo en vir. Tako v meteorološko povprečnem letu (brez ekstremnih suš ali povodnji) v Sloveniji približno tretjino električne energije proizvedejo hidroelektrarne, tretjino jo proizvedejo v termoelektrarnah, preostanek pa proizvede edina slovenska jedrska elektrarna v Krškem. Njena projektirana življenjska doba se bo iztekla leta 2023 in glede na velik delež električne energije, ki jo pridobimo iz nje, je nujen razmislek o tem, kako bomo izpad proizvodnje električne energije po zaprtju nadomestili. V pričujočem diplomskem delu bom po primerjavi različnih izkušenj izbranih držav pri proizvodvanju električne energije skušala odgovoriti na vprašanje, kateri od načinov pridobivanja električne energije bo za nadomestitev električne energije iz jedrske elektrarne Krško po njenem zaprtju zaradi izteka življenjske dobe za Slovenijo najboljši. Slovenija bo v kratkem morala sprejeti strateško odločitev glede razdelitve virov za elektrarne – ali bo ostala uravnotežena na približne tretjine, kar bi pomenilo, da moramo obdržati jedrsko opcijo, ali pa bomo tretjinsko porazdelitev virov morda nadomestili z drugačno razporeditvijo. Pri tem sem postavila hipotezo, da glede na standarde varovanja okolja, ki jih je Slovenija sprejela, še posebej obvez o znižanju emisij ogljikovega dioksida (CO<sub>2</sub>), in dostopnosti virov kot pogoja za zanesljivo delovanje elektrarn in zagotavljanja varnosti dobave električne energije, jedrska elektrarna ostaja alternativa za Slovenijo. Različni tipi elektrarn namreč oddajo v okolje različne količine ogljikovega dioksida ali drugače obremenjujejo okolje, uporabljajo pa tudi različno dostopne primarne energetske vire.

Glavni viri energije, ki jih izkoriščamo v elektrarnah, so torej fosilna goriva, jedrska energija in voda. K fosilnim gorivom prištevamo nafto, premog in zemeljski plin, pri čemer pa je široka uporaba nafte značilna za promet in ne kot vir za proizvodvanje električne energije, zato je pri svoji analizi ne bom upoštevala kot enega potencialnih virov. Večina evropskih držav uporablja več primarnih virov, vendar se pri tem pogosto zgodi, da je eden izpostavljen kot tisti, iz katerega pridobijo največ električne energije, ostali viri pa to proizvodnjo dopolnjujejo. V nadaljevanju si bomo ogledali države, kjer prevladuje eden od omenjenih virov.

Primerjavo sem si zastavila v okviru analize stroškov in prednosti treh najpogostejših energentov za pridobivanje električne energije, predvsem kar se tiče onesnaževanja okolja. Značilnosti posameznega energenta sem ugotavljala na študijah primerov izbranih držav članic EU, kjer je posamezen vir prevladujoč pri proizvodvanju električne energije. Za elemente primerjave sem si

izbrala dostopnost zaloge virov, ker so osnova za vsakršno koriščenje virov, pri tem pa še stroške proizvodnje in transporta, saj tudi ti vplivajo na to, kako ekonomičen je kakšen vir za uporabo. Ker ima proizvodnja energije na okolje različne obremenilne posledice, kot je uporaba zemlje, hrup, nestapljanje z okoljem, radioaktivnost, onesnaževanje voda in celo vrsto plinskih emisij, bom kot glavni element primerjave med viri upoštevala tudi obremenitev okolja in sicer prek emisij toplogrednih plinov (predvsem CO<sub>2</sub>) in plinov, ki povzročajo kisle padavine, to so dušikovi oksidi (NO<sub>x</sub>) in žveplov dioksid (SO<sub>2</sub>). Emisije plinov bom obravnavala kot dejavnik onesnaževanja okolja, ker so podatki o emisijah toplogrednih plinov na voljo za vse obravnavane države, so pa tudi del poročanja o stanju okolja v državah, kot ga določa Kjotski protokol k Okvirni konvenciji Združenih narodov o podnebnih spremembah<sup>1</sup> in torej standardizirani, kar omogoča lažjo primerjavo. Vplive na okolje pa bom ocenila tudi z drugih reprezentativnih vidikov, pri čemer bom podrobneje proučila vplive hidroelektrarn na okolje z vidika zajezitve rek in sprememb rečnih strug ter vplive jedrskih elektrarn na okolje skozi odlagališča izrabljenega jedrskega goriva in posledice, ki jih to pusti v okolju. Elemente primerjave sem obržala iste tudi, ko sem bolj podrobno obravnavala Slovenijo, saj so edino tako podatki med seboj primerljivi.

Naloga je torej v grobem razdeljena na dva dela: na študije primerov in na podrobnejšo študijo Slovenije. V vsakem delu so najprej opisane glavne značilnosti splošne elektroenergetske slike izbrane države, nato pa so v primerjalni analizi podane značilnosti izbranega vira ter ocena vpliva na okolje. Pri Sloveniji je to narejeno po vrstah elektrarn, sledi pa analiza podatkov glede vplivov na okolje v Sloveniji po posameznih elektrarnah v primerjavi s podatki iz izbranih držav. Na koncu študij primerov sem primerjala predvsem vpliv, ki ga ima izkoriščanje različnih virov v izbranih državah na okolje in to predvsem glede na podatke emisij ogljikovega dioksida, ker so edini zbrani po enotni metodologiji v vseh izbranih državah in se jih tako edino da neposredno primerjati. V zaključku naloge sem združila zaključke analize obeh delov ter ovrednotila hipotezo.

V primerjalni študiji sem si izbrala tri države: Veliko Britanijo, Avstrijo in Francijo. Kriterij za izbiro je bil prevladujoč energent, kar pomeni, da so vplivi določene vrste elektrarn v izbrani

---

<sup>1</sup> Okvirna konvencija Združenih narodov o klimatskih spremembah (*United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC*) je bila sklenjena 9.5.1992 in na voljo za podpis na vrhu v Rio De Janeiru od 4. do 14. junija 1992. V veljavo je stopila 21.3. 1994.

Kjotski protokol je bil sklenjen 11.12.1997 na zasedanju v Kyotu na Japonskem. V aneksu A Protokol določa tudi nevarne toplogredne pline, sama definicija teh plinov pa je podana v prvem členu UNFCCC. Vse države, ki jih obravnavam v pričujočem diplomskem delu, so podpisnice tega protokola.

Čeprav Kjotski protokol še ni veljaven, saj ga še ni ratificiralo dovolj držav, so vse države članice EU obvezane spoštovati obveze, ki so jih sprejele s podpisom Protokola. K temu jih obvezuje Sklep Sveta EU št. 2002/358/EC (Council Decision of 25 April 2002 concerning the approval, on behalf of the European Community, of the Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change and the joint fulfilment of commitments thereunder).

državi tudi tipični v ostalih državah z istim prevladujočim energentom. Tako sem si izbrala Veliko Britanijo kot državo, v kateri so leta 2000 kar 71% električne energije proizvedli iz fosilnih goriv. Upoštevala sem dva energetska vira: premog in zemeljski plin, saj se v zadnjih letih deleža teh dveh energentov v britanskih termoelektrarnah vedno bolj izenačujeta. Čeprav sta oba fosilna energetska vira, pa se precej razlikujeta pri vplivu na okolje, o čemer je več govora v nadaljevanju.

Avstrija je država, kjer so leta 1997 proizvedli več kot 65% električne energije v hidroelektrarnah, preostalo električno energijo pridobijo iz termoelektrarn. Avstrijo sem torej izbrala kot državo, kjer je prevladujoči vir voda, diplomsko delo bo obravnavalo prednosti in slabosti hidroelektrarn.

Francija, kjer so si v luči naftnih kriz v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja zastavili širok jedrski program, je država, kjer so leta 1997 skoraj 80% električne energije proizvedli v jedrskih elektrarnah. Francija je torej primer, izbran za preučitev vplivov na okolje, ki so rezultat proizvodnje električne energije v jedrskih elektrarnah.

Prevladujoči delež podatkov v prvem delu naloge predstavljajo statistični energetske letopisi Evropske unije (*EU Annual Energy Review*), ki jih izdaja Direktorat Evropske komisije za transport in energijo (*Directorate-General for Transport and Energy* - DG TREN). To je dokument, kjer so zbrani podatki za vse države članice po isti metodologiji, kar omogoča ustrezne primerjave podatkov za države med seboj, saj ga DG TREN izdaja v sodelovanju z Eurostatom<sup>2</sup>. Slabost dokumenta je v tem, da so podatki nekoliko starejšega datuma, žal pa primerjanje podatkov med različnimi viri, kot so statistični uradi posameznih držav ali posebnih agencij, ki so zadolžene za zbiranje podatkov o elektrogospodarstvu, ne omogoča ustrezne analize.

V drugem delu naloge sem se osredotočila na Slovenijo in na njene največje proizvajalce električne energije. To so Termoelektrarna Šoštanj, kot največja termoelektrana pri nas, kjer so leta 1999 proizvedli kar 75% vse električne energije iz termoelektrarn v Sloveniji, Dravske elektrarne Maribor, kjer so isto leto proizvedli 76% vse električne energije iz slovenskih hidroelektrarn, in Nuklearna elektrarna Krško kot edina elektrarna te vrste v Sloveniji. Primerjanje te analize z rezultati analize posameznih primerov elektrarn, opredeljenih v tem delu, bo omogočilo sklep o tem, kateri tip elektrarne je za Slovenijo najprimernejši, ko govorimo o njegovi obremenitvi okolja, pa tudi primernosti glede zahtev porabe energije.

---

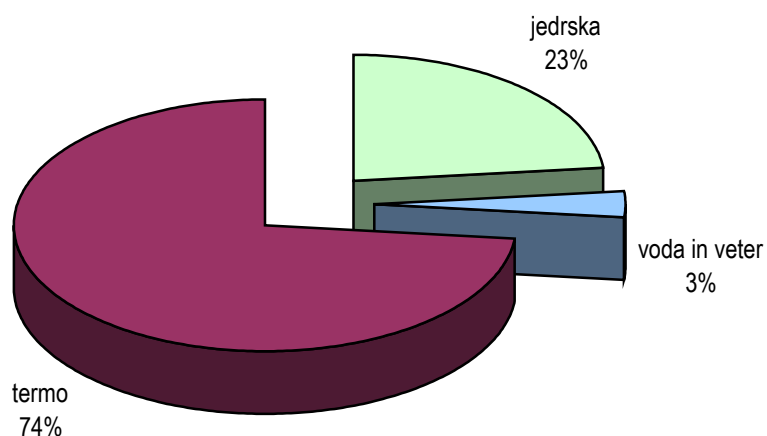
<sup>2</sup> Eurostat – Statistični urad Evropske unije s sedežem v Luxembourg.

V nalogi sem uporabila predvsem primarne vire ter nekatere raziskave posameznih inštitucij, manj pa sekundarne vire. Razlog za to je, da ni veliko knjig, ki bi se nepristransko ukvarjale z vprašanjem jedrske energije. Podatki, pridobljeni iz primarnih virov in iz statističnih letopisov ter letnih poročil, pa so nevtralni. Veliko virov sem pridobila tudi na medmrežju, saj večina agencij oziroma organizacij želi s svojo dejavnostjo seznaniti čim širšo javnost, zato vse pomembne informacije objavljajo tudi v tej obliki. Poleg informacij, ki sem jih dobila iz teh podatkov, sem del podatkov in izkušenj pridobila tudi pri delu, ki sem ga opravljala kot študentska na Uradu za energetiko na Ministrstvu za okolje, prostor in energijo. Del informacij sem tako dobila tudi z metodo opazovanja.

## 2. ELEKTROENERGETSKA SLIKA VELIKE BRITANIJE

Leta 2000 so v Veliki Britaniji (VB) proizvedli skupaj 369,3 TWh električne energije, od tega 263,4 TWh ali 71,3% iz fosilnih goriv (UK Energy in Brief, 2001: 14)<sup>3</sup>, torej premoga, nafte in zemeljskega plina. Preostalo električno energijo so proizvedli v jedrskih in hidroelektrarnah. Deleži proizvedene električne energije v letih med 1985 in 1999 v Veliki Britaniji glede na uporabljeni vir so predstavljeni na sliki 1.

**Slika 1: Proizvodnja električne energije v Veliki Britaniji glede na vir**

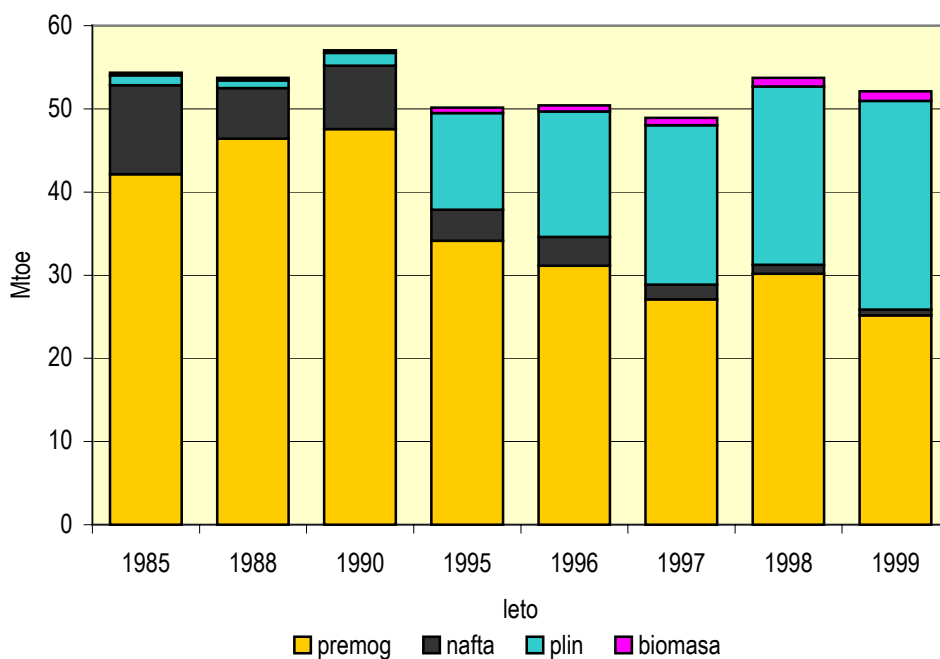


Vir podatkov: EU Energy and Transport in Figures (2003: 2.9.16.).

<sup>3</sup> Kratek pregled energetike v Veliki Britaniji, ki ga izdaja britansko ministrstvo za promet in industrijo, dostopno tudi na medmrežju na <http://www.dti.gov.uk/EPA/eib/ukeb122001.pdf> (17.7.2003)

Fosilna goriva imajo v Veliki Britaniji tradicionalno močno vlogo v primarni porabi energije. Prvi, ki so v Veliki Britaniji izkoriščali premog v energetske namene, so bili že Rimljani, v srednjem veku so premog začeli kopati bolj načrtno, po izumu parnega stroja pa je premog postal glavni vir energije za nove stroje in razvijajočo se industrijo.<sup>4</sup> Ko so v Veliki Britaniji bili prisiljeni razmisliti o ukinjanju premoga kot glavnega energetskega vira za elektrarne zaradi različnih okoliščin, predvsem zaradi onesnaževanja okolja in cene pridobivanja premoga<sup>5</sup>, so leta 1967 v Severnem morju začeli izkoriščati nahajališča nafte in zemeljskega plina.<sup>6</sup> Tako se je sicer zamenjala sestava goriva v termoelektarnah, kar je prikazano na sliki 2, vendar pa so termoelektarne ostale glavni vir električne energije v Veliki Britaniji.

**Slika 2: Delež goriv v termoelektarnah**



Vir podatkov: EU Annual Energy Review 2001 (2002: 95).

Električno energijo v Veliki Britaniji ne pridobivajo samo v termoelektarnah, temveč so v tej državi bili tudi prvi na svetu, ki so začeli prizvajati električno energijo v elektrarnah z jedrskimi reaktorji. Veliko britanskih znanstvenikov je sodelovalo pri razvoju jedrske energije v zgodnjih 40. letih prejšnjega stoletja in to znanje so po vojni uporabili tudi v komercialne namene. Prva

<sup>4</sup> Rudarski muzej v Durhamu, Durham Mining Museum, Mining History, dostopno na medmrežju <http://www.dmm.org.uk/history/vhced1.htm>, 17.1.2004.

<sup>5</sup> Kopanje premoga v Veliki Britaniji je veliko dražje kot npr. v Indoneziji, pa tudi zaradi dodatnih davkov na onesnaževanje okolja je premog postal manj zaželen energetski vir. Vzrok za visoke stroške proizvodnje premoga v Veliki Britaniji so strukturno in geološko zahtevna nahajališča ter višji stroški delovne sile.

<sup>6</sup> Offshore Oil and Gas Pipelines, [http://www.og.dti.gov.uk/information/bb\\_updates/appendices/Appendix14.htm](http://www.og.dti.gov.uk/information/bb_updates/appendices/Appendix14.htm), 17.1.2004.

komercialna jedrska elektrarna je bila odprta leta 1956 v Calder Hallu. V Veliki Britaniji so leta 2002 v jedrskih elektrarnah proizvedli 81,1 TWh električne energije, kar je predstavljalo približno 22% vse električne energije, proizvedene tega leta v Veliki Britaniji. Leta 2003 je bilo v Veliki Britaniji v obratovanju 27 reaktorjev s skupno nazivno močjo<sup>7</sup> 12.100 MW.<sup>8</sup>

Preostanek električne energije v Veliki Britaniji proizvedejo v elektrarnah na obnovljive vire, torej hidroelektrarnah in vetrnih elektrarnah. Leta 2002 so v hidroelektrarnah proizvedli 3,9 TWh in v preostalih elektrarnah 9,8 TWh, kar je skupaj predstavljalo nekaj več kot 3,6% vse porabljene energije v Veliki Britaniji.

Termoelektrarne na fosilna goriva so s stališča lastnih naravnih virov države torej povsem logična izbira, saj je Velika Britanija bogata tako s premogom kot z zemeljskim plinom. Kljub emisijam toplogrednih plinov, ki so rezultat uporabe fosilnih goriv v termoelektrarnah, pa se skupno število termoelektrarn v Veliki Britaniji bistveno ne spreminja. Zemeljski plin kot energent v termoelektrarnah namreč manj onesnažuje okolje kot premog. Tako so v Veliki Britaniji dosegli zmanjševanje skupnih emisij CO<sub>2</sub> iz elektrogospodarstva prav zaradi zamenjave s plinom kot energentom v termoelektrarnah.<sup>9</sup>

### 3. ELEKTROENERGETSKA SLIKA AVSTRIJE

Leta 2001 so v Avstriji skupaj proizvedli 64,07 TWh električne energije, od tega so je kar 45,45 TWh ali kar dobrih 70% proizvedli v hidroelektrarnah in elektrarnah na veter, preostanek pa v termoelektrarnah.<sup>10</sup>

Avstrija je pretežno alpska država s številnimi gorskimi rekami. Poleg teh pa skozi Avstrijo teče druga največja evropska reka Donava. Donava preteče po Avstriji 350 kilometrov, pri tem pa ima

---

<sup>7</sup> "Nazivna moč je najvišja trajna moč (brez časovnih omejitev) naprav, za katero so te izdelane in dimenzionirane, in ki jo navaja napisana ploščica ali jo je mogoče razbrati iz opisa ali prevzemnega zapisa." (Slovenski elektrotehniški slovar, področje energetika, trg električne energije, Ljubljana, 2001) Razlika med nazivno in instalirano močjo je v tem, da je nazivna moč tista moč, ki jo proizvajalec določi za napravo, medtem ko je instalirana moč tista, ki jo določi projektant glede na okoliščine vgradnje te iste naprave in je lahko enaka nazivni moči ali pa je nižja, odvisno od tega, kaj dopuščajo okoliščine vgradnje.

<sup>8</sup> World Nuclear Association, Information and Issues Brief, Nuclear Power in the United Kingdom, dostopno na medmrežju <http://www.world-nuclear.org/info/inf84.htm>, 23.1.2004.

