

UNIVERZA V LJUBLJANI  
EKONOMSKA FAKULTETA

MAGISTRSKO DELO

ANJA PETKO



UNIVERZA V LJUBLJANI  
EKONOMSKA FAKULTETA

MAGISTRSKO DELO

**ANALIZA POSLEDIC ZAPRTJA JEDRSKIH ELEKTRARN V NEMČIJI**

Ljubljana, maj, 2013

ANJA PETKO

## IZJAVA O AVTORSTVU

Spodaj podpisana Anja Petko, študentka Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, izjavljam, da sem avtorica magistrskega dela z naslovom Analiza posledic zaprtja jedrskih elektrarn v Nemčiji, pripravljenege v sodelovanju s svetovalcem doc. dr. Matejem Švigljem.

Izrecno izjavljam, da v skladu z določili Zakona o avtorskih in sorodnih pravicah (Ur. l. RS, št. 21/1995 s spremembami) dovolim objavo magistrskega dela na fakultetnih spletnih straneh.

S svojim podpisom zagotavljam, da

- je predloženo besedilo rezultat izključno mojega lastnega raziskovalnega dela;
- je predloženo besedilo jezikovno korektno in tehnično pripravljeno v skladu z Navodili za izdelavo zaključnih nalog Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, kar pomeni, da sem
  - poskrbela, da so dela in mnenja drugih avtorjev oziroma avtoric, ki jih uporabljam v magistrskem delu, citirana oziroma navedena v skladu z Navodili za izdelavo zaključnih nalog Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, in
  - pridobila vsa dovoljenja za uporabo avtorskih del, ki so v celoti (v pisni ali grafični obliki) uporabljena v tekstu, in sem to v besedilu tudi jasno zapisala;
- se zavedam, da je plagiatstvo – predstavljanje tujih del (v pisni ali grafični obliki) kot mojih lastnih – kaznivo po Zakonu o avtorskih in sorodnih pravicah (Ur. l. RS, št. 21/1995 s spremembami);
- se zavedam posledic, ki bi jih na osnovi predloženega magistrskega dela dokazano plagiatstvo lahko predstavljalo za moj status na Ekonomski fakulteti Univerze v Ljubljani v skladu z relevantnim pravilnikom.

V Ljubljani, dne 03. 05. 2013

Podpis avtorice: \_\_\_\_\_

# KAZALO

<b>UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>1 JEDRSKA ENERGIJA</b> .....	<b>3</b>
1.1 Pomen jedrske energije v Evropski uniji.....	5
1.1.1 Zakonski okvir v EU .....	9
1.2 Pomen jedrske energije v Nemčiji .....	10
1.2.1 Spremenljiv odnos do jedrskih elektrarn v Nemčiji skozi čas .....	15
1.3 Odnos javnosti do jedrskih elektrarn.....	16
1.3.1 Odnos javnosti do jedrskih elektrarn v Nemčiji.....	18
<b>2 PREDNOSTI IN SLABOSTI JEDRSKIH ELEKTRARN</b> .....	<b>18</b>
2.1 Prednosti jedrskih elektrarn.....	19
2.1.1 Stroškovna primerjava.....	19
2.1.2 Emisije CO2 .....	23
2.2 Slabosti jedrskih elektrarn .....	25
2.2.1 Radioaktivni odpadki .....	26
2.2.2 Jedrske nesreče .....	27
2.2.3 Negativen vpliv na okolje .....	32
<b>3 ANALIZA POSLEDIC ZAPRTJA JEDRSKIH ELEKTRARN V NEMČIJI</b> .....	<b>32</b>
3.1 Razlogi za zaprtje .....	35
3.2 Nadomestni viri energije .....	35
3.2.1 Nemčija kot vodilna država pri uporabi obnovljivih virov .....	37
3.3 Možne posledice zaprtja jedrskih elektrarn.....	42
3.3.1 Neposredni učinek.....	44
3.3.2 Posredni učinek .....	45
3.3.3 Stroški razgradnje.....	46
3.4 Usklajenost zaprtja jedrskih elektrarn z okoljskimi cilji .....	47
3.5 Možnost ponovne uvedbe jedrskih elektrarn v Nemčiji.....	51
<b>SKLEP</b> .....	<b>51</b>
<b>LITERATURA IN VIRI</b> .....	<b>54</b>
<b>PRILOGA</b>	

## KAZALO TABEL

Tabela 1: Odstotek elektrike, proizvedene v različnih nemških elektrarnah (2000–2009) .....	12
Tabela 2: Lastniški delež v 9 delujočih nemških jedrskih elektrarnah leta 2012.....	14
Tabela 3: Primerjava elektrarn .....	22
Tabela 4: Stroškovna primerjava elektrarn .....	23
Tabela 5: Nemški cilji iz leta 2010.....	34
Tabela 6: Vodilnih 5 držav po investicijah v obnovljive vire leta 2010 .....	37
Tabela 7: Vodilnih 5 držav po obstoječih kapacitetah obnovljivih virov leta 2010 .....	38
Tabela 8: Predvidene posledice klimatskih sprememb na način proizvodnje elektrike.....	49