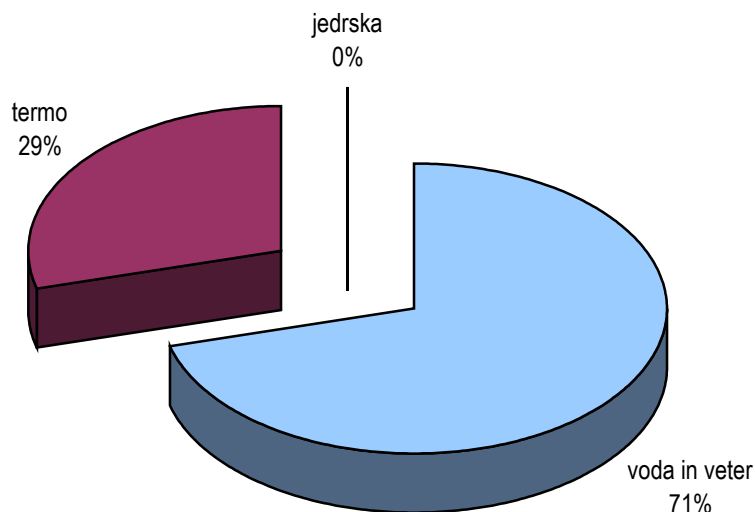
<sup>9</sup> Electricity Association: *The UK Electricity Industry and the Environment 2000*, dostopno na medmrežju na [http://www.electricity.org.uk/media/documents/pdf/elec\\_and\\_env\\_report\\_00.pdf](http://www.electricity.org.uk/media/documents/pdf/elec_and_env_report_00.pdf), 27.7.2003.

<sup>10</sup> EU Energy and Transport in Figures 2003: 2.9.12.

padec 150 m, kar je podobno alpski reki. To predstavlja ogromen energetski potencial, ki ga od konca 1950-ih let izkoriščajo v hidroelektrarnah. Skupaj je na Donavi instaliranih 2060 MW moči v devetih elektrarnah od nemške do slovaške meje.<sup>11</sup> Poleg Donave ima Avstrija še druge večje reke, kot je Drava, kjer je na 150 km dolgi poti po Avstriji postavljenih 10 hidroelektrarn s skupno močjo 600 MW.

Preostanek električne energije v Avstriji proizvedejo v termoelektrarnah na premog in plin, saj so jedrske elektrarne od leta 1978 prepovedane.<sup>12</sup> Razdelitev proizvodnje glede na vir je prikazana na sliki 3.

**Slika 3: Proizvodnja električne energije v Avstriji glede na vir leta 2001**



Vir podatkov: EU Energy and Transport in Figures (2003: 2.9.12.).

Hidropotencial pa je po ocenah Mednarodne agencije za energijo (*International Energy Agency – IEA*) v Avstriji že dodobra izkoriščen,<sup>13</sup> poraba električne energije pa se tako kot povsod v Evropi zvišuje. Rešitev so torej le še termoelektrarne, kar pa bi povečalo onesnaževanje okolja.

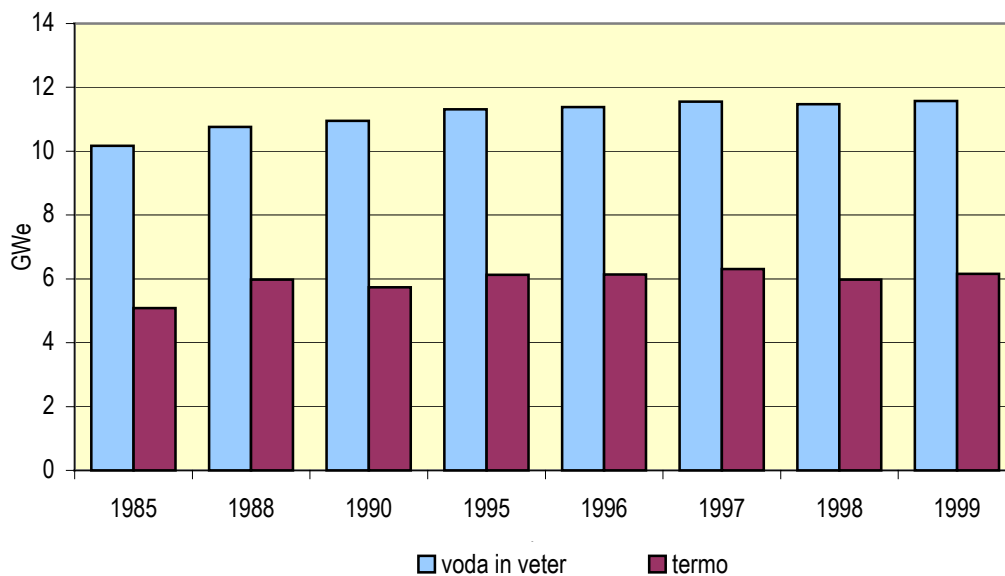
<sup>11</sup> Verbund - Power Plants on the Danube (elektrarne na Donavi), dostopno na medmrežju [http://www.verbund.at/en/Extra/Powerplants/Donau\\_e/index.htm](http://www.verbund.at/en/Extra/Powerplants/Donau_e/index.htm), 30.10.2003.

<sup>12</sup> Atomsperrgesetz BGBl 1978/676.

<sup>13</sup> IEA, Energy Policies of IEA Countries, Austria, 1998 Review, dostopno na medmrežju v html obliki na <http://www.iea.org/pubs/reviews/files/austria/07-aus.htm>, 14.5.2003.

Na sliki 4 so predstavljene proizvodne kapacitete v Avstriji glede na energent v obdobju med 1985 in 1999.

**Slika 4: Proizvodne kapacitete v Avstriji**



Vir podatkov: EU Annual Energy Review 2001 (2002: 81).

Če pogledamo v odstotkih, je očitno, da je povečanje proizvodnih kapacitet med letoma 1985 in 1997 vsekakor v korist termoelektrarn, saj se je instalirana moč le-teh povečala za 24,2%, medtem ko je bilo to povečanje pri hidroelektrarnah in elektrarnah na veter 13,6%. Povečanje instalirane moči pri hidroelektrarnah in elektrarnah na veter gre pripisati predvsem postavljanju malih hidroelektrarn in elektrarn na veter, ki pa nimajo velike nazivne moči in tako sicer veliko pripomorejo k zadovoljevanju porabe gospodinjstev, ne pa tudi industrijske porabe.

#### **4. ELEKTROENERGETSKA SLIKA FRANCIJE**

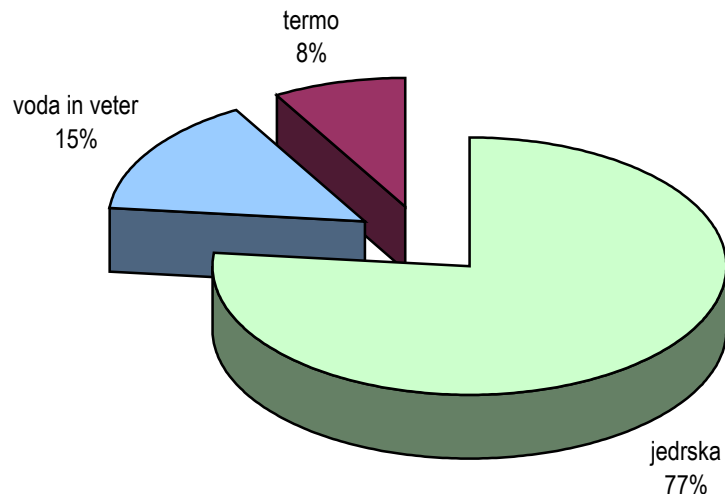
Francija je takoj za Norveško na drugem mestu v Evropi po proizvodnji električne energije v hidroelektrarnah, vednar je delež hidroenergije v elektroenergetski bilanci Francije manj kot četrtninski.<sup>14</sup> Leta 2001 so v Franciji namreč proizvedli kar 394,17 TWh od skupaj 523,17 TWh

<sup>14</sup> World Energy Center, Energy Info Center, Hydropower, dostopno na medmrežju na <http://www.worldenergy.org/wec-geis/publications/reports/ser/hydro/hydro.asp>, 29.7.2003.



električne energije, kar predstavlja več kot 75% vse proizvodnje, v jedrskih elektrarnah. Ostalo električno energijo so proizvedli v termoelektrarnah. Deleži proizvedene električne energije glede na vir so predstavljeni na sliki 5.

**Slika 5: Proizvodnja električne energije v Franciji glede na vir leta 2001**



Vir podatkov: EU Energy and Transport in Figures (2003: 2.9.7.).

Francija je začela razvijati svoj jedrski program leta 1945 z ustanovitvijo Komisije za atomsko energijo (*Commissariat a l'Energie Atomique* – CEA). V zadnjih dvajsetih letih so v Franciji vložili v razvoj jedrskega programa več kot 160 milijard ameriških dolarjev, kar je med drugim ustvarilo tudi 100.000 delovnih mest. Danes je v jedrski industriji v Franciji zaposlenih okoli 55.000 ljudi.<sup>15</sup>

V sedemdesetih in osemdesetih letih prejšnjega stoletja se je zaradi reakcije na dve svetovni naftni krizi francoska vlada odločila, da bodo zgradili 44 jedrskih reaktorjev, vsakega z močjo 900 MW. Dve leti po začetku tega programa so se odločili še za dodatnih dvajset reaktorjev po 1.300 MW moči. Leta 2000 je v Franciji delovalo 58 tlačnovodnih reaktorjev<sup>16</sup> s skupno instalirano močjo 63.000 MW.<sup>17</sup>

<sup>15</sup> Profile, Introduction – Nuclear Power in France, Embassy of France in the US, dostopno na medmrežju na <http://www.info-france-usa.org/intheus/nuclear/profile/introduc/foreword.asp>, 9.8.2003.

<sup>16</sup> Obstaja več tipov jedrskih reaktorjev, v svetu so zdaj najbolj razširjeni tlačnovodni.

<sup>17</sup> Profile, Introduction – Nuclear Power in France, Embassy of France in the US, dostopno na medmrežju na <http://www.info-france-usa.org/intheus/nuclear/profile/introduc/foreword.asp>, 9.8.2003.

Začetki izkoriščanja urana za pridobivanje jedrskega goriva v Franciji segajo v leto 1946 in v naslednjih štiridesetih letih so odkrili kar nekaj lastnih zalog. Od leta 1987 proizvodnja urana sicer upada, vendar pa so uporabne rezerve uranove rude ocenjene na približno 12.500 ton. Za primerjavo – leta 1999 so v Franciji izkopal skupaj 439 ton uranove rude.<sup>18</sup> Leta 2001 so z izkopavanjem uranove rude v Franciji prenehali, saj so bile zaloge v zadnjem delujočem rudniku urana Le Bernardan izčrpane.<sup>19</sup>

Francija še vedno pridelava nekaj jedrskega goriva doma v hitrih oplodnih reaktorjih, kjer pridobivajo plutonij 239, ki je poleg urana 238 tudi jedrsko gorivo. Kljub temu pa je Francija v veliki meri odvisna od uvoza uranove rude. Po drugi strani pa je razen uranove rude vsa ostala tehnologija, potrebna za pripravo jedrskega goriva, na voljo v Franciji. Gorivni cikel je namreč sestavljen iz treh faz: iz uranove rude je najprej treba pridobiti uran, ga obogatiti in šele nato ga je mogoče uporabiti kot gorivo v gorivnih elementih za jedrske elektrarne. To pa vključuje tudi predelavo jedrskih odpadkov, MOX gorivo<sup>20</sup> in podobne alternative uranovi rudi, kar hkrati znižuje ceno goriva in zagotavlja večjo stabilnost njegove dobave. S prenehanjem izkoriščanja uranovih rudnikov v Franciji niso prekinili svojega jedrskega programa, prav tako pa električna energija postaja odlično izvozno blago.<sup>21</sup>

## **5. PRIMERJALNA ANALIZA**

### **5.1. UVOD**

Za ustrezno analizo podatkov je treba razumeti strukturo porabe električne energije v dnevu, na kar je vezano tudi razumevanje različnih kvalitet proizvedene električne energije. Poraba

---

<sup>18</sup> World Energy Center, Uranium, dostopno na medmrežju na <http://www.worldenergy.org/wec-geis/publications/reports/ser/uranium/uranium.asp>, 29.7.2003.

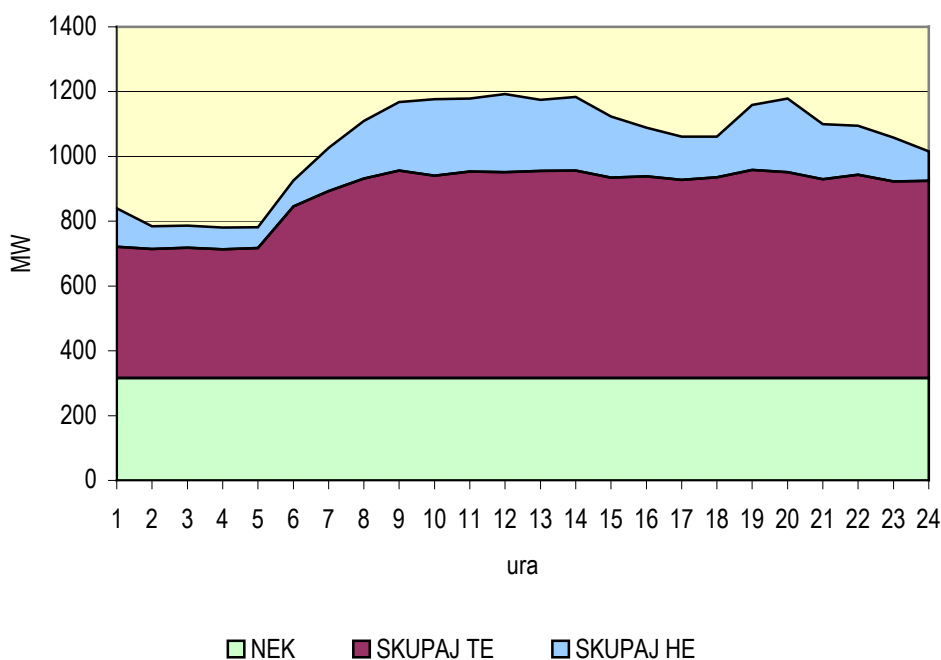
<sup>19</sup> World Energy Center, Uranium, dostopno na medmrežju na <http://www.worldenergy.org/wec-geis/publications/reports/ser/uranium/uranium.asp>, 29.7.2003.

<sup>20</sup> MOX gorivo je mešanica iz urana in plutonija in ga pridelajo s predelavo izrabljenega jedrskega goriva (Slikovni atlas jedrske tehnologije, ICJT, Ljubljana, 2001: 54)

<sup>21</sup> Več o jedrskem gorivu je opisano v poglavju 5.3.

električne energije je namreč enaka proizvodnji, ki ji je prištet uvoz, od vseh pa je odšteta izvoz električne energije, tako da je krivulja porabe podobna krivulji proizvodnje, prikazane na sliki 6, razlikuje se le v razliki med uvozom in izvozom električne energije, kar se ponavadi pozna v bolj izrazitih konicah.

**Slika 6: Shema porabe električne energije v Sloveniji glede na tip elektrarne, v kateri je bila proizvedena, za dan v juliju 1996<sup>22</sup>**



Vir podatkov: MOPE, Urad za energetiko, dokumenti za interno uporabo (18.9.2003)

V osnovi velja, da se poraba deli na pasovno, trapezno in vršno. Pasovna energija je energija, po kateri je povpraševanje konstantno 24 ur na dan vsak dan. To je energija, ki je na primer potrebna za nemoteno delovanje bolnišnic, javno razsvetlavo, najrazličnejše svetlobne signale, razsvetlavo za nočne delavce ter energija za ostale stvari, ki jih potrebujemo ponoči. Kot prikazuje slika 6, je v Sloveniji leta 1996 to bilo okoli 700 MW, torej vsa proizvodnja iz NEK za Slovenijo in večino proizvodnje iz termoelektarn. Trapezna energija je energija, po kateri je povpraševanje v času, ko je večina ljudi aktivna in v službah, pri delu v gospodinjstvih in podobnem. To je energija, ki je potrebna poleg zagotovljene pasovne energije, vendar pa ne zajema nekaj konic, ki predstavljajo še dodatno porabo. To je torej dodatna električna energija. Iz slike 6 je vidno, da je trapezna električna energija tega dne, prikazanega na grafu, predstavljala okoli 300 MW med sedmo uro

<sup>22</sup> Delež NEK je polovica vse proizvodnje NEK, ker je prikazana poraba v Sloveniji in ne proizvodnja (v tem primeru bi bil delež NEK 632 MW in ne 316 MW, polovico proizvodnje iz NEK namreč kupi Hrvaška).

zjutraj in vse do polnoči. Vršna električna energija pa je tista, ki se porabi v krajših konicah v dnevu in za predstavljeni dan v juliju 1996 na sliki 6 je to najlepše vidno med 19 in 20 uro zvečer. Konična ali vršna električna energija dosega med vsemi najvišjo ceno na trgu, vendar pa ne bi pomenila ničesar, če ne bi elektrarne proizvedle tudi pasovne in trapezne energije, ki pokrijeta največji del porabe. Vršno električno energijo ponavadi proizvajajo v hidroelektrarnah, ker so grajene za ta namen.

Različne kvalitete električne energije so izrednega pomena pri analizi uporabnosti posameznega tipa elektrarn. Tako se lahko izkaže, da čeprav bi samo z vidika vplivov na okolje hidroelektrarne bile najboljše izbira, to ne morejo biti zaradi osnovnih zakonitosti porabe električne energije – torej ne proizvajajo pasovne električne energije, ki bi jo glede na porabo potrebovali. V tej analizi bom najprej preučila značilnosti in dostopnost virov v posameznih izbranih državah, nato pa bom ocenila njihov vpliv na okolje, ko so uporabljeni v energetske namene.

## **5.2. FOSILNA GORIVA V VELIKI BRITANIJI**

Znane svetovne zaloge premoga za najmanj petkrat presegajo zaloge nafte in plina. (Novak in Medved, 2000: 14) Glede na ocene zalog premoga v Evropi predstavlja premog 80% vseh fosilnih goriv v EU. Stopnja porabe zalog v primerjavi s stopnjo porabe nafte ali zemeljskega plina pa je veliko nižja in tako glede samih zalog premoga ni bojazni, da bi jih zmanjkalo.

Zaloge premoga v Veliki Britaniji so precejšnje. Ocenjene zaloge črnega premoga so namreč konec leta 1999 znašale 1000 milijonov ton, skupne zaloge črnega premoga v vsej EU istega leta pa so skupaj znašale 24.736 milijonov ton.<sup>23</sup> Tudi številke o zaposlenih v premogovniški industriji v Veliki Britaniji kažejo na to, da so zaloge dobre, saj trenutno zaposlujejo okoli 11.000 ljudi, od tega približno 3000 v globokih rudnikih, ostale pa v dnevnikih kopih.<sup>24</sup> Kljub velikim zalogam premoga v Veliki Britaniji pa je njegova cena precej visoka v primerjavi s ceno premoga v Indoneziji, predvsem zaradi višjih plač delavcev v primerjavi z Indonezijo kot tudi zaradi težje

---

<sup>23</sup> Pri tem je treba upoštevati, da na Nemčijo odpade kar 23.000 milijonov ton črnega premoga. Vir podatkov: World Energy Council, Energy Information – Coal (Including Lignite), dostopno na medmrežju na <http://www.worldenergy.org/wec-geis/publications/reports/ser/coal/coal.asp>, 30.10.2003.

<sup>24</sup> An Overview of the Coal Industry in the UK, dostopno na medmrežju v html obliki na [http://www.dti.gov.uk/energy/coal/uk\\_industry/index.shtml](http://www.dti.gov.uk/energy/coal/uk_industry/index.shtml), 18.9.2003.

dostopnosti nahajališč premoga. Poleg tega je zemeljski plin zaradi že omenjenih razlogov že izrinil premog z mesta najbolj uporabljanega energenta v termoelektrarnah v Veliki Britaniji.<sup>25</sup>

Zaloge zemeljskega plina so seveda tudi omejene, vendar pa so relativno enakomerno razporejene po svetu, ocene zalog pa rastejo približno za en odstotek na leto. Spreminjanje ocen je posledica odkrivanja novih nahajališč plina in tudi tega, da ocene zalog temeljijo na tem, koliko plina je mogoče pridobiti iz določenega nahajališča. Zaradi razvoja tehnologij pridobivanja plina to pomeni, da se lahko ocene zalog enega plinskega polja spremenijo v roku desetih let, saj je bila v tem času razvita boljša tehnologija in je določeno plinsko polje možno bolje izkoristiti.

Kratkoročno gledano so svetovne zaloge plina zelo dobre. Zaloge naj bi trajale, glede na razmerje med porabo in proizvodnjo, vsaj še 60 let, točko praznjenja zalog pa naj bi dosegli čez približno 20 let. (Zelena knjiga, 2000b: 27) Velika Britanija ima lastne zaloge zemeljskega plina v Severnem morju. Leta 1991 so bile te zaloge (dokazane in verjetne) ocenjene na 1.235 milijard kubičnih metrov, leta 2001 pa so imeli še 1.140 milijard kubičnih metrov ocenjenih zalog.<sup>26</sup> Pri trenutni letni porabi 92,3 milijarde kubičnih metrov v letu 1999<sup>27</sup> lahko Velika Britanija računa na vsaj 12 let popolne samozadostnosti.