## KAZALO SLIK

Slika 1: Zagon in zaprtje jedrskih reaktorjev med leti 1956 in 2011 .....	4
Slika 2: Jedrske elektrarne v Evropi leta 2012 .....	6
Slika 3: Vodilnih 5 držav dobaviteljic urana za EU leta 2010 .....	7
Slika 4: Odstotek elektrike proizvedene v jedrskih elektrarnah v državah članicah EU (2010)	8
Slika 5: Lokacije jedrskih elektrarn v Nemčiji in sosednjih državah leta 2010 .....	11
Slika 6: Vpliv spremembe cene goriv na stroške proizvodnje elektrike leta 2008 .....	21
Slika 7: Emisije CO <sub>2</sub> po sektorjih v Nemčiji leta 2009 .....	24
Slika 8: Emisije CO <sub>2</sub> pri različni proizvodnji elektrike .....	25
Slika 9: Mednarodna lestvica jedrskih in radioloških dogodkov INES .....	29
Slika 10: Zmanjšanje življenjske dobe zaradi emisij različnih elektrarn v Nemčiji leta 2010	32
Slika 11: Cene elektrike za gospodinjstva in industrijo leta 2011 v evropskih državah.....	33
Slika 12: Vodilnih 5 držav v proizvodnji sončne energije leta 2010 .....	38
Slika 13: Sprememba uvoza in izvoza elektrike v Nemčiji v primeru moratorija .....	42
Slika 14: Oblikovanje novega ravnotežja zaradi zaprtja jedrske elektrarne .....	44
Slika 15: Ohranitev ravnotežja z uporabo obnovljivih virov .....	46
Slika 16: Doseganje ciljev Kjotskega protokola v EU-25 leta 2006.....	48

## UVOD

V Evropski Uniji (v nadaljevanju EU) je poraba energije vedno večja, večja se tudi uvoz energentov, kar povečuje energetska odvisnost celotne EU. Če na tem področju ne bo prišlo do korenitih sprememb v nadaljnjih 20 letih, bo potrebno približno 70 odstotkov potrebne energije pokriti z uvozom. Poleg grožnje prekomerne odvisnosti od uvoza, se EU sooča tudi s potrebo po zmanjševanju škodljivih emisij, kar se prav tako odraža na energetske sektorju (De Esteban, 2002, str. 1).

Leta 2008 je jedrska energija predstavljala 6 odstotkov svetovne proizvodnje električne energije. Do leta 2035 naj bi proizvodnja elektrike v jedrskih elektrarnah narasla za več kot 70 odstotkov. V primeru povečanega trenda zapiranja jedrskih elektrarn, se bo povečala uporaba fosilnih goriv, zvišale se bodo cene elektrike, zmanjšala energetska varnost, težje in dražje bo tudi doseganje ciljev za ohranitev okolja (European Commission, 2011c, str. 4; International Energy Agency, 2011, str. 5). Leta 2011 je na svetu obstajalo 437 jedrskih elektrarn, ki so proizvajale približno 14 odstotkov elektrike. Napovedi kažejo, da se bo število jedrskih elektrarn do leta 2050 povečalo še za 600 elektrarn. Jedrska energija ima v EU pomembno vlogo, saj je ravno Evropa kontinent z največjim številom jedrskih reaktorjev (143). Leta 2009 je jedrska energija, proizvedena v 15 državah članicah EU, predstavljala 28 odstotkov vse proizvedene električne energije, v termoelektrarnah na premog je bilo proizvedenih 29 odstotkov energije, v termoelektrarnah na zemeljski plin 23 odstotkov, iz obnovljivih virov pa je bilo pridobljene 16 odstotkov električne energije. Istega leta je jedrska energija predstavljala 14 odstotkov vse porabljene energije v EU (Andoura, Cöeffé & Dobrostamat, 2011, str. 4; European Commission, 2011c, str. 4).

Po nesreči, ki je marca 2011 prizadela jedrsko elektrarno Fukushima (v nadaljevanju Fukušima) na Japonskem, je Evropski svet 24. in 25. marca istega leta odločil, da morajo vse jedrske elektrarne v EU prestati nov varnostni test oziroma stresne teste (angl. *stress tests*) (European Nuclear Safety Regulatory Group & European Commission, 2011, str. 1). Nemčija se je ob tem odločila sprejeti še strožje ukrepe, saj namerava do leta 2022 dokončno zapreti vse svoje jedrske elektrarne, pa čeprav je do marca 2011 v 17 jedrskih elektrarnah proizvedla 28 odstotkov vse električne energije (Ratner, 2011). Izgubljen delež namerava nadomestiti s povečano uporabo obnovljivih virov. V Nemčiji je leta 2008 izvoz električne energije presegel uvoz, hkrati gre za eno največjih držav uvoznic fosilnih goriv (zemeljskega plina, premoga in nafte) na svetu. Če Nemčija ne bi mogla sama nadomestiti izgubljenega deleža elektrike ob zaprtju jedrskih elektrarn do leta 2022, bi poleg uvoznice fosilnih goriv lahko postala tudi uvoznica elektrike (Nuclear Power in Germany, 2011). Zaprtje jedrskih elektrarn bi lahko imelo posledice tudi za druge države, kar pomeni, da odločitev o zaprtju ne zadeva samo Nemčije, ampak je pomembna na mednarodni ravni (Nuclear Power in Germany, 2011).

Ideja o zaprtju jedrskih elektrarn je že dlje časa podvržena kritikam, ki opozarjajo predvsem na tri najpomembnejša vprašanja. Prvo problematizira varnost oziroma zanesljivost ponudbe električne energije po zaprtju jedrskih elektrarn, s čimer je povezan tudi strah pred odvisnostjo od tujih proizvajalcev in uvoza. Drugo vprašanje se nanaša na možno povišanje cen električne energije, ki bi prizadele končne uporabnike. Tretje vprašanje pa je povezano z okoljskim vplivom, ki združuje problematiko emisij ogljikovega dioksida (v nadaljevanju CO<sub>2</sub>), in jedrskih odpadkov. Zaradi uporabe nadomestnih virov, ki uporabljajo tudi fosilna goriva, bi se emisije CO<sub>2</sub> lahko povečale, kar je v nasprotju z globalnim prizadevanjem za zmanjšanje emisij. Vseeno se pri rabi nadomestnih virov pričakuje prevlada obnovljivih virov (Bode, 2009, str. 2).

Namen magistrske naloge je, s pomočjo tuje znanstvene in strokovne literature, proučiti nemško odločitev o zaprtju jedrskih elektrarn in analizirati posledice te odločitve. Raziskala bom, zakaj je Nemčija takšno odločitev sprejela, kako bo ta vplivala na trg električne energije, katere načine proizvodnje električne energije je predvidela za nadomestitev izgubljenega deleža energije in kako uspešna bo njena odločitev. V magistrskem delu bom analizirala tudi skladnost odločitve o zaprtju z okoljskimi cilji.

Cilj magistrskega dela je, s pomočjo analize sekundarnih virov, preveriti hipotezo, da izgub pri proizvodnji električne energije, do katerih bo prišlo ob zaprtju jedrskih elektrarn v Nemčiji, ne bo mogoče v celoti nadomestiti s cenovno primerljivimi nadomestnimi viri, kar bo povzročilo rast cen električne energije. Zaradi zaprtja jedrskih elektrarn bo Nemčija težje, ali pa tudi ne bo dosegla svojega cilja zmanjšanja emisij CO<sub>2</sub>. Z magistrskim delom bom tako pokazala, da so jedrske elektrarne eden pomembnejših virov električne energije in raziskala, ali bo imela odločitev o njihovem zaprtju večinoma negativne ali pozitivne posledice na trg električne energije. Prav tako bom preverila posledice zaprtja jedrskih elektrarn na doseganje ciljev o zmanjšanju emisij CO<sub>2</sub>. Z ugotovitvami tujih strokovnjakov in z lastnimi ugotovitvami bom skušala pripomoči k razumevanju posledic na trgu električne energije, do katerih bo prišlo ob zaprtju jedrskih elektrarn.

Magistrsko delo je sestavljeno iz treh glavnih vsebinskih poglavij. Prvo poglavje predstavlja teoretičen okvir, v katerem je razdelan pomen jedrske energije v EU in Nemčiji. V drugem poglavju, s primerjavo prednosti in slabosti uporabe jedrskih elektrarn, analiziram razloge za in proti njihovi rabi. V tretjem poglavju sledi analiza posledic zaprtja jedrskih elektrarn v Nemčiji. V tem poglavju podrobneje obravnavam nemško odločitev o zaprtju jedrskih elektrarn, pri čemer me še posebej zanima usklajenost odločitve z okoljskimi cilji. Magistrsko delo zaključim s sklepnimi ugotovitvami.