Plinske termoelektrarne se na ta način lažje zanašajo na stabilnost dobave, kar je izjemno pomembno, saj je cena električne energije, ki jo proizvedejo, v veliki meri povezana s ceno plina. Ker pa je tudi pri plinu uveden prosti trg na območju EU in torej tudi v Veliki Britaniji, je mogoče sklepati, da vsi porabniki zemeljskega plina iz Velike Britanije ne bodo kupovali britanskega plina, če bodo dobili boljšo ponudbo od drugod. Na osnovi te domneve je mogoče reči, da bodo lastne zaloge zemeljskega plina v Veliki Britaniji zadostovale za več kot 12 let.

### 5.3. OBNOVLJIVI VIRI V AVSTRIJI

Očitna prednost obnovljivih virov energije, med katere spada tudi voda, je seveda ta, da so povsod in skoraj vedno dostopni. V primeru Avstrije zaloga vode res ni problem, saj je v veliki

---

<sup>25</sup> Več o tem je napisano v poglavju 2.

<sup>26</sup> National Statistics Online, Oil and Gas Reserves 1991 and 2001, dostopno na medmrežju na <http://www.statistics.gov.uk/STATBASE/Expodata/Spreadsheets/D6492.xls>, 18.9.2003.

<sup>27</sup> World Energy Council, Energy Information, Natural gas, dostopno na medmrežju na <http://www.worldenergy.org/wec-geis/publications/reports/ser/gas/gas.asp>, 28.10.2003.

meri alpska država, kjer so male in velike reke pogoste, v ravninah Zgornje in predvsem Spodnje Avstrije pa, kot že omenjeno, teče skozi državo tudi druga največja evropska reka Donava.

Slaba stran rečnega potenciala je ta, da so pretoki rek odvisni od vremena. Reke se sicer razlikujejo glede na režime,<sup>28</sup> kar je odvisno predvsem od podnebja, kjer tečejo. Za proizvodnjo električne energije je pri pretočnih elektrarnah najbolj idealno, da ima reka skozi vse leto isti optimalen pretok. Nihanja nivojev rek se da nadzorovati s zaježitvami, kar omogoči dokaj konstanten pretok skozi hidroelektrarne. Vseeno pa letni časi vplivajo na količino proizvedene električne energije. Pri zaježitvah rek je treba upoštevati tudi mednarodne pogodbe, ki so sklenjene v primerih rek, ki prestopajo državne meje, kar je v Avstriji, če upoštevamo instalirane moči na posameznih rekah, v večini primerov. V veljavi sta pogodbi, ki določata režime na reki Dravi in na Donavi.<sup>29</sup> Ti režimi določajo minimalne pretoke, ki jih mora Avstrija zagotoviti, kar na primer pomeni, da v primeru suše ne smejo zadržati vse vode v svojih akumulacijskih jezerih, temveč jo morajo spustiti po toku navzdol.<sup>30</sup>

#### **5.4. JEDRSKO GORIVO V FRANCIJI**

Za razliko od zemeljskega plina in ostalih fosilnih goriv, ki so uporabljena kot energenti v konvencionalnih termoelektarnah, pa konvencionalne rezerve urana glede na današnjo tehnologijo in porabo zadostujejo za naslednjih 60 do 260 let svetovnega povpraševanja. Ocene zalog so odvisne od cene in verjetnosti najdbe rude. Če pri ocenah upoštevamo tudi kombinirane reaktorje, potem ta zaloga pri današnji porabi zadostuje za več kot 3.000 let. Glede na vedno bolj izpopolnjeno tehnologijo in vedno nove inovacije je treba pri nekonvencionalnih rezervah jedrskega goriva upoštevati tudi torij, nekatere fosfate in morsko vodo, kar poveča razpon zalog na kar 66.000 let. Proizvodnja jedrskega goriva, merjeno v energijskih vrednostih, zelo presega proizvodnjo vseh ostalih virov, čeprav glede na količino rude, merjeno v tonah, tega ni videti. Uran je namreč izjemno energijsko bogat, saj po energijski vrednosti 1 kg uranovega dioksida

---

<sup>28</sup> Rečni režim – povprečno spreminjanje višine vodne gladine reke med letom (SSKJ, 1997).

<sup>29</sup> Sporazum med vlado FLRJ in zvezno vlado Republike Avstrije o vodnogospodarskih vprašanjih, ki se tičejo Drave, je bil podpisan 25.5.1954 in ga je Slovenija nasledila. Sporazum med FLRJ in Republiko Avstrijo o vodnogospodarskih vprašanjih mejnega toka Mure in obmejnih voda Mure je bil podpisan 7.5.1955 in ga je Slovenija nasledila. Konvencija o trajnostni rabi in varovanju reke Donave je bila podpisana 29.6.1994. Slovenija je podpisnica vseh treh mednarodnih pogodb (podani datumi so datumi slovenskega podpisa).

<sup>30</sup> Takim akumulacijam pravimo pretočne akumulacije, ker jezera za jezovi elektrarn služijo predvsem kot dnevni rezervoarji vode in ne dolgoročno.

(3,2% obogatena) predstavlja isto energijo, kot bi jo dobili iz kar 84 ton premoga ali 58 ton kurilnega olja.<sup>31</sup>

Upoštevati je treba tudi, da so zaloge jedrskega goriva enakomerneje razporejene po svetu, kot je, recimo, nafta. Nahajališča urana so namreč tako v Avstraliji, Kanadi in Združenih državah Amerike kot tudi v Kazahstanu, Uzbekistanu, Južni Afriki, Braziliji in Rusiji.<sup>32</sup> Prav tako lahko za zaloge urana štejemo tudi visoko oplemeniten uran, ki je bil nekdanj uporabljen za jedrsko orožje. Ker za pridobivanje električne energije zadostuje nizko oplemeniten uran, je torej ta vir tudi mogoče upoštevati, vendar z rezervo, ker so viri tega urana zelo različni.

Stanje na trgu ne obeta skokovitega porasta cen urana. Leta 1984, ko so na trg prišle precejšnje količine urana iz zalog bivše Sovjetske zveze, kot tudi urana, ki ni bil porabljen za obrambne namene, so cene zaradi preseganja povpraševanja padle in ostale relativno nizke. Cene urana so tako po letu 1986 padle z okoli 100 evrov za kilogram urana na okoli 30 evrov v letu 1996 in ostale dokaj stalne. Leta 2002 je povprečna cena za kilogram urana v uranovem oksidu ( $U_3O_8$ ) v dolgoročnih pogodbah članic Euratoma<sup>33</sup> znašala 34 evrov. (ESA Annual Report 2002: 23)<sup>34</sup>

Euratom sicer svojim članicam predlaga, da imajo shranjeno vsaj enoletno zalogo rude, pa tudi, da imajo podpisanih več dolgoročnih pogodb z različnimi primarnimi dobavitelji. To naj bi zagotavljajo dokaj stabilno dobavo uranove rude, kar je pogoj za zagotovitev nemotene oskrbe porabnikov z električno energijo v Franciji (ostali del gorivnega cikla izvedejo v sami Franciji).

## 5.5. VPLIVI NA OKOLJE

Za primerjavo podatkov o obremenitvi okolja v različnih državah je treba izbrati indikatorje, ki jih lahko primerjamo. Kot najbolj indikativen podatek sem izbrala emisije ogljikovega dioksida ( $CO_2$ ) kot toplogrednega plina,<sup>35</sup> hkrati pa so vse izbrane države kot tudi Slovenija podpisnice Kyotskega protokola.<sup>36</sup>

---

<sup>31</sup> Električna energija iz jedrskih elektrarn, Ura iz fizike, dostopno na medmrežju na <http://www2.ijs.si/~icjt/djs/kakoje/uvod2.html#cepitev>, 30.10.2003.

<sup>32</sup> World Energy Council, Energy Information, Uranium, dostopno na medmrežju na <http://www.worldenergy.org/wec-geis/publications/reports/ser/uranium/uranium.asp>, 28.10.2003.

<sup>33</sup> Euratom – Evropska skupnost za atomsko energijo (*European Atomic Energy Agency*)

<sup>34</sup> Dodatne informacije o jedrskem gorivu so podane tudi v poglavju 6.3.

<sup>35</sup> Učinek tople grede je segrevanje Zemljinega ozračja, ker določeni toplogredni plini v atmosferi (ogljikov dioksid, metan, vodna para, dušikovi oksidi in drugi) zadržujejo infrardeče (toplotno) sevanje Sonca in Zemlje v Zemljini atmosferi. Brez teh plinov bi toplota "ušla" v vesolje in Zemlja bi bila hladen planet. Problem nastane zaradi prekomernega segrevanja ozračja, kar imenujemo globalno segrevanje. Globalno segrevanje je del podnebnih

Glede na to, da je **Velika Britanija** država s prevladujočo proizvodnjo električne energije iz fosilnih goriv, je mogoče kot rezultat takšnega načina proizvodnje pričakovati tudi velik izpust toplogrednih plinov. Seveda za večino obremenjujočih plinov in ostalih stranskih produktov pri izgorevanju fosilnih goriv v termoelektrarnah obstajajo filtri, kot so filtri za razžveplevanje in lovilci prašnih delcev. Za izpust ogljikovega dioksida pa filtri ne obstajajo. Vseh izpustov CO<sub>2</sub> tudi ni mogoče pripisati proizvodnji električne energije v termoelektrarnah. Vendar pa so termoelektrarne odgovorne za približno tretjino do polovico izpustov CO<sub>2</sub>.<sup>37</sup>

Po podatkih Združenja za elektroenergetiko v Veliki Britaniji (*Electricity Association – EA*) je opazno zmanjšanje emisij CO<sub>2</sub> iz elektrogospodarstva v zadnjih dvajsetih letih. Leta 1980 so emisije ogljika<sup>38</sup> v elektrogospodarstvu znašale 58 Mt, medtem ko so leta 1999 znašale le še 39 Mt. Povezano s podatki, predstavljenimi na sliki 2, lahko sklepamo, da je to posledica večje uporabe zemeljskega plina v termoelektrarnah ob hkratnem zmanjševanju deleža premoga. V primerjavi z izgorevanjem premoga so namreč emisije CO<sub>2</sub> po podatkih ameriške Agencije za energetske informacije (*Energy Information Agency - EIA*) skoraj za polovico nižje pri izgorevanju zemeljskega plina.<sup>39</sup> Ne glede na to pa proizvodnja električne energije v Veliki Britaniji še vedno predstavlja enega večjih onesnaževalcev okolja s CO<sub>2</sub>.

---

sprememb in je posledica prevelike koncentracije toplogrednih plinov v ozračju. Tako stanje povzroča človek s svojim delovanjem (predvsem z uporabo fosilnih goriv). Posledice prekomernega segrevanja ozračja lahko v najhujšem primeru pripeljejo tudi do taljenja polarnega ledu, ekstremnih vremenskih razmer in podobnega. Več o tem je napisano na spletnih straneh ameriške Agencije za varovanje okolja (Environmental Protection Agency - EPA) na <http://www.epa.gov/globalwarming/kids/gw.html>, <http://www.epa.gov/globalwarming/kids/greenhouse.html>, 30.10.2003; tudi na Nucleus 1, 2000, glasilo jedrskih strokovnjakov Slovenije, na <http://cathy.ijs.si/~icjt/djs/nucleus/nuc001.html>, 30.10.2003.)

<sup>36</sup> Kot že povedano, so vse države članice EU obvezane spoštovati obveze, ki so jih sprejele s podpisom Protokola, saj jih k temu obvezuje Sklep Sveta EU št. 2002/358/EC o izpolnjevanju obvez iz Kyotskega protokola.

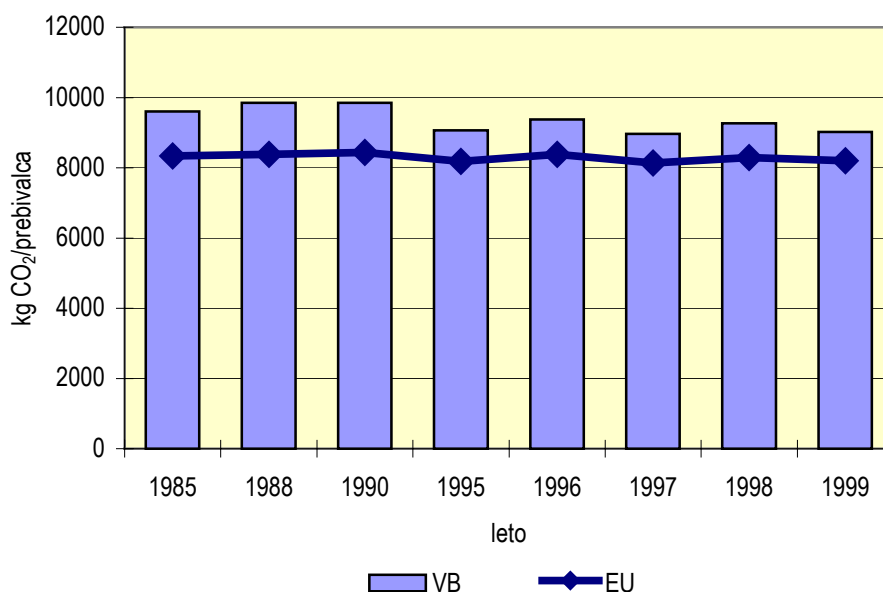
<sup>37</sup> Electricity Association: *The UK Electricity Industry and the Environment 2000*, dostopno na medmrežju na [http://www.electricity.org.uk/media/documents/pdf/elec\\_and\\_env\\_report\\_00.pdf](http://www.electricity.org.uk/media/documents/pdf/elec_and_env_report_00.pdf), 27.7.2003.

<sup>38</sup> Emisije CO<sub>2</sub> izračunavajo na podlagi podatkov o vsebnosti ogljika in zato so ponekod podani podatki o emisijah samega ogljika in ne CO<sub>2</sub>. Ker so emisije CO<sub>2</sub> premo sorazmerno vezane na emisije samega ogljika, je tudi ta podatek merodajen.

<sup>39</sup> Emisije CO<sub>2</sub> pri izgorevanju premoga dosega 962 kg CO<sub>2</sub> na proizvedeno kWh, medtem ko so te emisije pri zemeljskem plinu 579 kg CO<sub>2</sub>/kWh. Podatki dostopni na medmrežju na [http://www.eia.doe.gov/cneaf/electricity/page/co2\\_report/co2report.html#table\\_4](http://www.eia.doe.gov/cneaf/electricity/page/co2_report/co2report.html#table_4), 30.10.2003.



Slika 7: Emisije CO<sub>2</sub> na prebivalca v Veliki Britaniji in primerjava s povprečjem v EU



Vir podatkov: EU Annual Energy Review 2001 (2002: 79, 95).

Emisije CO<sub>2</sub> na prebivalca so pomemben pokazatelj izboljšanja oziroma poslabšanja razmer v elektrogospodarstvu na področju varovanja okolja glede na visok delež, ki ga ima elektrogospodarstvo pri skupnih emisijah določene države. Iz podatkov skupnih emisij CO<sub>2</sub> in podatkov o številu prebivalstva, ki so povsod zbrani po isti metodologiji, lahko izračunamo med seboj primerljive podatke. Posebej je to pomembno tudi zato, ker nas zanima primerjava različnih držav med seboj, ki jo z uporabo takih podatkov lahko izvedemo. Ker pa se države med seboj razlikujejo po velikosti in številu prebivalcev, moramo pogledati emisije na prebivalca, če želimo dobiti primerljive podatke (glej sliko 7). Tudi tukaj je opazno znižanje emisij in sicer z 9600 kg na osebo leta 1985 na 8963 kg na osebo v letu 1997. Vendar pa je, kot se vidi na prikazu, količina emisij na prebivalca v primerjavi s povprečjem za EU še vedno visoka.

Zmanjšanje emisij v Veliki Britaniji je pogojeno tudi s Konvencijo o klimatskih spremembah iz leta 1992 iz Rio de Janeira in seveda s Kyotskim protokolom k tej konvenciji iz leta 1997. V protokolu se je Velika Britanija zavezala, da bo med letoma 2008 in 2012 zmanjšala emisije šestih toplogrednih plinov za 12,5% glede na emisije iz leta 1990. Tako so termoelektrarne podvržene strožjim predpisom, rezultat tega pa je že viden iz podatkov o emitiranih količinah ogljika in posledično CO<sub>2</sub>.

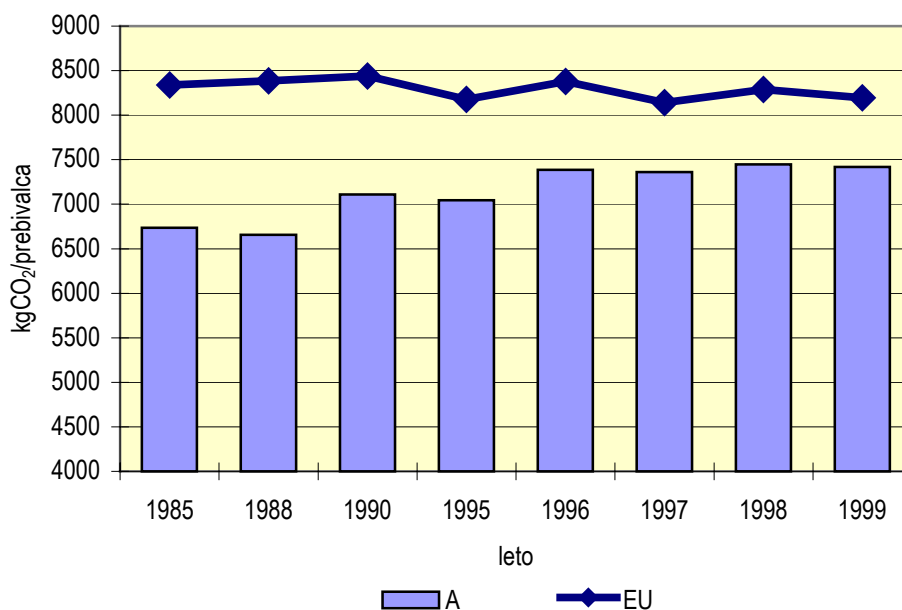
Glede na to, da ima **Avstrija** tolikšen delež hidroelektrarn, bi bilo mogoče sklepati, da bodo emisije CO<sub>2</sub> nizke. Dobrih 65% električne energije je res pridobljenih v hidroelektrarnah in te pri

delovanju ne povzročajo nobenih emisij toplogrednih plinov niti drugače negativno ne vplivajo na okolico, ko so enkrat zgrajene. Ob izgradnji se v okolici seveda spremeni višina podtalnice in med drugim se je treba odločiti tudi, katere doline se splača poplaviti ter kako se bo reševal problem zaprodovanja in zamuljevanja akumulacijskih jezer. Toda dejstvo je, da hidroelektrarne pri svojem delovanju ne proizvajajo CO<sub>2</sub>.

Absolutno gledano ima Avstrija res izjemno malo emisij CO<sub>2</sub>, čeprav so iz 50 Mt v letu 1985 narasle na 60 Mt v letu 1999. (EU Annual Energy Review 2001: 81) Trend naraščanja emisij se umirja, vendar so se emisije zviševale vsako leto med 1985 in 1999. Avstrija se je v Kyotskem protokolu zavezala, da bo v obdobju med letoma 2008 in 2012 svoje emisije toplogrednih plinov zmanjšala na 92% raven iz leta 1990 ali natančneje na 50,6 Mt CO<sub>2</sub>.

Vendar pa je slika drugačna, če na problem pogledamo še z drugega zornega kota, torej količine emisij CO<sub>2</sub> na prebivalca. Na prebivalca Avstrije sicer pride manj emisij ogljikovega dioksida kot v povprečju v EU, vendar pa količine emisij naraščajo. V zadnjih dveh letih se je rast sicer umirila, vendar je še vedno opazna. Medtem ko je trend emisij CO<sub>2</sub> na prebivalca v EU v upadanju, pa v Avstriji emisije na prebivalca vsako leto naraščajo. Podatki so predstavljeni na sliki 8.

**Slika 8: Emisije CO<sub>2</sub> na prebivalca v Avstriji in EU**



Vir podatkov: EU Annual Energy Review 2001 (2002: 79, 81).

Jasno je videti, da je prednost, ki jo je Avstrija leta 1985 imela v manjši količini oddanega ogljikovega dioksida v ozračje med letoma 1985 in 1999, počasi plahnela. Medtem ko je bila razlika leta 1985 še 1605 kg CO<sub>2</sub> na prebivalca, pa je bila ta razlika leta 1999 samo še 775 kg CO<sub>2</sub> na prebivalca. Rast emisij CO<sub>2</sub> gre pripisati predvsem povečanju proizvodnje električne energije v termoelektrarnah, ki so posledica povečanega povpraševanja po električni energiji, in dejstva, da je vodni potencial v Avstriji že dodobra izkoriščen in torej porabe ni več mogoče pokriti z gradnjo novih hidroelektrarn.