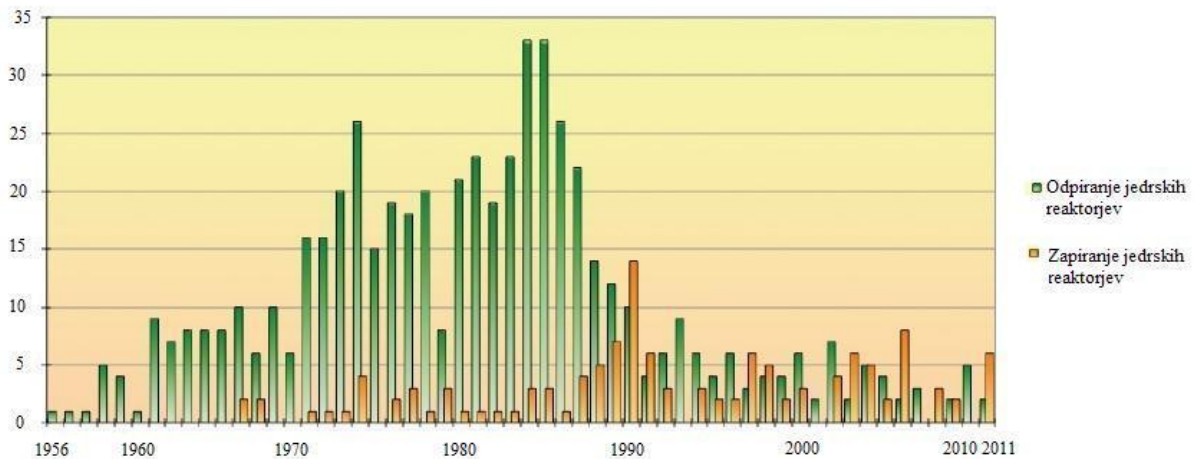


# 1 JEDRSKA ENERGIJA

Uporaba jedrskih reaktorjev za komercialne namene se je začela v 50. letih 20. stoletja. Prvi komercialni reaktor so zgradili leta 1951, prvo komercialno jedrsko elektrarno pa so odprli leta 1956 v Angliji (Furber, Warf & Plotkin, 2008, str. 41; Nuclear power plants world-wide, 2012). Trend odpiranja in zapiranja jedrskih reaktorjev se je spreminjal skozi čas, kar prikazuje Slika 1. V obdobju od leta 1956 do leta 2011 je prišlo do dveh valov povečanega odpiranja jedrskih reaktorjev; leta 1974 ter v obdobju med letoma 1984 in 1985. Leta 1990 se je prvič zgodilo, da je število zaprtih reaktorjev preseгло število reaktorjev, ki so jih odprli istega leta (Schneider, Froggatt & Thomas, 2011, str. 11–12). Po letu 1990 se je pričelo obdobje, ko je bilo letno število na novo odprtih jedrskih reaktorjev nižje od 10. Razlogov za upočasnitev jedrskega programa je bilo več, prvi med njimi sta bili jedrski nesreči (Three Mile Island leta 1979 in Černobil leta 1986), drugi nizke cene fosilnih goriv, tretji pa ugotovitev, da posledice naftne krize niso bile tako močne, kot so predvidevali, saj je bila ponudba nafte stabilna (Nuclear Energy Agency, 2007, str. 19).

Razlogov za odprtje novih jedrskih elektrarn je več. Glavni je ta, da je potrebno ob zaprtju elektrarne odpreti novo, saj poraba električne energije skozi čas narašča. Naslednji razlog je, da so emisije CO<sub>2</sub>, žvepovega dioksida (SO<sub>2</sub>) in dušikovih oksidov (NO<sub>x</sub>), ki nastanejo ob delovanju jedrskih elektrarn, v primerjavi s termoelektrarnami na zemeljski plin ali premog ter sončnimi elektrarnami, bistveno nižje. Tretji razlog je, da je v primerjavi s termoelektrarnami na premog ali zemeljski plin, vetrnimi elektrarnami, hidroelektrarnami in sončnimi elektrarnami, raba zemljišča pri jedrskih elektrarnah najbolj učinkovita, najnižje pa so tudi emisije prašnih delcev. Jedrske in vetrne elektrarne imajo tudi najnižje eksterne stroške, med katere uvrščamo toplogredne pline, zdravje ljudi, biotsko raznovrstnost, spremembo rabe zemljišč in druge vplive (Denk, 2012). Danes je na svetu 437 delujočih jedrskih elektrarn, najvišje število (444) pa so te dosegle leta 2002. Njihova povprečna starost je 26 let. Razvoj jedrskih elektrarn, ki predstavljajo zrelo tehnologijo, je pomembnejši v razvitih in tranzicijskih državah kot v državah v razvoju (Nuclear Energy Agency, 2007, str. 17; Schneider et al., 2011, str. 12–15).

Slika 1: Zagon in zaprtje jedrskih reaktorjev med leti 1956 in 2011



Vir: IAEA v Schneider et al., *Nuclear Power in a Post-Fukushima World*, 2011, str. 12.

Podobno kot pri termoelektrarnah, ki uporabljajo fosilna goriva, je tudi pri jedrskih elektrarnah proces proizvodnje elektrike termalen, saj se proizvaja para, ki poganja turbino. Ključna razlika je vir toplote, ki povzroča nastanek pare. Jedrske elektrarne namreč paro oziroma posledično elektriko proizvajajo s pomočjo velike količine energije, ki se sprošča ob cepitvi jedra na manjše dele, na primer urana (Rademaekers, van der Laan, Boeve & Lise, 2011, str. 25). Ta postopek imenujemo jedrska fisija oziroma cepitev. Obstaja tudi obraten postopek, ki mu pravimo jedrska fuzija, kjer se manjši atomi zlivajo v večji atom, vendar do te pride le pod ekstremnimi pogoji (Breeze, 2005, str. 251–252). Pri cepitvi se sproščajo hitri nevtroni in toplota. Sproščeni nevtroni lahko sami sprožijo nove cepitve, kar povzroči verižno reakcijo. Za verižno reakcijo so najprimernejši počasni nevtroni, vendar pri cepitvi nastanejo hitri nevtroni, zato v jedrskih reaktorjih uporabljajo snov iz lahkih atomov imenovano moderator, s katero upočasnijo hitre nevtrone. Toploto, ki nastane v verižni reakciji, odvaja hladilo. Jedrski reaktor, v katerem poteka takšna verižna reakcija, vsebuje gorivo (običajno uran oziroma uranov dioksid), moderator (voda, težka voda ali grafit), hladilo (voda, težka voda ali plin) in regulacijo, ki skrbi za potek reakcije in moč reaktorja (regulacijske palice ali dodatki v hladilu). Gorivo, ki ga uporabljajo v jedrskih elektrarnah, je v večini primerov obogaten uran. Gre za povečan delež izotopa  $^{235}\text{U}$ . Naravni uran namreč lahko uporabljajo le reaktorji, ki imajo za moderator težko vodo ali grafit. Gorivo je v obliki tabletk uranovega dioksida, ki so v reaktorju nepredušno zaprte v gorivni palici. Snop gorivnih palic sestavlja gorivni element, ki je v reaktorju približno 3 do 4 leta (Istenič et al., 2005, str. 25–26). Na vseh stopnjah jedrskega gorivnega ciklusa prihaja do nastanka radioaktivnih odpadkov, zato za vse stopnje obstajajo tudi varni načini upravljanja s temi odpadki. Ločimo nizko in srednje radioaktivne odpadke, katerih odlaganje in uničenje je lažje, ter visoko radioaktivne odpadke, ki povzročajo več težav pri odlaganju. V nasprotju z ostalimi industrijskimi odpadki postajajo radioaktivni manj nevarni, saj se stopnja radioaktivnosti s časom niža (Radioactive Waste Management, 2011).

## 1.1 Pomen jedrske energije v Evropski uniji

Da je jedrska energija za EU zelo pomembna, kaže že podpis Pogodbe o ustanovitvi Evropske skupnosti za atomsko energijo (v nadaljevanju Euratom) 25. marca 1957, ki skupaj s Pogodbo o ustanovitvi Evropske gospodarske skupnosti (v nadaljevanju EGS), tvori tako imenovano Rimsko pogodbo (Johnson, 1999, str. 150; Nuttall, 2008). V pogodbi Euratom, ki je v veljavo stopila 1. januarja 1958, je jedrska energija označena kot pomemben vir energije, ki se ne sme uporabljati v vojaške namene. V preambuli je zapisano, da predstavlja gonilo proizvodnje in da se podpisniki pogodbe zavzemajo, da bodo ustvarili razmere, ki so potrebne za razvoj močne jedrske industrije (Nuttall, 2008; Pogodba o ustanovitvi Evropske skupnosti za atomsko energijo, 1958). Čeprav je bila v letih od približno 1950 do 1960 ideja o skupni energetske politiki EU večkrat na dnevnem redu, do njene realizacije ni prišlo. Tako so o svojih energetskih politikah odločale države same, brez usmeritve s strani EU, vseeno pa so njihove odločitve vplivale tudi na ostale države članice (Harris, 2008, str. 113). V nasprotju z EGS, ki je doživela že več sprememb, "pomanjkanje" amandmajev pri Euratomu kaže na neenotno mnenje o jedrski energiji v EU.

Leta 2006 je uvožena nafta v 27 državah članicah EU (v nadaljevanju EU-27) predstavljala 83 odstotkov vse porabljene nafte, uvoz zemeljskega plina 55 odstotkov vsega porabljenega plina in uvoz premoga 58 odstotkov vsega porabljenega premoga (Eurostat, 2009, str. 5, 22). Po napovedih naj bi se odvisnost od uvoza nafte do leta 2030 povečala na 93 odstotkov, odvisnost od uvoza zemeljskega plina na 84 odstotkov in odvisnost od uvoza premoga na 59 odstotkov (Commission of the European Communities, 2007, str. 26). Ker se EU sooča z odvisnostjo od uvoza fosilnih goriv in urana, bi bilo bolje, da bi se energetska politika oblikovala na ravni EU. Za to obstaja več razlogov, od izkoristka ekonomij obsega za raziskave do zmanjšanja podvajanja del, vendar Nuttall (2008) meni, da do tega najverjetneje ne bo prišlo. Prav jedrska energija je v EU najprej veljala za najboljšo rešitev problematike vedno večje odvisnosti od uvoza fosilnih goriv, danes pa je uporaba jedrskih elektrarn utemeljena predvsem kot ekonomsko učinkovit način zniževanja emisij toplogrednih plinov, ki nastajajo ob proizvodnji elektrike. Zanimivo je, da je Nemčija, ki je sicer ena glavnih zagovornic EU, hkrati tudi ena izmed glavnih zagovornic mišljenja, da bi morala o svoji energetski politiki odločati vsaka država članica sama (Nuttall, 2008). Na Sliki 2 je vidna razporeditev vseh 185 jedrskih elektrarn v Evropi julija 2012, od tega jih je v EU zgrajenih 132.

Slika 2: Jedrske elektrarne v Evropi leta 2012



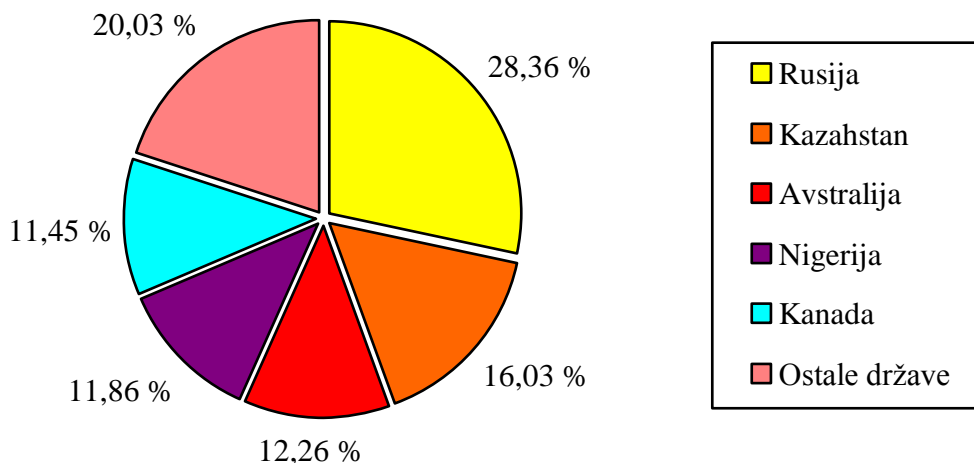
Vir: Nuclear power plants in Europe, 2012.