Izpusti toplogrednih plinov pa niso najbolj pereč problem onesnaževanja pri jedrskih elektrarnah in seveda v **Franciji**, saj teh pri delovanju elektrarne sploh ne proizvajajo. Obstaja pa nevarnost sevanja, ki bi lahko iz elektrarne prišlo v okolje in škodovalo tako ljudem kot vsem ostalim živim bitjem. Varnost jedrskih elektrarn je tako na prvem mestu že pri pripravi projekta, saj nobena morebitna nesreča ne sme povzročiti nikakršnih ali pa le zelo majhne radiološke posledice. Za razliko od termoelektrarn, kjer je obremenjevanje okolja vsakodnevna realnost, gre pri jedrski elektrarni za sicer resnejšo, a vseeno zgolj potencialno obremenitev.

Pri ocenjevanju vpliva jedrskih elektrarn na okolje je treba upoštevati tudi odlagališča radioaktivnih snovi. Glede visoko radioaktivnih odpadkov za enkrat še ni dokončne rešitve predvsem zaradi političnih razlogov. Tako ni nikjer na svetu operativnega stalnega odlagališča visoko radioaktivnih odpadkov in ni pričakovati, da bo tako odlagališče obratovalo pred letom 2010.<sup>40</sup> Mednarodna konvencija o ravnanju z jedrskimi odpadki<sup>41</sup> izvoza radioaktivnih odpadkov ne prepoveduje,<sup>42</sup> je pa v veliko državah z notranjo zakonodajo prepovedan uvoz takšnih odpadkov. Na splošno je sprejeto načelo, da je vsaka država dolžna poskrbeti za svoje odpadke. V skladu s tem tudi v Franciji pripravljajo svoje projekte za stalno odlagališče visoko radioaktivnih odpadkov.<sup>43</sup>

---

<sup>40</sup> World Nuclear Association, Nuclear Waste Management, dostopno na <http://www.world-nuclear.org/education/wast.htm>, 23.4.2004.

<sup>41</sup> Skupna konvencija o varnosti ravnanja z izrabljenim gorivom in varnosti ravnanja z radioaktivnimi odpadki (sprejeta 5.9.1997 na Dunaju, objavljena v UL RS-MP, št. 3/99)

<sup>42</sup> Določa pa pogoje, ki morajo biti zagotovljeni, da se taki odpadki lahko izvozijo.

<sup>43</sup> ANDRA, Three Branches of Activity, dostopno na medmrežju [http://www.andra.fr/interne.php?id\\_rubrique=117](http://www.andra.fr/interne.php?id_rubrique=117), 10.2.2004.

Odlagališča za nizko in srednje radioaktivne odpadke pa že obstajajo. V uporabi sta dve tehnični rešitvi: podzemno in pripovršinsko odlagališče.<sup>44</sup> Pripovršinski način skladiščenja uporabljajo tudi v Franciji. Odlagališče Le Manche, ki je sprejelo 500.000 m<sup>3</sup> odpadkov, je delovalo od leta 1969 do 1994. Radioaktivno sevanje v okolici odlagališča ne presega naravnega sevanja. Od leta 1992 deluje drugo centralno odlagališče v Franciji: Centre Aube, kjer bodo lahko odložili kar 1.000.000 m<sup>3</sup> radioaktivnih odpadkov.<sup>45</sup>

Za upravljanje z radioaktivnimi odpadki je v Franciji zadolžena centralna agencija ANDRA (*Agence Nationale pour la gestion des Dechets Radioactifs*). Tudi obe odlagališči spadata pod njeno pristojnost. Poleg tega so zadolženi tudi za razvoj projektov za globinsko odlaganje visoko radioaktivnih odpadkov in za določitev lokacij za odlagališča.

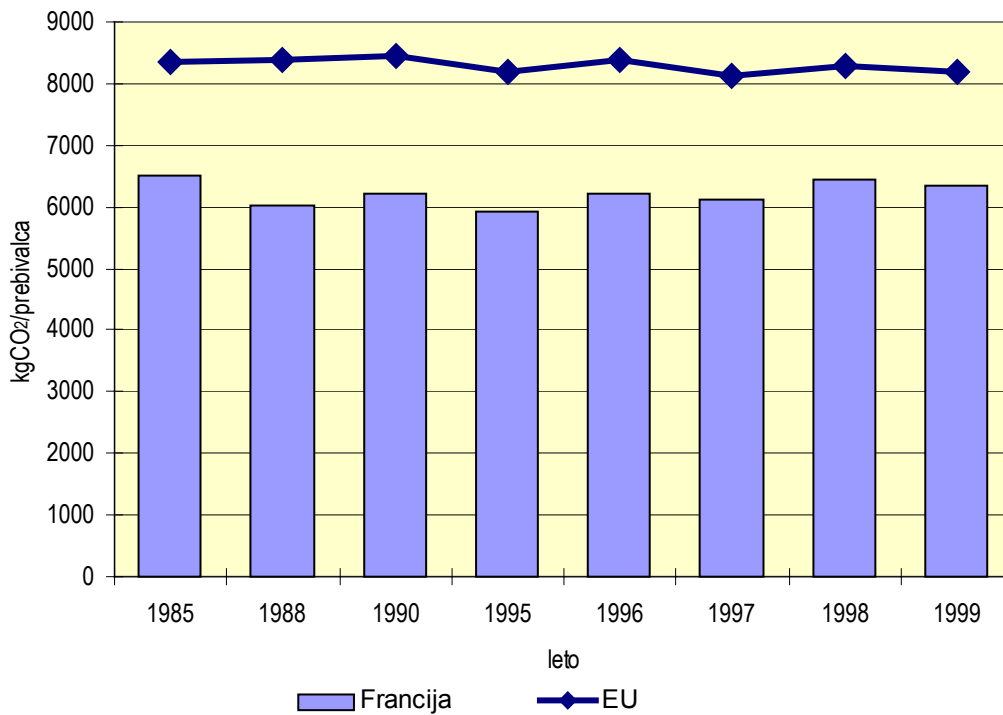
Emisije CO<sub>2</sub> so v Franciji dokaj stalne, okoli 350 Mt CO<sub>2</sub> na leto. (EU Annual Energy Review 2001: 85) S Kyotskim protokolom se je Francija zavezala, da bo v obdobju od 2008 do 2012 znižala emisije toplogrednih plinov na 92% emisij iz leta 1990. Do leta 1999 je pri emisijah CO<sub>2</sub> le-te povečala skupaj za 23 Mt. Emisije CO<sub>2</sub> na prebivalca v Franciji v primerjavi s povprečjem emisij CO<sub>2</sub> na prebivalca celotne EU so predstavljene na sliki 9.

---

<sup>44</sup> Pri pripovršinskem odlagališču najprej izkopljejo nekaj metrov globoko jamo, kjer na podlagi iz nepropustnega materiala izdelajo betonsko ploščo. Na tej plošči so zgrajeni bazeni, kamor vložijo betonske bloke, ki so sestavljeni iz sodov radioaktivnih odpadkov, zalitih z betonom. Ko je bazen poln, ga pokrijejo z novo betonsko ploščo in zasujejo z nekaj metri ilovice in zemlje. Pri tem je seveda treba poskrbeti tudi za drenažo možnih voda, ki bi pritekale v odlagališče. Za to zgradijo še poseben nadzorovan bazen. (Slikovni atlas jedrske tehnologije, 2001: 49) Za podzemno odlagališče pa na izbrani lokaciji izkopljejo rove, podobne rudniškimi, kamor zložijo sode z radioaktivnimi odpadki, ki so jih prej zaliji z betonom v betonske vsebnike. Rove na koncu zasujejo z materialom, ki ne prepušča vode. (Slikovni atlas jedrske tehnologije, 2001: 50) Obe odlagališči sta enaki v tem, da vanje shranjujejo betonske bloke, v katerih so zaliti stisnjeni sodi z nizko in srednje radioaktivnimi odpadki. Razlikujeta se samo v tem, kako globoko so ti bloki zakopani. Ko je odlagališče enkrat polno in zaprto, je v okolici potreben še ustrezen nadzor. (Slikovni atlas jedrske tehnologije, 2001: 52)

<sup>45</sup> ANDRA, The Manche waste disposal facility, dostopno na [http://www.andra.fr/interne.php3?id\\_rubrique=112,10.2.2004](http://www.andra.fr/interne.php3?id_rubrique=112,10.2.2004).

Slika 9: Emisije CO<sub>2</sub> na prebivalca v Franciji in v EU

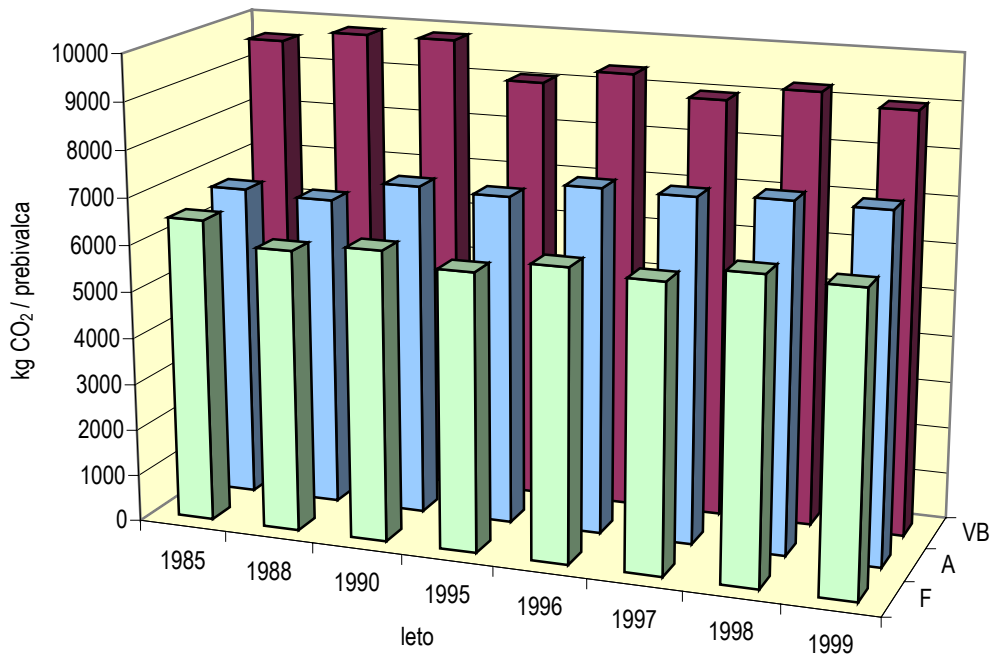


Vir podatkov: EU Annual Energy Review 2001(2002: 79, 85).

Kot je videti, so se emisije od leta 1985 do leta 1999 zmanjšale iz 6511 kg CO<sub>2</sub> na prebivalca na 6358 kg CO<sub>2</sub> na prebivalca. Povprečje v EU za isto obdobje je namreč bilo 8339 kg CO<sub>2</sub> na prebivalca leta 1985 in 8196 kg CO<sub>2</sub> na prebivalca leta 1999.

Primerjava emisije CO<sub>2</sub> na prebivalca v izbranih državah je predstavljena na sliki 10.

**Slika 10: Emisije CO<sub>2</sub> na prebivalca v izbranih državah**



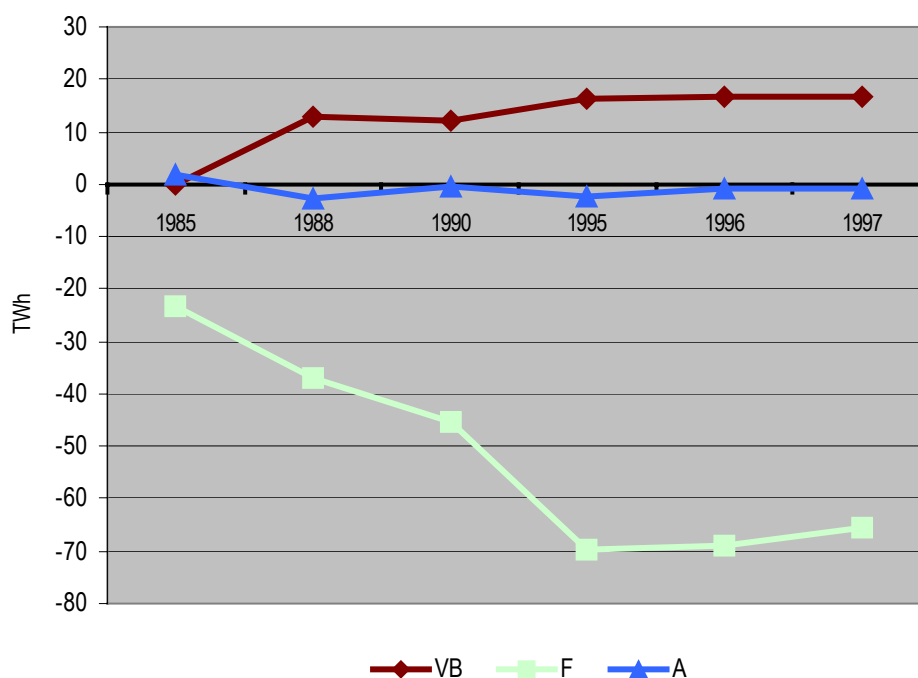
Vir podatkov: EU Annual Energy Review 2001 (2002: 81, 85, 95).

Velika Britanija ima glede na svojo veliko porabo fosilnih goriv pričakovano največ emisij ogljikovega vodika na prebivalca. Po drugi strani ima Francija najnižje emisije glede na prebivalca. Presenetljivo pa je, da ima Avstrija dokaj velik delež emisij CO<sub>2</sub> na prebivalca, saj pridobiva večino električne energije iz obnovljivih virov. Opaziti je tudi določeno zmanjšanje emisij v Veliki Britaniji in Franciji ter povečevanje emisij pri Avstriji. Zmanjšanje emisij v Veliki Britaniji gre pripisati predvsem dejstvu, da premog v procesu pridobivanja električne energije zamenjuje zemeljski plin, ki ima veliko boljši izkoristek in precej nižje emisije CO<sub>2</sub>. Vendar pa se na manjše emisije CO<sub>2</sub> zaradi izkoriščanja zemeljskega plina ne gre zanašati. Ob povečanem povpraševanju po električni energiji in s tem povečani porabi zemeljskega plina bodo emisije CO<sub>2</sub> presegle razliko, ki bi nastala zaradi manjše uporabe premoga. Zmanjšanje emisij v Franciji gre delno pripisati tudi zamenjavi goriv, saj v tej državi opuščajo proizvodnjo v termoelektrarnah in povečujejo proizvodnjo v jedrskih elektrarnah. V nasprotju s tem pa lahko v primeru Avstrije dvig emisij pripišemo povečanju proizvodnje električne energije v termoelektrarnah. Če tudi te uporabljajo zemeljski plin in ne premoga, so emisije večje, kot bi bile pri uporabi obnovljivih virov.

## 5.6. ENERGIJSKA (NE)ODVISNOST

Povečane zmogljivosti termoelektrarn ne pomenijo samo povečane proizvodnje električne energije, saj termoelektrarne hkrati delujejo tudi kot centri za ogrevanje bližnjih naselij. Tako je izkoristek energije največji in energetska učinkovitost večja. Porabo električne energije se da seveda pokriti tudi z uvozom električne energije od drugod. Vendar pa vsak uvoz primarne ali sekundarne energije poleg prednosti (zadostitev povpraševanja) prinaša s seboj tudi negativne strani, kot je odvisnost od uvoza. Neto uvoz električne energije v izbranih državah je prikazan na sliki 11, kjer pozitivne vrednosti predstavljajo uvoz, negativne pa izvoz električne energije.

Slika 11: Neto uvoz električne energije v izbranih državah



Vir podatkov: EU Annual Energy Review 2001 (2002: 81, 85, 95).

Glede na to, da je na sliki 11 predstavljen neto uvoz električne energije in ob predpostavki, da je poraba električne energije vseh porabnikov v določeni državi pokrita, je uvoz oziroma izvoz električne energije tudi prikaz presežka proizvodnje električne energije. Če proizvodnje presežkov električne energije obravnavamo v povezavi z emisijami CO<sub>2</sub> na prebivalca za določeno državo, lahko vidimo, da so v Veliki Britaniji sicer uspeli zmanjšati te emisije, vendar na račun zmanjšanja proizvodnje oziroma s povečanim uvozom električne energije. V Avstriji sicer vzdržujejo proizvodnje električne energije bolj ali manj v skladu z domačo porabo, vendar le-ta narašča v skladu s povečanim povpraševanjem, za zagotavljanje zadostne količine električne energije pa

morajo zvečati njeno proizvodnjo. Posledica povečanega proizvodjanja električne energije v termoelektrarnah pa so povečane emisije ogljikovega dioksida na prebivalca. V nasprotju pa v Franciji kljub izjemno povečani proizvodnji električne energije uspešno zmanjšujejo tudi emisije toplogrednih plinov. Situacija je taka predvsem zaradi različnih virov, ki jih v državah uporabljajo za pridobivanje električne energije in njihovih lastnosti.

Električna energija je dobro plačano blago, saj cene dosegajo vrednosti okoli 45 evrov za MWh<sup>46</sup> v dnevih brez posebnosti, medtem ko v času, ko električne energije primanjkuje, dosega tudi ceno do 650 evrov za MWh<sup>47</sup>. Ekonomsko gledano je torej očitno, da je elektrarna, ki ni odvisna od vremenskih pogojev in ima nizke variabilne stroške, v veliki prednosti pred drugimi. Kot je videti iz prikazanih podatkov na sliki 11, imajo v Franciji presežke električne energije.

Odvisnost od uvoza energetskih virov pa ni problem samo vseh opisanih držav, temveč celotne EU. Ob nespremenjenih trendih v naslednjih 20-ih do 30-ih letih naj bi namreč po napovedih generalnega direktorata za energijo in transport odvisnost EU kot celote od uvoza energetskih virov v povprečju narasla na 70% odvisnost v primarni energetski bilanci, v primeru nafte pa kar na 90%. Odvisnost od uvoza pa hkrati pomeni izredno ranljivost, ki je še posebej pereča v primerih, ko so nahajališča določenega energetskega vira omejena na eno ali samo nekaj področij sveta, še posebej, če gre za krizna žarišča. (Zelena knjiga 2000b: 1)

## 5.7. UGOTOVITVE

V izbranih državah električno energijo proizvajajo iz različnih virov. V Veliki Britaniji prevladujeta dva fosilna vira – premog in zemeljski plin, čeprav prevladujočo vlogo dobiva zemeljski plin, saj so emisije CO<sub>2</sub> pri izrabi zemeljskega plina v energetske namene za polovico manjše kot pri izrabi premoga. V Avstriji sicer prevladujejo obnovljivi viri energije, predvsem vodni, vendar pa je precejšen tudi delež termoelektrarn na fosilna goriva, kar se delno pozna tudi pri stopnji rasti emisij CO<sub>2</sub>. Vodni potencial je v veliki meri že izkoriščen in dodatne proizvodne kapacitete so lahko le termoelektrarne ali drugi obnovljivi viri energije. Izkoriščanje slednjih zaradi stanja tehnike še ne zagotavlja stalne in kakovostne oskrbe z električno energijo. Tako morajo v Avstriji izkoriščati fosilna goriva, vendar s tem prispevajo tudi k rasti svojih emisij CO<sub>2</sub>.

---

<sup>46</sup> Cena za 1 MWh med 11:00 in 14:00 uro na dan 3.6.2004 na evropski borzi za električno energijo v Leipzigu v Nemčiji. European Energy Exchange, dostopno na medmrežju <http://www.eex.de/>, 2.6.2004.

<sup>47</sup> Povprečne cene za leto 2003, Združenje evropskih borz z električno energijo. Europex, [http://www.europex.org/images/Market\\_Results.pdf](http://www.europex.org/images/Market_Results.pdf), 2.6.2004.



Prav tako kot v Avstriji imajo tudi v Franciji podpovprečne<sup>48</sup> količine emisij CO<sub>2</sub>, vendar pa za razliko od Avstrije količina emisij v Franciji ostaja konstantna oziroma se celo zmanjšuje. Glede na to, da v elektrogospodarstvu zaradi prevladujoče uporabe jedrskih elektrarn ne beležijo veliko emisij CO<sub>2</sub>, gre zmanjševanje pripisati drugim sektorjem. Iz podatkov je jasno videti, da je od predstavljenih elektrarn, gledano s stališča emisij CO<sub>2</sub>, za okolje najmanj obremenjujoča jedrska elektrarna. Prav tako je iz podatkov, predstavljenih na sliki 11, vidno, da so edini neto izvozniki električne energije v Franciji, saj je proizvedejo dovolj tudi v sušnih letih in hkrati niso omejeni s kvotami glede emisij CO<sub>2</sub>, kar pomeni, da so v prednosti tako glede ekonomskega vidika kot tudi z vidika zagotavljanja energijske neodvisnosti države. Jedrska opcija se torej kaže kot izredno ugodna. Seveda pa je treba vpliv na okolje oceniti širše, ne samo z emisijami CO<sub>2</sub>. Podrobne vplive posamezne elektrarne na okolje bom obravnavala na primerih slovenskih elektrarn.

## 6. ELEKTROENERGETSKA SLIKA SLOVENIJE

Slovenija je od leta 1991 polnopravna članica UCTE (*L'Union pour la Coordination de la Transport de l'Electricite*), Združenja za koordinacijo transporta električne energije. "Vsak sistem, vključen v interkonekcijo UCTE, mora pokrivati potrebe svojih porabnikov. Poleg tega mora imeti dovolj rotirajoče rezerve za takojšnje pokritje izpada največjega agregata v sistemu, pa tudi dovolj hladne rezerve za pokrivanje sezonskih nihanj porabe. Biti pa mora sposoben izravnati porabo in proizvodnjo električne energije, torej imeti mrežno regulacijo moči." (TEŠ, letno poročilo 1999: 24) To na kratko pomeni, da mora Slovenija zagotavljati dovolj električne energije za domačo porabo, poleg tega pa mora imeti zraven delujočih elektrarn tudi dovolj rezervne moči, ki jo je mogoče hitro pognati v primeru izpada katerega od delujočih agregatov. Najprimernejše za take rezerve so termoelektrarne, ker se jih da najhitreje pognati, saj so zaloge goriva neposredno na voljo in torej niso odvisne od vremenskih pogojev, kot to velja za hidroelektrarne, oziroma so drugače zgrajene kot jedrske elektrarne, ki so projektirane za konstantno obratovanje.

V Sloveniji imamo osem velikih elektrarn, od tega so tri verige hidroelektrarn<sup>49</sup>, in sicer na Dravi, Savi in Soči, štiri termoelektrarne v Šoštanju, Trbovljah, Ljubljani in Brestanici ter ena jedrska elektrarna v Krškem. V teh elektrarnah so leta 2001 skupaj proizvedli 14.327 GWh električne energije, od tega je bilo 4.810 GWh proizvedenih v termoelektrarnah, 3.733 GWh v

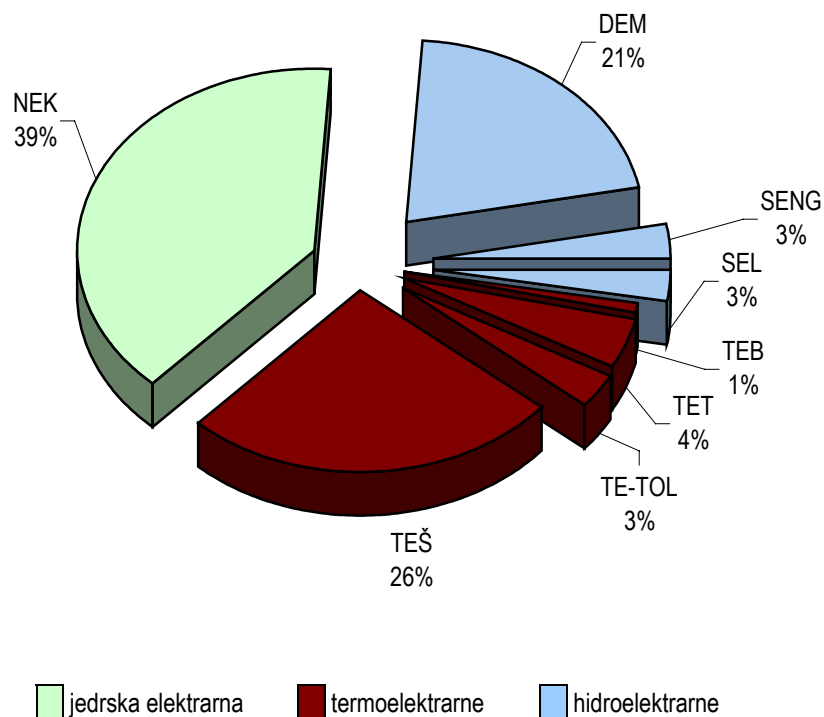
---

<sup>48</sup> Povprečje EU-15, kot je predstavljeno na slikah 7, 8 in 9.

<sup>49</sup> Verige hidroelektrarn se obravnavajo kot ena elektrarna, ker tako tudi delajo: eno podjetje upravlja eno verigo hidroelektrarn ter ima enoten center vodenja za vse hidroelektrarne na reki.

hidroelektrarnah, 5.030 GWh električne energije pa je bilo proizvedene v jedrski elektrarni v Krškem. Kot lahko vidimo iz tega podatka, je proizvodnja električne energije v Sloveniji približno enakomerno deljena na tri osnovne vire energije: premog, vodo in jedrsko gorivo. Slika 12 prikazuje shemo razdelitve proizvajalcev električne energije glede na vir in na proizvedeno električno energijo za leto 2001.

**Slika 12: Proizvodnja električne energije glede na vir v Sloveniji leta 2001**



Vir podatkov: Statistični letopis slovenskega elektrogospodarstva (2002: 129).

Razlogov za sedanjo uravnoteženo sliko slovenskega elektrogospodarstva je več, vse pa gre iskati v načrtovanju elektroenergetskega sistema nekdanje Jugoslavije. Po drugi svetovni vojni elektroenergetski sistemi med sabo niso bili povezani, ne med republikami in ne med državami. Zaradi tega, pa tudi zaradi usmerjenosti slovenske industrije v panoge, ki so zahtevale učinkovitejšo dobavo električne energije, kot so na primer avtomobilska industrija, proizvodnja jekla višjega kakovostnega razreda ter predelovalna industrija, je bilo racionalno graditi lastne proizvodne vire. Pri načrtovanju elektrarn je bilo treba upoštevati optimum pri ceni in kriterij nadomeščanja energentov med sabo, da slovensko elektrogospodarstvo in posledično celotna industrija ne bi bila odvisna od enega samega energenta. Tako so najprej začeli graditi

hidroelektrarne na Dravi, kjer je že od 1918 obratovala HE Fala, med drugo svetovno vojno pa so Nemci zgradili še dve, in sicer HE Dravograd in HE Mariborski otok,<sup>50</sup> ter na zgornji Savi. Temu so sledile termoelektrarne ob nahajališčih premoga (TE Šoštanj je bila zgrajena ob rudniku liginta v Velenju<sup>51</sup>, TE Trbovlje pa ob enem od rudnikov takratnega podjetja Rudniki rjavega premoga Slovenije, ki je združevalo rudnike v Zasavju<sup>52</sup>), nato pa je leta 1983 sledila tudi jedrska elektrarna kot rezultat političnih teženj jugoslovanskega vodstva po lastnem jedrskem programu.

V nadaljevanju bom obravnavala vsak tip elektrarn posebej in jih na koncu primerjala s sklepi analiz proizvodnje električne energije v izbranih državah. Pri tem bom upoštevala iste elemente primerjave kot pri izbranih državah: dostopnost virov in vplivi na okolje.

## **6.1. FOSILNA GORIVA V SLOVENIJI NA PRIMERU TERMOELEKTRARNE ŠOŠTANJ**

Leta 2001 so v Termoelektrarni Šoštanj (TEŠ) proizvedli 3.336 GWh električne energije, kar predstavlja okoli 70% od 4.810 GWh električne energije, kolikor so istega leta proizvedli v vseh termoelektrarnah v Sloveniji. Ker ima TEŠ tako velik delež pri proizvodnji električne energije, bom to termoelektrarno obravnavala kot reprezentativnega predstavnika slovenskih elektrarn s fosilnimi gorivi. Vpliv na okolje pri TEŠ je seveda podoben kot pri ostalih termoelektrarnah po Sloveniji, saj vse razen TE Brestanica (TEB) za gorivo uporabljajo premog, TEB pa je manj uporabljena, saj predstavlja sistemsko rezervo.<sup>53</sup>

TEŠ je elektrarna, sestavljena iz petih blokov, ki je vsak zase mala elektrarna. Blok 1 je začel obratovati 16. maja 1956, 27. januarja 1978 pa je pričel obratovati še Blok 5. Skupna instalirana moč elektrarne je 755 MW. Poleg proizvodnje električne energije skrbi TEŠ tudi za daljinsko ogrevanje bližnjih naselij. Gorivo dobi skoraj izključno iz Premogovnika Velenje. Od julija 2001 je večinski lastnik TEŠ Holding Slovenske elektrarne (HSE).

---

<sup>50</sup> Dravske elektrarne Maribor, Pogled v preteklost in prihodnost, <http://www.dem.si/pogled.html>, 12.3.2004.

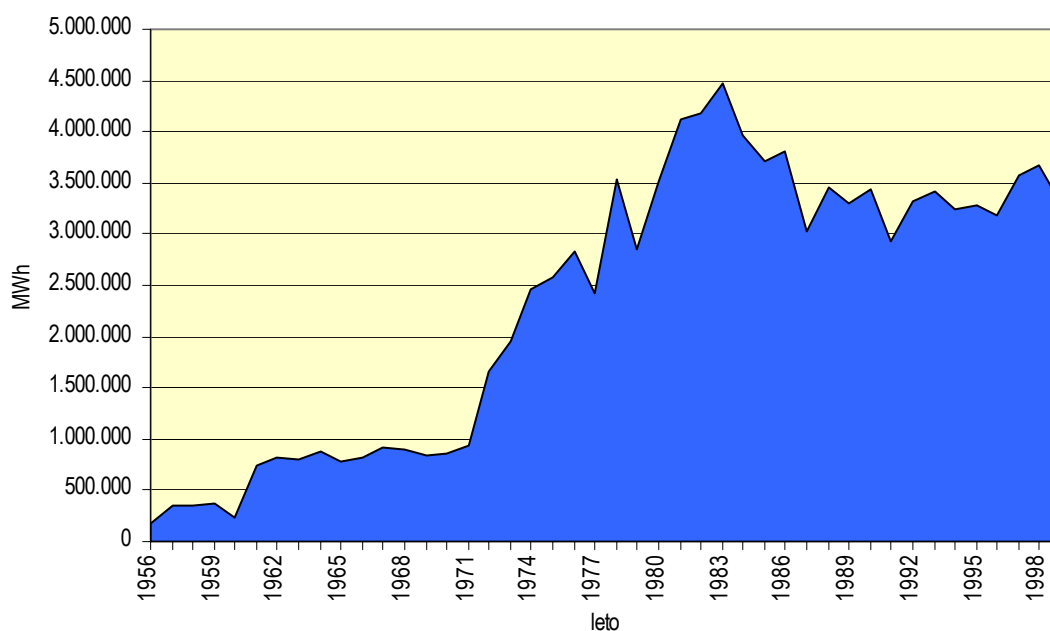
<sup>51</sup> Termoelektrarna Šoštanj, Termoelektrarna Šoštanj skozi zgodovino [http://www.te-sostanj.si/default\\_1.asp?n=\[1\]\[2\]\[4\]&p=content](http://www.te-sostanj.si/default_1.asp?n=[1][2][4]&p=content), 12.3.2004.

<sup>52</sup> Rudnik Trbovlje – Hrastnik, Predstavitev, <http://www.rth.si/index.php?id=2803>, 12.3.2004.

<sup>53</sup> TEB je plinska elektrarna.

Pri premogu iz Premogovnika Velenje je vprašljiva predvsem kvaliteta premoga, saj njegova uporaba povzroča veliko onesnaževanje okolja. Kakovost fosilnih goriv se kaže predvsem v količini kemično vezane energije na enoto mase. To količino izrazimo s sežigno vrednostjo in kurilnostjo. Razne vrste goriv imajo različno kurilnost, izraženo v MJ/kg: drva od 10 do 15, lignit od 8 do 11, rjavi premog od 13 do 17, črni premog od 25 do 28, metan 50, ekstra lahko kurilno olje 42,7. (Novak in Medved, 2000: 13) Ker v Premogovniku Velenje pridobivajo lignit, je iz teh podatkov očitno, da je kvaliteta goriva za TEŠ precej nizka.

**Slika 13: Letna proizvodnja električne energije v TEŠ za vsa leta obratovanja do 1999**



Vir podatkov: TEŠ Letno poročilo (1999: 16).

Proizvodnja električne energije v TEŠ je bila pred ustanovitvijo HSE odvisna predvsem od energetskega plana na začetku leta, ki so ga vse elektrarne določile v povezavi z ELES (Elektro – Slovenija d.o.o.) za vsako leto posebej. Zdaj letni in tudi krajši plan določa proizvajalec sam, torej HSE. Upoštevati je namreč treba sezono zaradi vodostaja rek in proizvodnje hidroelektrarn, napovedane remonte NEK, remonte drugih elektrarn in seveda predvideno porabo. Letna proizvodnja električne energije v TEŠ za vsa leta obratovanja do 1999 je prikazana na sliki 13.

Opazni dvigi proizvodnje so v letih 1957, 1960 in 1972, ko so na omrežje priključili nove bloke. Vrh celotne proizvodnje je TEŠ dosegel leta 1982 in 1983, ko je proizvodnja potekala brez

kakršnihkoli filtrov.<sup>54</sup> Pokazalo se je, da okolje takšnega onesnaževanja preprosto ne bo preneslo. Reakcijo na ta problem je mogoče videti tudi iz prikaza proizvodnje, saj po obdobju 1982-83 proizvodnja nikoli več ni dosegla takega vrha.

Seveda pa to ne pomeni, da se moramo termoelektrarnam kar tako odpovedati. Bloka 4 in 5 v TEŠ sta opremljena z opremo za pokrivanje vršnega povpraševanja<sup>55</sup>, ker se termoelektrarne na splošno najlažje odzovejo trenutnim konicam porabe. Vršno porabo lahko pokrivajo tudi hidroelektrarne, vendar pod pogojem, da imajo polna akumulacijska jezera, medtem ko jedrske elektrarne take energije ne morejo zagotavljati. Termoelektrarne s svojo sposobnostjo pokrivanja vršne porabe in zagotavljanja dela pasovnega odjema so torej kljub veliki obremenitvi okolja nujne v slovenskem elektroenergetskem sistemu.

## **6.2. VODNI VIRI V SLOVENIJI NA PRIMERU DRAVSKIH ELEKTRARN MARIBOR**

Leta 2001 so vse hidroelektrarne v Sloveniji proizvedle 3.533 GWh električne energije, od tega so v Dravskih elektrarnah Maribor (DEM) prispevali kar 2.697 GWh ali več kot 76% vse proizvodnje. Hidroelektrarne na Savi in na Soči so tako skupaj prispevale le še manj kot četrtno proizvodnje iz HE in zato bom DEM obravnavala kot reprezentativno predstavnico HE, kjer bodo rezultati analize aplicirani tudi na ostale HE v Sloveniji.

Izkoriščanje reke Drave v energetske namene se je začelo kmalu po prvi svetovni vojni, ko je leta 1918 začela obratovati prva hidroelektrarna na Fali. Danes je na celotni dolžini reke 22 obratujočih elektrarn s skupno močjo 1.400 MW in srednjo letno proizvodnjo 7000 milijonov kWh. V Avstriji je HE na Dravi 10, v Sloveniji 8 in na Hrvaškem 3. Vse to kaže na dejstvo, da je Drava res energetska privlačna reka.

Reka Drava izvira blizu avstrijske meje na Toblaškem polju v Italiji. Pot po Avstriji zaključi blizu Labota na avstrijskem Koroškem in pri Dravogradu vstopi v Slovenijo, ki jo po 133 kilometrih in 148 metrih padca pri Ormožu zapusti. Svojo pot zaključi pri Osijeku, kjer se izliva v Donavo. Padavinsko območje v delu centralnih Alp je tisto, ki določa osnovne značilnosti pretokov reke Drave. Največji pretoki so v pomladnih in poletnih mesecih, najnižji v zimskih. Pritoki iz južnega

---

<sup>54</sup> Več o filtrih je napisano v poglavju 7.1.

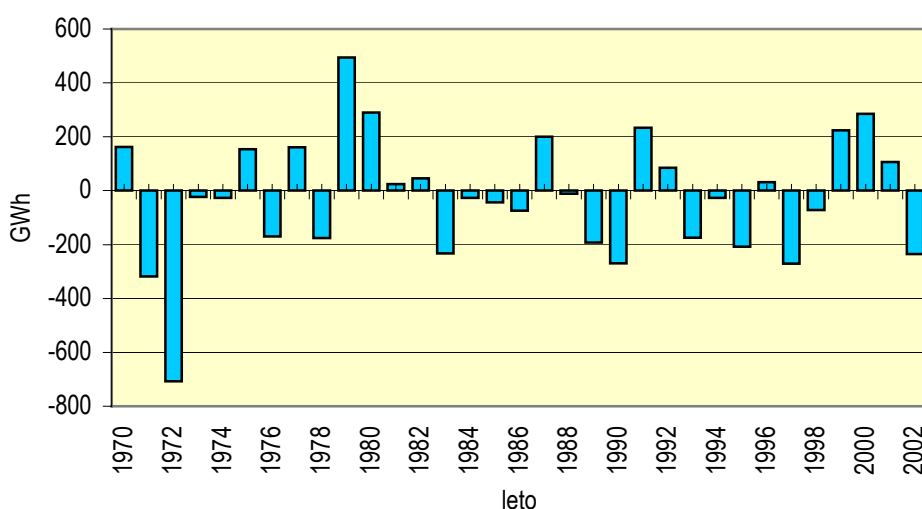
<sup>55</sup> Shema porabe električne energije je opisana v poglavju 5.1.

dela povodja pa zaradi močnih vplivov mediteranske klime povzročajo kratkotrajne velike pretoke spomladi in še posebej jeseni, ki v povprečju enkrat v sto letih lahko dosežejo tudi do 2300 m<sup>3</sup>/s, čeprav je srednji letni pretok le 289 m<sup>3</sup>/s. (DEM, predstavitvena brošura, 2000: 2)

Energetski potencial reke Drave na slovenskem delu je v osmih elektrarnah popolnoma izkoriščen. Pri povprečnem pretoku lahko elektrarne na Dravi proizvedejo 2.670 milijonov kWh na leto, od tega v zimskem obdobju 609 milijonov kWh, v prehodnem obdobju 840 milijonov kWh in v poletnem obdobju 1.221 milijonov kWh. S skupno močjo 593 MW pa krijejo 37% zahtev po moči poleti in 20% pozimi. (DEM, predstavitvena brošura, 2000: 3)

Proizvodnja od leta 1978, ko je bila dograjena še zadnja od osmih elektrarn na Dravi, niha bolj ali manj okoli iste točke okoli 2.250 GWh na leto.<sup>56</sup> Več nam lahko pove slika 14, ki prikazuje izpolnjevanje plana za DEM v letih med 1970 in 2000. Plan, ki so ga elektrarne v Sloveniji naredile skupaj z ELES, je določal, koliko električne energije naj bi proizvedle DEM v določenem letu. Izpolnjevanje plana nam pove, koliko so se hidroelektrarne sposobne prilagoditi porabi predvsem zaradi vremenskih razmer. Za določeno leto je tako predvideno, koliko GWh električne energije bodo DEM proizvedle. Na sliki 14 so prikazana odstopanja od tega plana. Leta 2002 so v DEM tako proizvedli 235 GWh električne energije manj, kot so na začetku leta predvidevali, medtem ko so leta 2001 proizvedli 106 GWh električne energije več, kot je bil plan za to leto.

**Slika 14: Odstopanja od plana za DEM**



<sup>56</sup> DEM, Proizvodnja, dostopno na medmrežju na <http://www.dem.si/proizvodnja.html>, 27.7.2003.

Odstopanja so, kot lahko vidimo, precejšnja, kar gre pripisati ravno nenapovedljivosti pretoka in nivoja reke, ki se spreminjata glede na letne čase in vremenske razmere v določenem letu. To pomeni, da je proizvodnja hidroelektrarn odvisna od vremena in ni stabilna.