K bolj enotnemu pristopu in integriranemu notranjemu trgu na področju energetike je pozval tudi evropski komisar za okolje Günther H. Oettinger, ki meni, da trenutno stanje neenotnosti zmanjšuje varnost dobave in EU onemogoča, da bi izkoristila vse konkurenčne prednosti, ki bi jih imela, če bi nastopala kot enoten akter. Za cilj si je zadal, da bi bile vse države članice do leta 2015 integrirane v podobno enotno infrastrukturo, kakršna je že vzpostavljena za transport in telekomunikacije. Enoten notranji trg bi zmanjšal tudi težave, do katerih prihaja zaradi odlašanja investicij v posameznih državah. Vse elektrarne imajo namreč omejeno življenjsko dobo, zato bodo v prihodnosti potrebne investicije v že obstoječe elektrarne ali v izgradnjo novih. Države se bodo tako morale ukvarjati s stroški obnove ali izgradnje, z iskanjem primerne nadomestitve za izgubljeno proizvodnjo elektrike, s pospeševanjem uporabe obnovljivih virov energije in hkrati zmanjševati uporabo energentov, ki so škodljivi za okolje, saj bodo le tako lahko dosegle zastavljene cilje zmanjšanja emisij toplogrednih plinov. Vse to bi lahko potekalo lažje, če bi bile povezane v enotni trg. V prid vzpostavitvi enotnega trga govorijo tudi rezultati Nacionalnega akcijskega načrta za energetska učinkovitost v obdobju od leta 2008 do leta 2016, ki ne dosegajo zastavljenih ciljev. Težava je, da premik k večji uporabi obnovljivih virov in povečanje energetske učinkovitosti v transportu potekata prepočasi. Vzpostavitev enotnega trga bi imela prednosti tudi za končne uporabnike, saj bi povezan sistem omogočal večjo transparentnost, dostopnost in hkrati več možnosti izbire ponudnikov elektrike, kar bi lahko pomenilo nižje cene elektrike (European Commission, 2011b, str. 1, 5). Poleg pomena enotnega trga znotraj EU, ne smemo pozabiti na

možnosti mednarodnega sodelovanja. Klimatske spremembe namreč niso lokaliziran, temveč globalni problem, kar pomeni, da unilateralne odločitve EU o razvoju in implementaciji energetske politike niso najboljša odločitev. Dejavnosti, pri katerih bi bilo potrebno izboljšati raven sodelovanja so: regijsko energetske sodelovanje, mednarodno energetske trgovanje in razvoj (Eurostat, 2009, str. 7).

Kot je bilo omenjeno že v prejšnjem poglavju, jedrske elektrarne kot gorivo uporabljajo uran, katerega nahajališča niso prisotna v vseh državah. Evropski trg urana predstavlja tretjino svetovnega trga, leta 2010 pa je uran zanj dobavljalo več kot 10 ponudnikov. Slika 3 prikazuje vodilne dobaviteljice urana za EU v letu 2010, ki so: Rusija, Kazahstan, Avstralija, Nigerija in Kanada. Te države s svojo ponudbo pokrijejo več kot tri četrtine povpraševanja na evropskem trgu. Ker pa se gorivo za jedrske elektrarne kupuje najmanj 24 mesecev vnaprej, se jedrska energija pojmuje kot domači vir, ne glede na to, kje je uran kupljen (Euratom Supply Agency, 2011, str. 14). Uran, ki izvira iz držav članic EU, večinoma iz Češke in Romunije, je zadostil le 3 odstotkom povpraševanja. Gre torej za podatek, ki dovolj nazorno pove, kolikšna je odvisnost EU od uvoza urana. Naraščajoče povpraševanje azijskih držav bi lahko v prihodnosti povzročilo spremembe ali nestabilnosti na trgu urana, kar je še razlog več za ponoven razmislek o skupni energetske politiki na ravni EU (Euratom Supply Agency, 2011, str. 14, 25).

Slika 3: Vodilnih 5 držav dobaviteljic urana za EU leta 2010

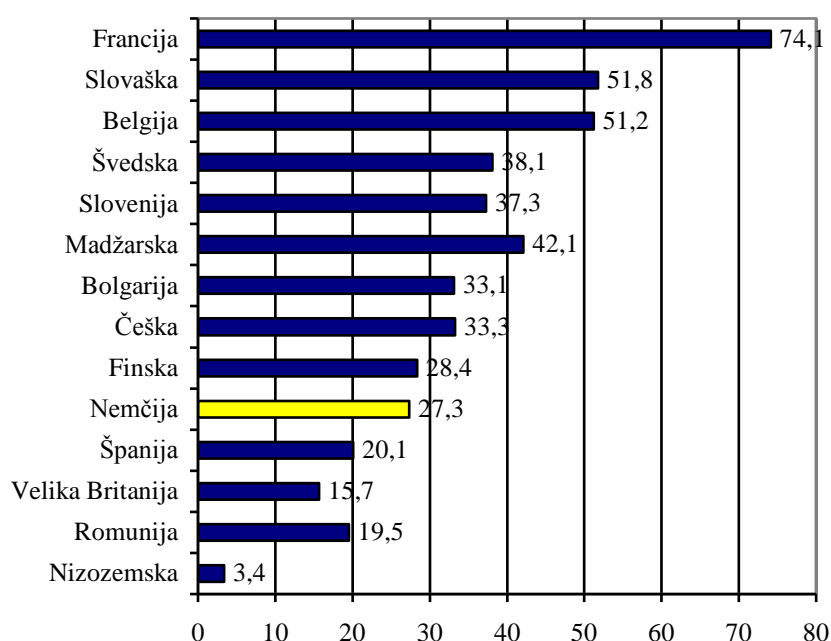


Vir: Euratom Supply Agency, Annual Report 2010, 2011, str. 25.