Vseeno pa elektrarne niso popolnoma odvisne od muhavosti vremena. S polnjenjem akumulacijskih jezer v nočnem in praznjenjem v dnevnem času lahko elektrarne na Dravi vsaj osem mesecev na leto nadzorujejo, v katerem delu dneva bo proizvodnja najvišja in kdaj najnižja. Ta tako imenovana pretočna akumulacija omogoča, da DEM delujejo kot regulator frekvence in moči v slovenskem elektroenergetskem sistemu.<sup>58</sup>

### 6.3. JEDRSKO GORIVO V SLOVENIJI IN JEDRSKA ELEKTRARNA V KRŠKEM

Jedrska (nuklearna) elektrarna Krško (NEK) je edina elektrarna te vrste v Sloveniji. Leta 2001 so v NEK proizvedli 5030 GWh električne energije, kar predstavlja skoraj 40% skupne proizvodnje električne energije v Slovenije za to leto. Opremljena je z Westinghousovim lahkovodnim tlačnim reaktorjem (*Pressurized Water Reactor* - PWR) toplotne moči 1882 MW, njena moč na pragu pa je po zamenjavi uparjalnikov leta 2000 670 MW. Glavna posebnost jedrskih elektrarn je seveda njihovo gorivo – uranov izotop.

Po zaprtju rudnika urana Žirovski vrh leta 1990 Slovenija nima lastnega vira uranove rude. Ker pa so nahajališča uranove rude precej enakomerno razporejena po svetu, se zaloge lahko štejejo kot dokaj stabilne in bi, kot rečeno, po ocenah morale zadoščati za več kot 3000 let pri današnjem nivoju porabe, če upoštevamo uporabo kombiniranih reaktorjev, ki uporabljajo MOX gorivo<sup>59</sup>. Z enoletno zalogo goriva in dolgoročnimi pogodbami z različnimi dobavitelji si je možno zagotoviti stabilnost dobave goriva, prav tako pa si je na tak način mogoče ustvariti manjše lastne zaloge.

(Zelena knjiga, 2000b: 38)

<sup>57</sup> DEM, Proizvodnja, dostopno na medmrežju na <http://www.dem.si/proizvodnja.html>, 27.7.2003.

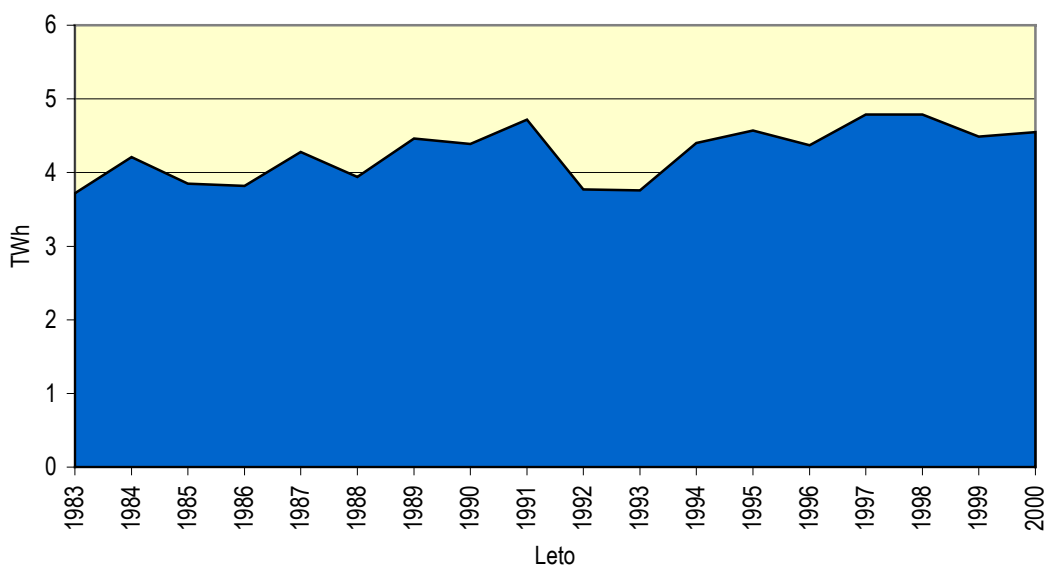
<sup>58</sup> Ker lahko proizvodnjo električne energije nadzorujejo glede na čas dneva, to pomeni, da se lahko električna energija iz hidroelektrarn porabi kot vršna električna energija v časih največje porabe, v konicah. Vse, kar je potrebno za večjo proizvodnjo električne energije, če pogledamo malce poenostavljeno, je, da kontrolorji spustijo malo več vode preko turbin, kar pa ne vzame veliko časa.

<sup>59</sup> MOX – *mixed oxide*, jedrsko gorivo mešanih oksidov radioaktivnih elementov. MOX gorivo je recikliran plutonijev oksid, ki ostane v jedrskih reaktorjih. Več o tem na <http://world-nuclear.org/info/inf29.htm>, 26.2.2004.

V rudniku Žirovski vrh je bilo odkopanih 630.000 ton rude s povprečno vsebnostjo 0,9% uranovega oksida  $U_3O_8$ .<sup>60</sup> Na Inštitutu Jožef Štefan so razvili svojo tehnologijo pridobivanja rumenega kolača, kar je zadostovalo za samostojnost pri dobavi goriva za NEK. Leta 1990 je bil rudnik zaradi ekonomskih razlogov zaprt, saj je bila cena koncentriranega urana na svetovnem trgu cenejša od domače proizvodnje.<sup>61</sup> Povpraševanje po uranovi rudi se v svetu postopno, vendar vztrajno, povečuje in zmanjšanja povpraševanja ni pričakovati še nekaj let. Ker pa je tudi ponudbe dovolj, je cena že nekaj let precej nizka in konstantna.<sup>62</sup>

V NEK je 121 gorivnih svežnjev oziroma 28.435 gorivnih palic s skupno maso urana 48,7 t. Vsako leto zamenjajo (pri 7000 obratovalnih urah) 25% do 30 % urana. Slika 15 prikazuje proizvodnjo električne energije v NEK v letih med 1983 in 2000.

**Slika 15: Proizvodnja električne energije v NEK**



Vir podatkov: ISEG: NEK Performance Indicators (2000: 24).

<sup>60</sup> Zaradi njegove velike kemijske reaktivnosti v naravi ni samorodnega urana, poznamo pa skoraj dvesto uranovih mineralov. V zemeljski skorji je precej razširjen, vendar povečini le v majhnih koncentracijah. Naravni uran vsebuje predvsem dva izotopa: uran-238, ki predstavlja 99,3% vsega urana, in uran-235 (0,7%). Ker se v lahkovodnih reaktorjih (ti danes prevladujejo v svetu) uporablja jedrsko gorivo, ki vsebuje 2 do 4 % urana-235, je uran za uporabo treba obogatiti. Iz uranove rude je zato najprej treba pridobiti zadostne količine urana in v rudnikih pridobivajo s tehnološkimi procesi koncentrat urana amonijev diuranat, ki je bolj poznan kot "rumeni kolač". To je oblika urana, ki ga v nadaljnjem procesu preoblikujejo v gorivo, ki je uporabno za jedrske elektrarne.

<sup>61</sup> Električna energija iz jedrskih elektrarn, Izobraževalni center za jedrsko tehnologijo, dostopno na medmrežju na <http://www2.ijs.si/~icjt/djs/kakoje/uran.html>, 1.6.2003.

<sup>62</sup> Po podatkih Dobavne agencije Euratom (*Euratom Supply Agency* – ESA) je leta 2002 povprečna cena za kilogram urana v  $U_3O_8$  znašala 34 evrov, kar je okoli povprečja zadnjih 10 let. (ESA Annual Report 2002: 22)



Kot je prikazano na sliki, je proizvodnja električne energije v NEK relativno konstantna. Nihanja so odvisna od letnega plana in tudi od količine vode v Savi, ki je ob nizkih pretokih ne morejo optimalno uporabljati za hlajenje in takrat je treba znižati proizvodnjo.<sup>63</sup> Povečana proizvodnja, ki je opazna v zadnjih letih, je posledica bolj optimiranega izkoriščanja reaktorja.

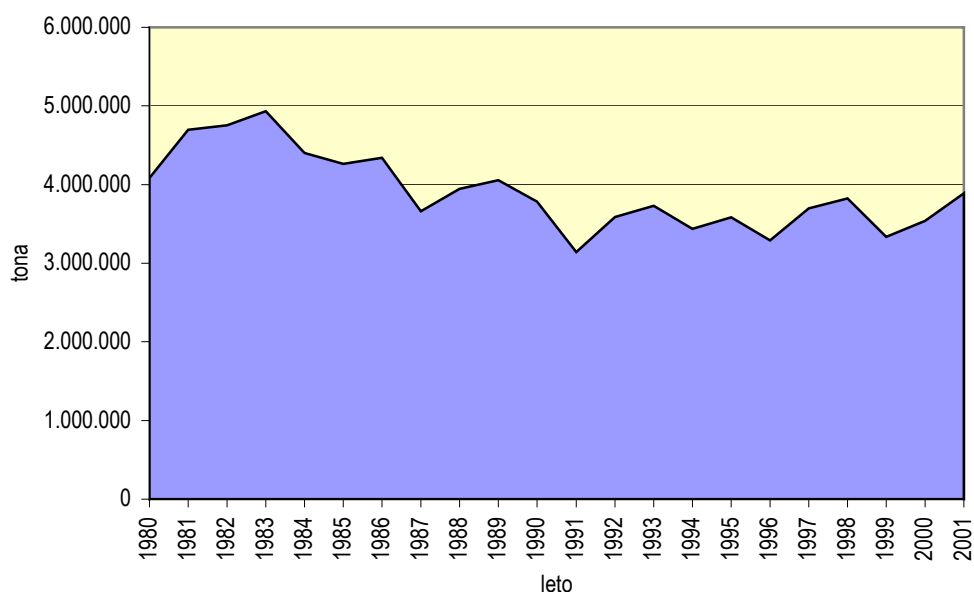
Električna energija, ki je proizvedena v NEK, ne more pokrivati konic, ker je reaktor optimiran za konstantno delovanje. Električna energija, ki jo proizvede NEK, je torej pasovna energija in zagotavlja osnovno količino električne energije na trgu. Edini predvideni izpad proizvodnje električne energije je vsakoletni remont elektrarne, ko zamenjajo tretjino goriva in opravijo popravila in meritve.

## 7. VPLIVI NA OKOLJE

### 7.1. TERMOELEKTRARNE

Emisije TEŠ sestavljajo ogljikov dioksid (CO<sub>2</sub>), žveplovi oksidi, ki jih največ predstavlja žveplov dioksid (SO<sub>2</sub>), razni dušikovi oksidi (NO<sub>x</sub>), ogljikov monoksid (CO) in prah. Največji delež teh emisij predstavlja CO<sub>2</sub>, zato je na sliki 17 tudi posebej prikazan.

Slika 17: Emisije CO<sub>2</sub> iz TEŠ v obdobju 1980-2001



<sup>63</sup> Posledice nehlajenja jedrske sredice so opisane v poglavju 7.3.

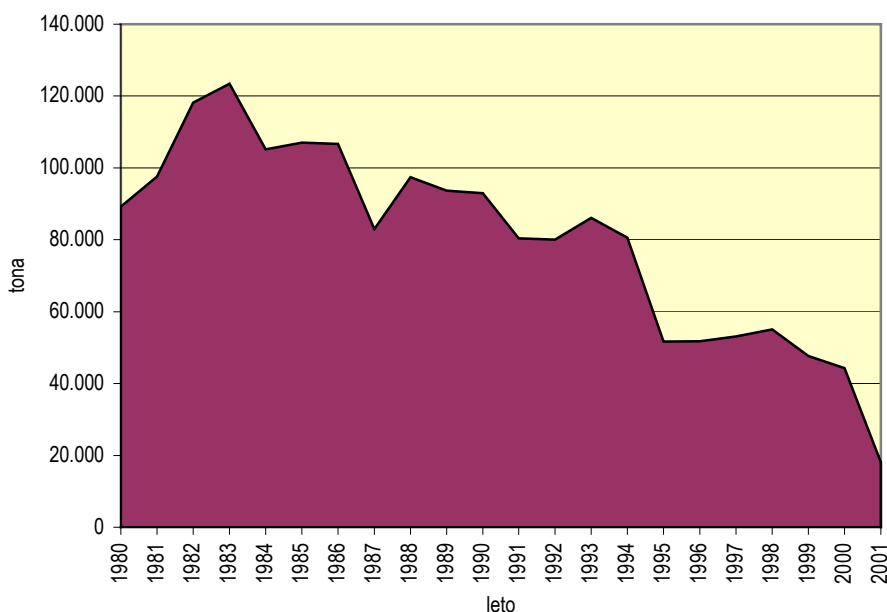
Vir podatkov: TEŠ Letno poročilo (2002: 19).

Kot je razvidno iz prikaza, se je količina emitiranega ogljikovega dioksida znižala po letu 1983, ko je dosegla najvišjo vrednost, po tem letu pa se je proizvodnja zmanjšala. Na grafu pa je tudi vidno, da se je trend upadanja količine emitiranega CO<sub>2</sub> uravnotežil po letu 1990 pri povprečju 3.540.249 ton na leto. Ker za CO<sub>2</sub> ne obstajajo nikakršni filtri, je emisije tega plina pri trenutni proizvodnji in trenutnem gorivu nemogoče zmanjšati, čeprav so emisije žveplovih oksidov in prahu uspešno zmanjšali z vpljavo filtrov.

Termoelektrarne pa vplivajo na okolje ne samo svoje bližnje temveč tudi daljne okolice. Na okolje delujejo obremenilno emisije SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>, ki delujejo kot glavni povzročitelji kislh padavin, in prašne usedline. Problem predstavlja tudi pepel, ki ostane po izgorevanju premoga in ga je treba nekje odložiti. Poleg tega ima odloženi pepel tehnološko povišano naravno radioaktivnost in je zaradi tega treba spremljati tudi raven radioaktivnosti na odlagališču.

Izboljšanje stanja na področju emisij plinov se pozna od leta 1995, ko so v TEŠ zaključili sklop ekoloških sanacijskih ukrepov na energetskih objektih, še posebej čistilne naprave za SO<sub>2</sub> na bloku 4. Z izgraditvijo čistilne razžveplalne naprave na bloku 5 leta 2000 se je stanje še izboljšalo. Po izgradnji čistilne naprave na bloku 4 namreč mejne koncentracije SO<sub>2</sub> niso presegle zakonsko predpisanih meja skoraj nikjer na vplivnem področju TEŠ, kar se je pred tem pogosto dogajalo. Na sliki 18, kjer so predstavljene samo emisije SO<sub>2</sub> iz TEŠ, je jasno vidno, koliko sta k zmanjšanju emisij pripomogli čistilna naprava na bloku 4 in razžveplalna naprava na bloku 5.

**Slika 18: Emisije SO<sub>2</sub> iz TEŠ**



Vir podatkov: TEŠ Letno poročilo (2002: 19).

Kljub splošnemu znižanju sulfatov in nitratov v zraku pa so padavine še vedno kisle.<sup>64</sup> V 18 vzorcih, kolikor jih je bilo kisljih v letu 1999, je bila najnižja izmerjena vrednost pH<sup>65</sup> 4,45. V bližini termoelektrarne in deponije premoga se redko pojavijo kisle padavine, ker je v zraku vedno nekaj delcev pepela in prahu, ki dvigujejo pH padavin, zato pa kislost narašča z oddaljenostjo od TEŠ.

Obremenjevanje voda je še ena obremenitev okolja, ki jo povzroča TEŠ. Zaprti krogotok voda naj bi zmanjšal vpliv na reko Pako in vodo v Velenjskem jezeru. Reka Paka je največji vodotok Šaleške doline, kakovost vode v reki pa se spremlja od leta 1989 dalje. V nekaterih letih je vrednost pH dosegla tudi 12, kar je pripisati iztoku močno bazične vode iz Velenjskega jezera. Tako bazično okolje, tako v jezeru kot v reki, seveda ni primerno za življenje. Vrednost pH se je po izgradnji zaprtega krogotoka vode postopno zmanjševala, kar je omogočilo vrnitev življenja v reko in jezero.

Podobnosti med TEŠ in termoelektrarnami v Veliki Britaniji na področju vplivov na okolje je seveda precej zaradi že opisanih značilnosti fosilnih goriv. Ravno tako je iz podatkov o emisijah CO<sub>2</sub> v Veliki Britaniji kot iz podatkov o emisijah CO<sub>2</sub> v TEŠ vidno, da te emisije upadajo, čeprav ne gre za drastično zmanjševanje proizvodnje, temveč za bolj smotrno uporabo termoelektrarn na eni strani (TEŠ) in poleg tega tudi menjave goriva na drugi strani (Velika Britanija). Razlike vplivov med Veliko Britanijo in TEŠ so predvsem v dejstvu, da v Veliki Britaniji vlogo prevladujočega vira energije pridobiva zemeljski plin, s čimer se emisije CO<sub>2</sub> razpolovijo, medtem ko v TEŠ kot energent uporabljajo premog.<sup>66</sup>

## 7.2. HIDROELEKTRARNE

V nasprotju s termoelektrarnami že zgrajene hidroelektrarne med obratovanjem praktično ne vplivajo na okolje.<sup>67</sup> Vpliv hidroelektrarn na okolje je viden v spremenjeni pokrajini in

---

<sup>64</sup> Po mednarodnem dogovoru so kisle padavine vse tiste, ki imajo pH vrednost nižjo od 5,6. (TEŠ Letno poročilo 2002: 19)

<sup>65</sup> pH je lestvica kislosti, ki ima vrednosti od 1 do 14, pri čemer je pH 7 nevtralnno, nižje vrednosti so kisle, višje pa bazične.

<sup>66</sup> Podatki o emisijah CO<sub>2</sub> pri kurjenju premoga in zemeljskega plina so podani v poglavju 5.4.

<sup>67</sup> Vsi podatki o vplivu HE na okolje, razen če je drugače navedeno, so dostopni na medmrežni strani DEM na: <http://www.dem.si/okolje.html>, 30.10.2003.

spremenjeni gladini talne vode, odraža pa se tudi na značilnostih vodotoka ter življenjskega prostora v reki in ob njej.

Nekateri strojni deli hidroelektrarn vsebujejo tudi okolju škodljive snovi, vendar je mogoče njihov negativni vpliv na okolje preprečiti s tehnološkimi rešitvami, kot so lovilci olj. Najvidnejši vpliv izgradnje in obratovanja hidroelektrarn so akumulacijska jezera in z njimi povezani problemi zamuljenosti in zaproditve. Največji problem akumulacij na Dravi je prav zamuljenost. Na onesnaženost vode namreč vplivajo komunalne odplake mest, odplake papirne industrije ob reki ali njenih pritokih, pa tudi odplake s sedimenti težkih kovin, vse to pa se kopiči v mulju, ki se nabira za jezovi. Kvaliteta vode se zadnja leta sicer izboljšuje, k čemur je pripomoglo predvsem zaprtje nekaterih tovarn papirja v Avstriji in zaprtje rudnika cinka in svinca v Mežici. Vseeno pa so analize rečnega sedimenta, ki so jih naročili pri DEM, pokazale, da vsebuje mulj še vedno visoke koncentracije toksičnih snovi, kot so spojine žvepla, in različnih toksičnih kovin, kot sta svinec in kadmij, ter visoke koncentracije evtrofikacijskih snovi<sup>68</sup>, kot so spojine fosforja in dušika.

Najbolj ilustrativen primer, kako toksičen je lahko mulj, je primer Zbiljskega jezera na Savi. Ker se je zbiralnik vode sčasoma popolnoma zapolnil, so po drugi svetovni vojni "skozi posebno odprtino v betonskem jezcu nekajkrat spustili vsebino jezera proti Ljubljanskemu polju, vendar je ta voda, ki je bila brez kisika in ki je zaradi gnitja organskih snovi vsebovala tudi strupene pline, pomorila večino življenja več kilometrov vzdolž reke." (dr. Matija Tuma v intervjuju za Delo, Sobotna priloga, 29.9.2001: 20) Zato je bilo treba za odstranjevanje mulja najti drugo rešitev.

Kot edina rešitev se je pokazalo premikanje mulja znotraj struge.<sup>69</sup> Tako so nastali umetni otočki, brežine so dobile nove oblike, saj mulj potisnejo v strugo ali pa odložijo v manjše zalive ali deponije ter na degradirane površine.

Zaježitve pa ne povzročajo samo sedimentacije mulja, pač pa vplivajo tudi na nivo podtalnice. V primeru Dravskih elektrarn so študije predvidevale dvig oziroma upad nivoja podtalnice na področju občin Ptuj in Varaždin za približno 0,5 metra. Dejansko se je izkazalo, da je največji vpliv v okolici Ptuja, kjer se je nivo podtalnice dvignil za 0,5 metra, na področju od Markovcev ob toku navzdol pa je prišlo do padca nivoja podtalnice do 30 cm. Sanacija dviga podtalnice bi bila mogoča z ustreznimi rešitvami in pravimi projekti, ki so bili za Ptuj že pripravljeni. Teh

---

<sup>68</sup> Evtrofikacijske snovi so snovi, ki prispevajo k pomanjkanju kisika v vodi.

<sup>69</sup> To izvedejo s plavajočimi delovnimi stroji, ki mulj pritisejo na željeno mesto.

projektov pa se ni nihče lotil, ker je bilo nemogoče nedvoumno določiti obseg neposrednega negativnega vpliva HE Formin na okolico.

Velik poseg v prostor predstavljata tudi dve kanalski elektrarni, Zlatoličje in Formin. Zgrajena sta bila dva kanala, 24,4 km dolg za HE Zlatoličje in 16,6 km dolg za Formin. Poleg izgube rodovitnih površin je izgradnja kanalskih hidroelektrarn imela velik vpliv tudi na komunalno problematiko mest Maribora in Ptuja. Zajezitev za HE Zlatoličje v Melju je povzročila dvig nivoja vode na področju mesta Maribor v povprečju za 3,6 m, nastalo pa je tudi 6,1 km dolgo akumulacijsko jezero. Pri Forminu je zajezitev v Markovcih povzročila dvig vodne gladine za 9 m ob jezu in v povprečju 2,2 m na ožjem območju mesta Ptuj, akumulacijsko jezero pa je dolgo 7,3 km in na najširšem delu široko tudi 1,2 km. Tako je bilo potrebno zgraditi nove kanalizacijske in drenažne sisteme s prečrpališči ob rečnih brežinah za odvajanje komunalnih vod. Na Ptujju so poleg tega morali postaviti še centralno čistilno napravo, če niso želeli onesnažiti novo nastalega jezera.

Ko pa je hidroelektrarna zgrajena z vso infrastrukturo, ki spada zraven, potem nima več nadaljnega obremenilnega vpliva na okolico, razen povečane gostote in pogostosti megle, ki nastane zaradi akumulacijskega bazena za jezo. Vendar je, kot rečeno, sama postavitve hidroelektrarne vendarle precejšen poseg v okolje, ki pomeni poplavljanje velikega območja za jezo, spremembe nivoja podtalnice, kar lahko povzroča poplave ali sušo, prav tako pa zmoti naraven migracijski tok rib in ostalih živih bitij v reki.<sup>70</sup>

V primerjavi z Avstrijo ima Slovenija na voljo še kar nekaj vodnega potenciala, kar dokazuje tudi trenutna gradnja verige hidroelektrarn na spodnji Savi. Tako torej pri emisijah CO<sub>2</sub> v Sloveniji ne moremo govoriti o istih razlogih kot v Avstriji. Podobnosti in razlike med Avstrijo in Slovenijo pri izrabi hidropotenciala rek lahko vidimo v spremembah prostora okoli hidroelektrarn. Vse pregrade hidroelektrarn povzročijo zajezitev reke, ki so jih v Avstriji v veliki meri izkoristili v

---

<sup>70</sup> Kot ekstremen primer lahko navedemo Projekt jezu treh sotesk na reki Yangtze na Kitajskem, ki bo zahteval preselitev kar 1,13 milijona ljudi, poplavljal pa bo med drugim tudi mnogo arheološko in zgodovinsko pomembnih krajev, zamuljenost akumulacijskega jezera bo verjetno povzročala težave pri plovbi po reki, prav tako pa jez ne bo mogel preprečiti poplav, ker nima vpliva na pritoke reke Yangtze. (BBC, Climate Change, Environment and Nature, Taming the Yangtze River, dostopno na medmrežju na <http://www.bbc.co.uk/weather/features/threegorgesdam.shtml>, 31.5.2004.)

turistične namene,<sup>71</sup> četudi so prej z velikimi črpalnimi elektrarnami poplavili tudi cele alpske doline, medtem ko turizem in rekreativno življenje v okolici jezer ob hidroelektrarnah na Dravi v Sloveniji zaradi zamuljenosti nista zaživela.

### 7.3. JEDRSKA ELEKTRARNA

Glede obremenilnih izpustov iz naslova toplogrednih plinov, je jedrska elektrarna po podatkih Mednarodne agencije za atomsko energijo (*International Atomic Energy Agency* - IAEA) na najnižjem mestu med vsemi, vključno s hidroelektrarnami in elektrarnami na veter, če upoštevamo celoten življenjski krog. Pri delovanju jedrska elektrarna ne obremenjuje okolja z izpusti kakršnihkoli toplogrednih plinov.<sup>72</sup>

Še enkrat pa je treba opozoriti, da se jedrska elektrarna od drugih vrst elektrarn razlikuje po dveh zanj značilnih nevarnostih. Prvič, v sredici reaktorja nastajajo ob cepitvi urana radioaktivni izotopi, ki bi lahko bili nevarni človeku in okolju, če bi 'pobegnili' iz jedrske elektrarne. In drugič, radioaktivni izotopi, ki nastanejo med verižno reakcijo, razpadajo tudi še po ugasnitvi reaktorja, ob tem pa se sprošča tako imenovana zakasnela toplota, ki je sicer mnogo manjša od cepitvene toplote, vendar lahko še vedno poškoduje in celo raztali sredico reaktorja, če te ne bi hladili.

Jedrska elektrarna Krško je zasnovana tako, da ob rednem delovanju, enako pa naj bi bilo tudi ob večjih nesrečah, spušča v okolje le malo radioaktivnih snovi. Nekaj radioaktivne snovi se preko hladilnih in ventilacijskih sistemov vseeno razširi v okolico elektrarne. V vsakem jedrskem objektu in v njegovi okolici, tudi v NEK, zato merijo stopnjo radioaktivnosti in izračunavajo dejanske doze sevanja, ki jih povzroča delovanje elektrarne. Na sliki 19 so predstavljene dovoljene

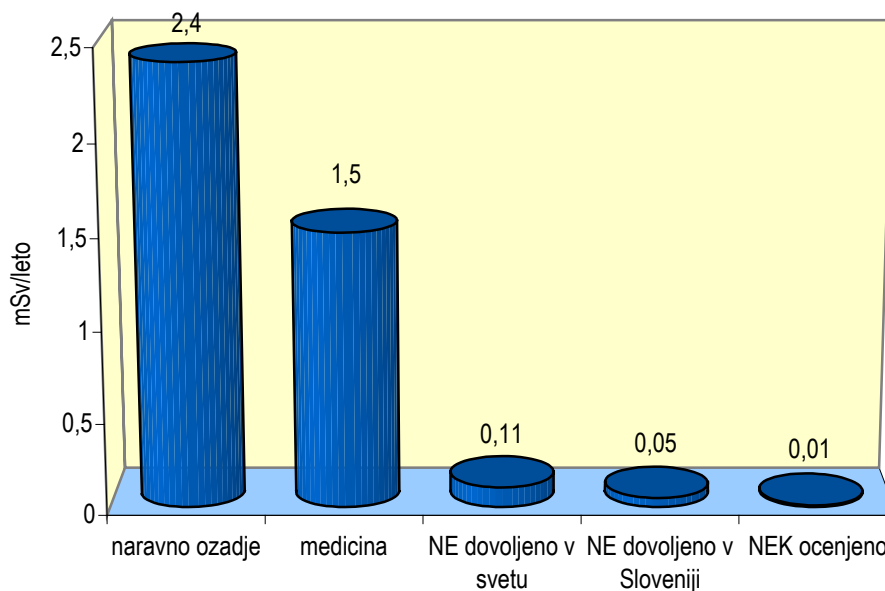
---

<sup>71</sup> Na primer, ogledi jezera in jezcu so turistična atrakcija na hidroelektrarni Malta na avstrijskem Koroškem.

<sup>72</sup> Medtem ko v termoelektrarnah na premog izpustijo v zrak od 176 do 289 gramov toplogrednih plinov, preračunanih na grame CO<sub>2</sub> za vsako kilovatno uro električne energije, ki jo proizvedejo, vključno z izgradnjo elektrarne, pa so ti izpusti pri jedrski elektrarni od 9 do 21 gCO<sub>2</sub>/kWh. Prav vsi izpusti CO<sub>2</sub> gredo na račun posrednih izpustov in ne neposredno zaradi delovanja elektrarne. Pri nekaterih hidroelektrarnah je ta izpust lahko še nižji, samo 4 gCO<sub>2</sub>/kWh, vendar je druga skrajna meja pri hidroelektrarnah tudi do 236 gCO<sub>2</sub>/kWh, kar gre pripisati predvsem dolgotrajnim gradbenim delom pri postavitvi elektrarn na zahtevnih lokacijah. (World Nuclear Association, Nuclear Electricity – External Costs, dostopno na medmrežju na <http://www.world-nuclear.org/education/ne/ne6.htm#6.2>, 30.10.2003)

in izmerjene doze naravnih in umetnih virov sevanja v primerjavi s prispevkom jedrske elektrarne Krško.

**Slika 19: Ocenjena doza sevanja na prebivalca Slovenije**



Vir podatkov: ARAO<sup>73</sup>

Naravno okolje vsebuje lastno sevanje, ki mu je potrebno pripisati tudi radioaktivnost, ki je bila sproščena v okolje pri preizkusih jedrskega orožja. Kot vidimo iz podatkov na sliki 19, naravno sevanje za več kot stokrat presega sevanje, ki ga določajo mednarodni predpisi. Predpisi v Sloveniji so še strožji in dovoljujejo povečanje radioaktivnega sevanja zaradi jedrske elektrarne za največ 0,05 mSv<sup>74</sup> na leto na prebivalca. Ker so izpusti radioaktivnih snovi tako majhni v primerjavi z naravnim sevanjem, je njihov prispevek treba oceniti na osnovi meritev izpustov iz elektrarne in se ga ne da izmeriti. Za primerjavo, človek bi moral ob ograji nuklearke živeti 200 let, da bi bil izpostavljen tolikšnemu sevanju, kot ga prejme pri enem pregledu pljuč z modernim rentgenskim aparatom.<sup>75</sup>

Seveda radioaktivnost izpustov in emisije toplogrednih plinov ne predstavljajo edino obremenjevanje okolja. V procesu pridobivanja električne energije v NEK se za del hlajenja uporablja tudi voda iz reke Save. V ta namen je na Savi zgrajen jez, ki del vode preusmerja v

<sup>73</sup> Agencija za radioaktivne odpadke - ARAO (1995): Ravnanje z radioaktivnimi odpadki v Sloveniji. Ljubljana: ARAO.

<sup>74</sup> Enota za dozo sevanja je Sv (sievert). 1 Sv = 1000 mSv.

<sup>75</sup> ARAO (1995): Radioaktivno sevanje. Ljubljana: ARAO.

elektrarno. Ta voda odvaja toploto, tako da se v tem procesu segreje, in ker jo potem vračajo nazaj v reko, je seveda potreben nadzor te vode. Temperatura Save po mešanju z vodo iz NEK ne sme biti več kot 3 stopinje toplejša od vzorca, vzetega pred mešanjem, in v nobenem primeru ne sme presegati 27°C. Da se to ne bi zgodilo, ima elektrarna na voljo hladilne stolpe, kjer vodo ohladijo, preden jo spustijo nazaj v reko. Če pa niti to ni dovolj, potem je treba znižati proizvodnjo.

Ta hladilna voda tudi spada med radioaktivne odpadke iz elektrarne. Med delovanjem jedrske elektrarne namreč nastajajo tekoči, plinasti in trdi radioaktivni odpadki. Vse odpadke v elektrarni ali prečistijo in jih spustijo nazaj v okolje ali pa jih zadržijo. Odpadke, ki jih zadržijo, je v končni fazi treba nekje odložiti, za kar je treba zgraditi odlagališče.

Jedrske elektrarne okolje obremenjujejo z odlagališča radioaktivnih odpadkov, ravno tako kot ga termoelektrarne z odlagališči pepela. Seveda je poglobljena razlika med tema vrstama odlagališč stopnja radioaktivnosti odloženega materiala. Radioaktivni odpadki imajo različno stopnjo radioaktivnosti. Tako med seboj ločimo nizko in srednje radioaktivne odpadke, ki nastanejo pri različnih delih v jedrski elektrarni, kot so redni remontni in vzdrževalna dela in pri različnih postopkih v medicini, ter visoko radioaktivne odpadke, kamor spadajo iztrošeno gorivo in ostanki po predelavi goriva. V enem letu delovanja v NEK nastane približno 60 m<sup>3</sup> nizkoradioaktivnih odpadkov in nekaj manj kot 20 m<sup>3</sup> sredneradioaktivnih odpadkov. Srednje in nizkoradioaktivne odpadke pred skladiščenjem še dodatno stisnejo, tako da je njihov volumen pri skladiščenju skupno še znatno manjši od 80m<sup>3</sup>.<sup>76</sup>

V Sloveniji je za določitev lokacije in izgradnjo odlagališča zadolžena Agencija za radioaktivne odpadke ARAO. V državah, kot sta Francija in Švedska, imajo odlagališča za srednje in nizko radioaktivne odpadke že zgrajena in so že v uporabi. Kot je že bilo omenjeno v poglavju 5.4., obstajata dva načina skladiščenja: pripovršinsko in podzemno. Pripovršinska odlagališča uporabljajo v Franciji. Primer podzemnega odlagališča pa je centralno odlagališče na Švedskem, ki je zgrajeno 60 m pod morskim dnem v bližini obale. (Slikovni atlas jedrske tehnologije, 2001: 52)

---

<sup>76</sup> ARAO (1995): Ravnanje z radioaktivnimi odpadki v Sloveniji. Ljubljana: ARAO.



Za Slovenijo ostajata obe možnosti še odprti, saj svojega odlagališča še nimamo. Trenutno se nizko in srednje radioaktivni odpadki skladiščijo v jedrski elektrarni Krško, kjer se skladiščijo tudi izrabljeni gorivni elementi iz reaktorja, v Podgorici pri Ljubljani pa se prehodno skladiščijo nizko in srednje radioaktivni odpadki, ki niso nastali v NEK in izrabljeni gorivni elementi iz raizskovalnega reaktorja, ki je del Inštituta Jožefa Štefana. Vsa ta skladišča so samo začasna, lokalne skupnosti pa se zelo otepajo tega, da bi bila lokacija za odlagališče izbrana kje v njihovi bližini. To gre predvsem na račun strahu pred radioaktivnostjo, ki ponavadi izvira iz strahu pred ponovitvijo nesreče, ki se je zgodila 26. aprila 1986 v Černobilu v takratni Sovjetski zvezi in ki je najhujša civilna jedrska nesreča v zgodovini. V odlagališčih, ko so enkrat polna in v njih nihče več ne dela, ni več možnosti za kakšno nesrečo, ravno tako pa so odloženi materiali že prej obdelani in je verjetnost onesnaževanja izjemno majhna. (Slikovni atlas jedrske tehnologije, 2001: 55) V vsakem primeru pa je seveda potreben nadzor tudi nad že zaprtimi odlagališči radioaktivnih odpadkov.

## 8. ZAKLJUČEK

V Sloveniji proizvajamo električno energijo iz treh različnih virov in to v približno enakomernih deležih. Tako pripada po tretjino proizvodnje hidroelektrarnam, tretjino termoelektrarnam, približno tretjino električne energije pa proizvedejo v NEK. Deleži so odvisni od vremenskih razmer in klimatskih značilnosti v določenem letu ter s tem povezanimi stroški in predvsem možnostmi proizvodnje v različnih elektrarnah, vendar osnovna razdelitev glede virov vseeno ostaja približno enaka. Ta delitev je zelo zaželenja tako zaradi zagotavljanja dobave energentov kot zaradi različnih tipov električne energije, ki jo dobimo iz različnih tipov elektrarn. Država namreč ne more zagotavljati zanesljivosti dobave električne energije, če proizvaja električno energijo samo v enem tipu elektrarn: več kot je tipov elektrarn, večja je zanesljivost dobave. Različni tipi elektrarn namreč proizvajajo različne vrste električne energije: pasovno, vršno in trapezno.

Obremenitveni vplivi določenega energenta na okolje so isti, ne glede na to, kjer se ga uporablja; torej je ekološko obremenjevanje termoelektrarn, ki uporabljajo premog, enako v Veliki Britaniji ali pa v Šoštanjju. Razlike so samo v tem, kakšne filtre imajo vgrajene posamezne termoelektrarne. Ravno tako hidroelektrarne ne glede na to, kje so, za svoje delovanje nujno potrebujejo zaježitev reke in s tem predstavljajo dokaj grob poseg v prostor in življenjski prostor živih bitij v okolici, prav tako pa tudi vplivajo na dvig oziroma upad podtalnice in spreminjajo podobo okolice.

Glavni pomislek pri proizvodnji električne energije v jedrskih elektrarnah je varnost le-teh in problem odlaganja izrabljenega goriva, saj so ostali negativni vplivi na okolje razen lokalnega segrevanja okolice zanemarljivi, predvsem pa nuklearke ne proizvajajo toplogrednih plinov. Varnost jedrskih elektrarn se seveda izboljšuje z vsako novo postavljeno elektrarno in vsako dodatno uro delovanja, ki pomenijo več izkušenj in znanja. Vseeno pa se je mnogo držav odločilo, da je potencialna nevarnost, ki jo predstavljajo jedrske elektrarne, prevelika. Problem ostaja dokončno odlagališče VRAO, ki pa ga Slovenija mora zgraditi ali najti drugačno rešitev, kot je recimo izvoz odpadkov v drugo državo. Kot je razvidno iz Strategije ravnanja z izrabljenim jedrskim gorivom,<sup>77</sup> taka možnost ni najbolj verjetna: "Možnost trajnega izvoza VRAO<sup>78</sup> v tretje države načeloma obstaja. ... V nobenem od [tujih] odlagališč ne načrtujejo, da bi del zmogljivosti dali na razpolago tujim interesom. Zato menimo, da je trajni izvoz VRAO v tretje države nerealna opcija vsaj za naslednjih 20 let." (Strategija ravnanja z izrabljenim jedrskim gorivom, 1996: 12)<sup>79</sup> Problem je torej treba rešiti doma.

Države, ki izkoriščajo jedrsko tehnologijo, različno pristopajo k reševanju problema radioaktivnih odpadkov. V Franciji, denimo, poglobljene študije o stalnem odlagališču za VRAO šele potekajo in dokončnih rezultatov še nekaj časa ne bo.<sup>80</sup> V Sloveniji ARAO trenutno izbira lokacijo za odlagališče nizko in srednje radioaktivnih odpadkov, za visokoradioaktivne odpadke pa lokacije za odlagališče še nismo začeli iskati.<sup>81</sup> Jedrska elektrarna torej s sabo prinaša še nerešeno vprašanje odlaganja odpadkov kot tudi omenjeno potencialno nevarnost hude nesreče v elektrani. Ocene potencialne nevarnosti so različne, saj je odvisno, na osnovi česa se računajo. Ker ne obstaja standardni izračun, lahko vsaka organizacija, inštitut, potencialni investitor ali država po svoje določi osnove, glede na kaj se potencialna nevarnost računa. V Avstriji so očitno prišli do sklepa, da je takšna nevarnost previsoka, kar lahko sklepamo tudi iz njihovega zveznega zakona, ki prepoveduje gradnjo in obratovanje jedrske elektrarne na avstrijskem ozemlju. V Franciji pa so ocenili, da je potencialna nevarnost elektrarne sprejemljiva, saj imajo trenutno delujočih kar 58 tlačnovodnih reaktorjev v 19 jedrskih elektrarnah in razmišljajo, da bi življenjske dobe teh elektrarn tudi podaljšali.<sup>82</sup> V Sloveniji smo z zamenjavo uparjalnikov v NEK izboljšali tehnične sposobnosti elektrarne, o podalšanju življenjske dobe pa se za enkrat še ne razpravlja. Glede na

---

<sup>77</sup> Ministrstvo za gospodarske dejavnosti je leta 1996 izdalo Strategijo ravnanja z izrabljenim jedrskim gorivom, ki sta jo sprejela tudi vlada in parlament in določa možnosti odlaganja visokoradioaktivnih odpadkov.

<sup>78</sup> VRAO – visoko radioaktivni odpadki

<sup>79</sup> Dostopno tudi na medmrežju v pdf obliki na: <http://www.sigov.si/arao/frame1.htm>, 17.11.2003.

<sup>80</sup> ANDRA – Les Déchets, dostopno na medmrežju na <http://www.andra.fr/eng/dechets/index.htm>, 30.10.2003.

<sup>81</sup> ARAO, Kje v Sloveniji odložiti NSRAO; karta primernih območij za odlagališče je dostopna na medmrežju na [http://intranet.sigov.si/arao/model/g\\_index.htm](http://intranet.sigov.si/arao/model/g_index.htm), 17.11.2003.

<sup>82</sup> Nuclear Safety in France in 2002: 249 in 341. Dostopno tudi na medmrežju na [http://www.asn.gouv.fr/Publications/ra/Ra\\_anglais\\_2002/RA%20anglais%202002\\_Ch10.pdf](http://www.asn.gouv.fr/Publications/ra/Ra_anglais_2002/RA%20anglais%202002_Ch10.pdf).

to, da je NEK ameriški tip elektrarne in da večino predpisov na področju jedrske tehnologije v Sloveniji izhaja iz ameriške zakonodaje, se lahko pri tem orientiramo po ameriških predlogih. Komisija ZDA za nadzor civilnih jedrskih dejavnosti (*United States Nuclear Regulatory Commission - US NRC*), ki je nadzorni organ za jedrsko varnost v državi, izdaja dovoljenja za obratovanje komercialnih reaktorjev, ki so veljavna za 40 let (vmes se je seveda treba prilagajati novim varnostnim zahtevam), lahko pa se jih podaljša za 20 let. Projektirana življenjska doba za NEK je glede na to osnovo tudi 40 let. Vendar pa pri US NRC poudarjajo, da 40 letna omejitev ni tehnično pogojena, temveč je bila določena predvsem iz ekonomskih razlogov,<sup>83</sup> tako da 20 letno podaljšanje obratovanja ni nevarno ob upoštevanju predpisanih standardov jedrske varnosti. Isto torej velja tudi za NEK.

Za razliko od jedrskih elektrarn so v Avstriji veliko bolj naklonjeni hidroelektrarnam, saj predstavljajo nizko stopnjo nevarnosti. Drugi nadvse pomemben pogoj je seveda dovolj vodnih virov, ki jih Avstrija ima. Ne glede na to, da nesreče na hidroelektrarnah ne ogrozijo tako širokega območja kot ga hujše nesreče v jedrskih elektrarnah, pa tudi te niso čisto neinvazivne pri umeščanju v prostor, saj nujno pomenijo zajezitev in posledično zalivanje dolin in ustvarjanje umetnih jezer. Po drugi strani pa seveda pri svojem delovanju proizvajajo zanemarljive količine CO<sub>2</sub> in so glede tega zelo prijazne okolju. Problemi, povezani s hidroelektrarnami so predvsem proizvodne narave in ne ekološke. Proizvodnja električne energije je namreč odvisna od vodostaja rek, ki pa se med letom spreminja in ni vedno v skladu s količino povpraševanja. V Sloveniji za razliko od Avstrije nimamo velikih rek razen Drave, tako da velike količine električne energije iz tega vira ne moremo pridobiti, nove predvidene instalirane moči, kot na primer na reki Savi, pa so vse majhne in izjemno odvisne od pretoka vode.

V Avstriji preostalo električno energijo proizvedejo v termoelektrarnah, kar posledično pomeni večje emisije CO<sub>2</sub> in ostalih toplogrednih plinov ter s tem večje onesnaževanje okolja. Vpliv termoelektrarn na okolje je bil podrobno prikazan na primeru Velike Britanije, v poglavju o TEŠ pa je bil podrobno prikazan vpliv termoelektrarne na bližnjo okolico. Plinske termoelektrarne sicer povzročajo manjše onesnaževanje okolja, vendar vseeno proizvajajo toplogredne pline s CO<sub>2</sub> na čelu. Dobra stran termoelektrarn je v tem, da se lahko hitro odzovejo na povečano povpraševanje in ob zagotovljenem gorivu delujejo ne glede na vremenske razmere.

---

<sup>83</sup> US NRC – Fact Sheet on Nuclear Reactor Licence Renewal, dostopno na medmrežju na <http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/fact-sheets/license-renewal.html>, 17.11.2003.

Vsak tip elektrarne ima torej pozitivno in negativno stran, nekatere so povezane z obremenjevanjem okolja, druge s sposobnostjo elektrarn za pokrivanje potreb po električni energiji. Glede na vse povedano se je treba torej vprašati, kakšno električno energijo<sup>84</sup> bomo v Sloveniji potrebovali po izteku življenjske dobe NEK in s kakšno elektrarno bomo to pokrili z najmanjšim možnim obremenjevanjem okolja. Obstaja možnost, da bi električno energijo uvažali. Toda Resolucija o Nacionalnem energetskega programu<sup>85</sup> predvideva, da naj bi vsaj 75% električne energije proizvedli v Sloveniji.

V Sloveniji samo s hidroelektrarnami ni mogoče pokriti porabe električne energije, ker je ta poraba neelastična, medtem ko proizvodnja v hidroelektrarnah zaradi spreminjajočih se hidroloških pogojev ni vedno zmožna slediti porabi. Ravno tako se ne da celotne porabe električne energije pokrivati samo z jedrskimi elektrarnami, ki proizvajajo samo pasovno električno energijo, ker je to njihov najbolj optimalen in najvarnejši način delovanja. S termoelektrarnami se da proizvajati vse vrste električne energije, vendar pa ekonomsko niti z vidika varovanja okolja in upoštevanja načela trajnostnega razvoja ni smiselno proizvajati pasovne električne energije v dražjih termoelektrarnah, če je na voljo cenejša in čistejša električna energija iz nukleark.

Slika 6 prikazuje porabo za dan v juliju 1996, iz katere je moč razbrati tudi deleže posameznih elektrarn pri proizvodnji te električne energije. Jasno je videti, da NEK proizvaja pasovno električno energijo<sup>86</sup>, medtem ko termoelektrarne pokrivajo večino trapezne električne energije in hidroelektrarne krijejo konice. Nadomestitev bo treba torej najti za proizvodnjo pasovne električne energije. Iz podatkov pri obravnavi Avstrije in podrobneje DEM je jasno, da hidroelektrarne pasovne električne energije ne morejo zagotavljati, čeprav so ekološko zelo sprejemljive. Tako ostaneta dve možnosti: več manjših ali ena večja termoelektrarna oziroma jedrska elektrarna. Termoelektrarne seveda lahko zagotavljajo pasovno električno energijo, vendar so s tem povezane velike obremenitve okolja predvsem s CO<sub>2</sub>, ki pa se mu mora Slovenija izogibati že zaradi podpisanega Kjotskega protokola in obveznosti, ki jih je prevzela s tem. Plinske elektrarne proizvajajo manj CO<sub>2</sub> in so torej okoljsko sprejemljivejše. Hkrati so jedrske

---

<sup>84</sup> Glej poglavje 5.1.

<sup>85</sup> UL RS št. 57/2004 z dne 27.5.2004.

<sup>86</sup> Na sliki je prikazana samo polovica celotne proizvodnje NEK, saj slika v bistvu prikazuje porabo; zaradi fizikalnih zakonitosti je poraba vedno enaka proizvodnji, vprašanje je le, koliko proizvodnje se porabi na domačem trgu. Zaradi Sporazuma, sklenjenega med izvršnim svetom Skupščine SR in izvršnim svetom Sabora SR Hrvaške o graditvi skupne atomske elektrarne (Ur. l. SRS št. 44/1970), se polovica proizvodnje NEK porabi na hrvaškem trgu.

elektrarne zgrajene tako, da zagotavljajo pasovno energijo, poleg tega pa pri delovanju ni veliko neposrednih vplivov na okolje in problem ostaja le odlagališče VRAO, ne pa toplogredni plini.

Glede na opisane in demonstrirane vplive na okolje, ki jih imajo različni tipi elektrarn na okolje, je torej mogoče sklepati, da sta najprimernejša tipa elektrarne, ki bi lahko nadomestila proizvodnjo električne energije, ko bo NEK nehala delovati, plinska in jedrska elektrarna. Vendar pa če pri vsem upoštevamo še dostopnost virov in zanesljivost oskrbe, o čemer je tudi bilo govora v pričujočem diplomskem delu, je v prednosti vsekakor jedrska elektrarna. Zadostne zaloge goriva namreč pomenijo, da lahko obravnavamo jedrsko gorivo kot domači vir<sup>87</sup> (Zelena knjiga 2000b: 38), medtem ko zemeljski plin ni tako zanesljiv, čeprav se seveda da z diversifikacijo ponudnikov zanesljivost dobave povečati, domači vir pa zemeljski plin ne bo, saj v Sloveniji ni nahajališč, prav tako pa ne obstajajo tako velika skladišča za zemeljski plin, da bi ga zaradi količine zalog lahko obravnavali kot domači vir. Poleg tega je treba upoštevati tudi, da naj bi nova elektrarna, ki bi nadomestila NEK, začela obratovati leta 2023 in obratovala vsaj 40 let, zaloge zemeljskega plina po svetu pa so ob današnji porabi ocenjene na 60 let, kar je ravno iztek predvidene obratovalne dobe elektrarne. Ob praznjenju zalog pa je pričakovati, da bodo cene poskočile in električna energija iz plinskih elektrarn bo posledično izredno draga.

Po drugi strani so ocene o zalogah urana in drugih jedrskih gorivih veliko bolj optimistične, saj naj bi jih po nekaterih ocenah bilo mogoče izkoriščati vsaj še nekaj tisoč let. Problem, ki ga predstavlja jedrska elektrarna, je, kot že omenjeno, odlagališče VRAO, vendar pa je to problem že sedaj in odpadke, ki bodo nastali v vsej dobi obratovanja NEK, bomo morali nekje odložiti. Izgradnja odlagališča ali drugačna ureditev, povezana z VRAO za novo elektrarno, ki bi začela delovati leta 2023 in bi po sedanjih standardih proizvajala električno energijo vsaj 40 ali 60 let, bi tako že temeljila na izkušnjah in pričakovati je, da bodo do takrat vsaj v državah z velikimi jedrskimi programi, kot sta Francija in ZDA, našli ustrezne rešitve, če jih že ne bomo razvili v Sloveniji.

---

<sup>87</sup> Iz ene tone naravnega urana lahko pridobimo več kot 40 milijonov kilovatnih ur električne energije. Za isto količino električne energije bi morali pokuriti več kot 16.000 ton črnega premoga ali 80.000 sodčkov nafte. (Električna energija iz jedrskih elektrarn, Izobraževalni center za jedrsko tehnologijo, dostopno na medmrežju na <http://www2.ijs.si/~icjt/djs/kakoje/uvod2.html>, 1.6.2003.) Takšen energijski izkoristek zagotavlja, da lahko večje zaloge urana obravnavamo kot domači vir, saj je mogoče shraniti večletne zaloge urana.

Na koncu je treba dodati tudi ugotovitev, da je bila Francija, kjer prevladujejo jedrske elektrarne, v zadnjih 15-ih letih med izbranimi državami edina neto izvoznica električne energije. Glede na ceno, ki jo električna energija dosega, in možnost zagotavljanja energijske neodvisnosti države vsaj na tem področju, so jedrske elektrarne, ob zagotovitvi ustreznega hlajenja, najboljša rešitev izmed treh opcij.

Glede na podana dejstva in statistične podatke je mogoče potrditi hipotezo, da je najboljši tip elektrarne, ki bi nadomestila NEK po izteku njene življenjske dobe, ob upoštevanju čim manjšega vpliva na okolje in zagotovljeno dobavo vira ter ob upoštevanju izkušenj, ki so si jih nabrali v izbranih državah, jedrska elektrarna. Ali bo zgrajena ali ne, pa ni odvisno samo od predstavljenih dejstev, temveč od množice različnih dejavnikov, ki niso nujno povezani s strokovnimi ugotovitvami – med drugim tudi takih, kot je politična volja.

## 9. VIRI

### LITERATURA:

1. ESA (2003): *Annual Report 2002*. <http://europa.eu.int/comm/euratom/ar/ar2002.pdf> (22.3.2004).
2. ARAO (1995) *Ravnanje z radioaktivnimi odpadki v Sloveniji*. Ljubljana: ARAO.
3. COM (2000) 769 final - *Technical Document*. [http://www.europa.eu.int/comm/energy\\_transport/doc-technique/doctechlv-en.pdf](http://www.europa.eu.int/comm/energy_transport/doc-technique/doctechlv-en.pdf) (4.6.2003).
4. DEM (2000) *Dravske elektrarne Maribor, predstavitvena brošura*. Maribor: DEM.
5. IEA (1999) *Energy Policies of IEA Countries, Austria, 1998 Review*. IEA, <http://www.iea.org/pubs/reviews/files/austria/07-aus.htm>, 14.5.2003.
6. DG TREN (2002) *EU Annual Energy Review 2001*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
7. DG TREN (2003) *EU Energy and Transport in Figures 2003*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
8. Tuma, Matija (2001) Intervju. *Delo, Sobotna priloga*, 29.9.2001: 20.
9. MOPE, Urad za energetiko, dokumenti za interno uporabo, 18.9.2003.
10. ISEG (2000) *NEK Performance Indicators 2000*. Krško: ISEG.
11. Novak, Peter; Medved, Sašo (2000) *Energija in okolje: izbira virov in tehnologij za manjše obremenjevanje okolja : energija - gibalno razvoja, vplivi energetskega pretvorba na okolje, proizvodnja in varčna raba električne energije, promet in okolje, energetska prihodnost*. Ljubljana: Svet za varstvo okolja Republike Slovenije.
12. Autorité de Sûreté Nucléaire (2003) *Nuclear Safety in France in 2002*. Pariz: Autorité de Sûreté Nucléaire.
13. Društvo jedrskih strokovnjakov Slovenije (2000) *Nucleus 1, 2000*. Društvo jedrskih strokovnjakov Slovenije, <http://cathy.ijs.si/~icjt/djs/nucleus/nuc001.html> (30.10.2003).
14. ARAO (1995) *Radioaktivno sevanje*, zloženska. Ljubljana: ARAO.
15. Društvo jedrskih strokovnjakov (2001) *Slikovni atlas jedrske tehnologije*. Ljubljana: Društvo jedrskih strokovnjakov.
16. MOPE (2003) *Statistični letopis slovenskega elektrogospodarstva 2002*. Maribor: MOPE.
17. Strange, Susan (1993) *States and Markets*. London: Pinter.
18. TEŠ (2000) *TEŠ Letno poročilo 1999*. Šoštanj: Termoelektrarna Šoštanj.
19. TEŠ (2003) *TEŠ Letno poročilo 2002*. Šoštanj: Termoelektrarna Šoštanj.

20. EA (2000) *The UK Electricity Industry and the Environment 2000*. London: Electricity Association. [http://www.electricity.org.uk/media/documents/pdf/elec\\_and\\_env\\_report\\_00.pdf](http://www.electricity.org.uk/media/documents/pdf/elec_and_env_report_00.pdf) (27.7.2003).
21. DTI (2002) *UK Energy in Brief, 2001*. London: DTI.

#### MEDMREŽJE:

1. ANDRA – Les Déchets (<http://www.andra.fr/eng/dechets/index.htm>) (30.10.2003).
2. ANDRA, Three Branches of Activity ([http://www.andra.fr/interne.php3?id\\_rubrique=117](http://www.andra.fr/interne.php3?id_rubrique=117)) (10.2.2004).
3. ARAO, Kje v Sloveniji odložiti NSRAO, karta izhodiščnih potencialnih območij za iskanje lokacije odlagališča NSRAO ([http://www.sigov.si/arao/model/g\\_index.htm](http://www.sigov.si/arao/model/g_index.htm)) (17.11.2003).
4. BBC, Climate Change, Environment and Nature, Taming the Yangtze River (<http://www.bbc.co.uk/weather/features/threegorgesdam.shtml>) (31.5.2004).
5. DEM, okolje (<http://www.dem.si/okolje.html>) (30.10.2003).
6. DEM, Pogled v preteklost in prihodnost (<http://www.dem.si/pogled.html>) (12.3.2004).
7. DEM, Proizvodnja (<http://www.dem.si/proizvodnja.html>) (27.7.2003).
8. DTI, Coal, An Overview of the Coal Industry in the UK ([http://www.dti.gov.uk/energy/coal/uk\\_industry/index.shtml](http://www.dti.gov.uk/energy/coal/uk_industry/index.shtml)) (18.9.2003).
9. DTI, Oil and Gas, Offshore Oil and Gas Pipelines ([http://www.og.dti.gov.uk/information/bb\\_updates/appendices/Appendix14.htm](http://www.og.dti.gov.uk/information/bb_updates/appendices/Appendix14.htm)) (17.1.2004).
10. Durham Mining Museum, Mining History (<http://www.dmm.org.uk/history/vhced1.htm>) (17.1.2004).
11. Električna energija iz jedrskih elektrarn (<http://www2.ijs.si/~icjt/djs/kakoje/uran.html>) (1.6.2003).
12. Energy Information Agency ([http://www.eia.doe.gov/cneaf/electricity/page/co2\\_report/co2report.html#table\\_4](http://www.eia.doe.gov/cneaf/electricity/page/co2_report/co2report.html#table_4)) (30.10.2003).
13. European Energy Exchange (<http://www.eex.de/>) (2.6.2004).
14. Europex ([http://www.europex.org/images/Market\\_Results.pdf](http://www.europex.org/images/Market_Results.pdf)) (2.6.2004).
15. Global Warming, what it is... (<http://www.epa.gov/globalwarming/kids/gw.html>) (30.10.2003).
16. Greenhouse Effect (<http://www.epa.gov/globalwarming/kids/greenhouse.html>) (30.10.2003).



17. Information and Issue Briefs, Mixed Oxide Fuel (MOX) (<http://world-nuclear.org/info/inf29.htm>) (26.2.2004).
18. Information and Issue Briefs, Nuclear Power in the United Kingdom (<http://www.world-nuclear.org/info/inf84.htm>) (23.1.2004).
19. National Statistics Online, Oil and Gas Reserves 1991 and 2001 (<http://www.statistics.gov.uk/STATBASE/Expodata/Spreadsheets/D6492.xls>) (18.9.2003).
20. Nuclear Electricity – External Costs (<http://www.world-nuclear.org/education/ne/ne6.htm#6.2>) 30.10.2003.
21. Power Plants on the Danube ([http://www.verbund.at/en/Extra/Powerplants/Donau\\_e/index.htm](http://www.verbund.at/en/Extra/Powerplants/Donau_e/index.htm)) (30.10.2003).
22. Profile, Introduction – Nuclear Power in France, Embassy of France in the US (<http://www.info-france-usa.org/intheus/nuclear/profile/introduc/foreword.asp>) (9.8.2003).
23. RTH, Predstavitev (<http://www.rth.si/index.php?id=2803>) (12.3.2004).
24. Survey of Energy Resources, Coal (Including Lignite) (<http://www.worldenergy.org/wec-geis/publications/reports/ser/coal/coal.asp>) (30.10.2003).
25. Survey of Energy Resources, Hydropower (<http://www.worldenergy.org/wec-geis/publications/reports/ser/hydro/hydro.asp>) (29.7.2003).
26. Survey of Energy Resources, Natural gas (<http://www.worldenergy.org/wec-geis/publications/reports/ser/gas/gas.asp>) (28.10.2003).
27. Survey of Energy Resources, Uranium (<http://www.worldenergy.org/wec-geis/publications/reports/ser/uranium/uranium.asp>) (29.7.2003).
28. TEŠ, Termoelektrana Šoštanj skozi zgodovino ([http://www.te-sostanj.si/default\\_1.asp?n=\[1\]\[2\]\[4\]&p=content](http://www.te-sostanj.si/default_1.asp?n=[1][2][4]&p=content)) (12.3.2004).
29. US NRC – Fact Sheet on Nuclear Reactor Licence Renewal (<http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/fact-sheets/license-renewal.html>) (17.11.2003).

#### DOKUMENTI:

1. Atomspergesetz BGBl 1978/676.
2. Konvencija o sodelovanju pri varstvu in trajnostni uporabi reke Donave. Ur.l. RS-MP, št. 12/1998.
3. Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change, 11. December 1997. Besedilo Protokola je dostopno na: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf> (14.5.2003).

4. Resolucija o Nacionalnem energetskega programu. UL RS št. 57/2004.
5. Council Decision of 25 April 2002 concerning the approval, on behalf of the European Community, of the Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change and the joint fulfilment of commitments thereunder. 2002/358/EC.
6. Skupna konvencija o varnosti ravnanja z izrabljenim gorivom in varnosti ravnanja z radioaktivnimi odpadki. Ur.l. RS-MP, št. 3/99.
7. Sporazum med FLRJ in Republiko Avstrijo o vodnogospodarskih vprašanjih mejnega toka Mure in obmejnih voda Mure. Ur.l. FLRJ-MP, št. 10/1956.
8. Sporazum med izvršnim svetom Skupščine SR in izvršnim svetom Sabora SR Hrvaške o graditvi skupne atomske elektrarne. Ur. l. SRS, št. 44/1970.
9. Sporazum med vlado FLRJ in zvezno vlado Republike Avstrije o vodnogospodarskih vprašanjih, ki se tičejo Drave. Ur.l. FLRJ-MP, št. 1/1955.
10. Strategija ravnanja z izrabljenim jedrskim gorivom, 1996. Besedilo dostopno na: <http://www.sigov.si/arao/pdf/strategijagorivo.pdf> (23.5.2003).
11. United Nations Framework Convention on Climate Change, 9.5.1992. Besedilo Konvencije je dostopno na: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf> (14.5.2003).