Kljub temu, da je jedrska energija za EU zelo pomembna, ta ne odloča o jedrski prihodnosti. O tem, katere vrste virov energije bodo v uporabi, namreč odločajo samo posamezne države (Johnson, 1999, str. 150). Uporaba jedrske energije za pridobivanje elektrike je med državami članicami različna. 12 držav članic jedrskih elektrarn ne uporablja, 15 ostalih članic z uporabo jedrske energije proizvede od 4 do 80 odstotkov vse elektrike (Rademaekers et al., 2011, str.

25). Mnenje o jedrskih elektrarnah ni enotno niti znotraj EU, kjer se države članice delijo v tri skupine. Prvo skupino predstavljajo države zagovornice jedrske energije, ki proizvajajo več kot tri četrtine elektrike v jedrskih elektrarnah (na primer Francija), v drugo skupino sodijo države, kjer poteka razprava o uporabi, sprejemljivosti ali obnovitvi jedrske energije (na primer Nemčija), v tretjo skupino pa se uvrščajo države, ki električne energije v jedrskih elektrarnah ne proizvajajo (na primer Irska) (Andoura et al., 2011, str. 4–5). Odstotek elektrike, proizvedene v jedrskih elektrarnah v državah članicah EU leta 2010, je prikazan na Sliki 4, na podlagi katere lahko sklepamo tudi o naklonjenosti posameznih držav do uporabe jedrske energije.

Slika 4: Odstotek elektrike proizvedene v jedrskih elektrarnah v državah članicah EU (2010)



Vir: Euratom Supply Agency, Annual Report 2010, 2011, str. 9.

Po nesreči, ki je prizadela jedrsko elektrarno Fukušima, se je EU odločila za nove varnostne ukrepe, med katerimi je tudi celostna ocena tveganja in varnosti (stresni testi) v posameznih jedrskih elektrarnah v EU. Z izvajanjem stresnih testov so morale elektrarne začeti najkasneje junija 2011. Jedrske elektrarne so oceno pridobile na podlagi preverjanj njihove odpornosti na zelo močne potrese in velike poplave, do katerih pride na manj kot vsakih 10.000 let. S testi so določili primernost in robustnost implementiranih varnostnih ukrepov ter, na mestih, kjer je bilo to potrebno, uvedli tehnične in organizacijske izboljšave. EU pri opravljanju stresnih testov najbolj poudarja transparentnost in vključevanje javnosti, z namenom, da bi bili ti razumljeni kot verodostojni (European Nuclear Safety Regulatory Group & European Commission, 2011, str. 1–3). Vsi operaterji jedrskih elektrarn v EU so morali analizirati reakcije in načine soočanja z nepričakovanimi povzročitelji nesreč v elektrarnah, ki jih vodijo. Ta poročila so najprej pregledali državni organi, ki so zadolženi za področje varnosti jedrskih

elektrarn, in na njihovi podlagi pripravili nacionalna poročila. Poročila so nato pregledale še skupine strokovnjakov (angl. *Review Teams*), ki jih je določila skupina evropskih regulatorjev za jedrsko varnost (angl. *European Nuclear Safety Regulatory Group*, v nadaljevanju ENSREG). Skupine strokovnjakov so s pregledi končale aprila 2012, končno poročilo je bilo Evropskemu svetu predano junija 2012 (EU Stress Tests, 2012). Prvi javni sestanek na temo stresnih testov je potekal 17. januarja 2012 v Bruslju, udeležilo se ga je 150 delegatov iz različnih držav. Z namenom, da bi javnost čim boljše seznanili z dogajanjem, je na sestanku potekala razprava z vprašanji in odgovori sodelujočih. Vsa vprašanja, odgovori, govori in predstavitve s sestanka so dostopni preko spleta, na voljo so tudi sprotne mesečna poročila (Public engagement, 2012). V februarjem poročilu je zapisano, da je vseh 15 držav članic EU, ki imajo jedrske elektrarne, predalo svoja nacionalna poročila, postopku sta se prostovoljno pridružili tudi Ukrajina in Švica. Pri pregledu so sodelovali tudi strokovnjaki iz držav članic, ki nimajo jedrskih elektrarn. Pregled strokovnjakov se je začel 1. januarja 2012 z oblikovanjem treh delovnih skupin. Sodelujoče države so za vse tri skupine pripravile predstavitve, preiskovalci so jim lahko postavljali vprašanja, predstavniki držav pa so imeli možnost predstaviti nove varnostne ukrepe, ki so jih sprejeli po nesreči v Fukušimi. V februarjem poročilu je zapisano tudi, da bodo skupine strokovnjakov marca 2012 pričele obiskovati države z jedrskimi elektrarnami, z namenom ogleda elektrarn in nadaljevanja pogovorov. Končno poročilo skupin strokovnjakov je ENSREG dobil v potrdilo 25. aprila 2012 (European Nuclear Safety Regulatory Group, 2012a). Dan kasneje je European Nuclear Safety Regulatory Group (2012b, str. 3) objavil končno poročilo, v katerem je zapisano, da so vse države izvedle ukrepe za zagotovitev povečane varnosti v jedrskih elektrarnah, pri katerih je na ravni EU opazna konsistenca pri prepoznavanju prednosti, slabosti in možnih izboljšav glede na izkušnje pridobljene po nesreči v Fukušimi. Posledici izvedbe stresnih testov sta povečanje robustnosti samih elektrarn in dodatno izobraževanje zaposlenih, s čimer bi bilo reagiranje v primeru resnih nesreč primernejše. Izpostavljene so tudi štiri možne izboljšave na ravni EU:

- oblikovanje enotnih ocen tveganj za naravne nesreče, kot so potresi, poplave in ekstremne vremenske razmere,
- ponovno preverjanje varnosti jedrskih elektrarn zaradi morebitnih naravnih nesreč, ki bi morale potekati na najmanj 10 let,
- implementacija ugotovitev o izboljšanju reaktorske posode,
- razširitev analize varnosti tudi na izredne in nepričakovane naravne nesreče.

### **1.1.1 Zakonski okvir v EU**

Kljub temu, da se evropske države o uporabi ali neuporabi jedrske energije odločajo same, obstaja v EU zakonski okvir, ki določa različne aspekte uporabe jedrskih elektrarn. V EU temelj jedrske zakonodaje predstavlja Euratom, katerega glavne naloge so pospeševati sodelovanje na področju raziskav jedrske energije, vzpostavitev skupnih varnostnih

standardov, zagotavljanje dobave jedrskega goriva, nadzorovanje miroljubne uporabe jedrske energije ter zagotavljanje sodelovanja z drugimi državami in mednarodnimi organizacijami. Euratom je leta 1958 ustanovil tudi Agencijo za oskrbo Euratom, katere naloga je prek skupne ponudbe zagotoviti vsem državam članicam EU dostop do jedrskega goriva in zagotoviti strokovno znanje o trgu jedrskega materiala oziroma goriva. Sedež agencije je v Luksemburgu, njeno delovanje nadzira Evropska komisija, ki lahko na vsako odločitev agencije vloži veto (Euratom Supply Agency, 2011; Nuclear energy, 2012).

Primarno zakonodajo (zakonodaja, ki določa osnovna pravila delovanja EU in pristojnosti njenih organov) na nacionalni ravni predstavlja Euratom, sekundarno zakonodajo (sprejeta na podlagi Euratoma; sem sodijo direktive, uredbe, odločbe, priporočila in mnenja) pa najpomembnejši dokumenti z različnih področij, ki zadevajo jedrsko varnost. Na področju jedrske varnosti je še posebej pomembna Direktiva Sveta 2009/71/Euratom iz leta 2009, ki določa vzpostavitev okvirjev za varnost jedrskih objektov v EU, pri ostalih tematikah pa izpostavljam sledeče dokumente. Tematiko varstva pred sevanjem določajo dve priporočili Komisije in štiri direktive, ki urejajo tematiko standardov varstva delavcev in prebivalcev pred nevarnostjo ionizirajočih sevanj (Direktiva Sveta 96/29/Euratom), tematiko varstva pred sevanjem v zdravstvu (Direktiva Sveta 97/43/Euratom), tematiko zaščite zunanjih delavcev (Direktiva Sveta 90/641/Euratom) in tematiko o nadzoru zaprtih radioaktivnih virov in virov neznanega izvora (Direktiva Sveta 2003/122/Euratom). Področje radioaktivnih odpadkov urejajo Odločba Komisije, pet priporočil Komisije in dve direktivi (Uprava Republike Slovenije za jedrsko varnost, 2012). Prva je Direktiva Sveta 2011/70/Euratom, ki v EU uravnava področje varnega odlaganja radioaktivnih materialov in odpadkov. V tej direktivi je določeno, da morajo države članice EU proizvedene jedrske odpadke skladiščiti na svojem ozemlju, razen če z drugimi državami sklenejo drugačen dogovor (Management of spent fuel and radioactive waste, 2011). Direktiva Sveta 2006/117/Euratom pa določa nadzorovanje in kontrolo pošiljk radioaktivnih odpadkov in uporabljenega goriva. Varovanje jedrskih snovi urejajo multilateralni sporazum, Dodatni Protokol, Uredba Komisije in dve priporočili Komisije. Sekundarna zakonodaja EU ureja tudi obveščanje v primeru jedrske nesreče, in sicer z Direktivo Sveta 89/618/Euratom in z Odločbo Sveta 87/600/Euratom, oba dokumenta urejata delovanje ob izrednem radiološkem dogodku. Zakonsko je urejena tudi uporaba kontaminirane hrane in krme (izpostavljene so ureditve po nesreči v Černobilu in najnovejše po nesreči v Fukušimi) ter ureditve v primeru prihodnjih nesreč (Uprava Republike Slovenije za jedrsko varnost, 2012).

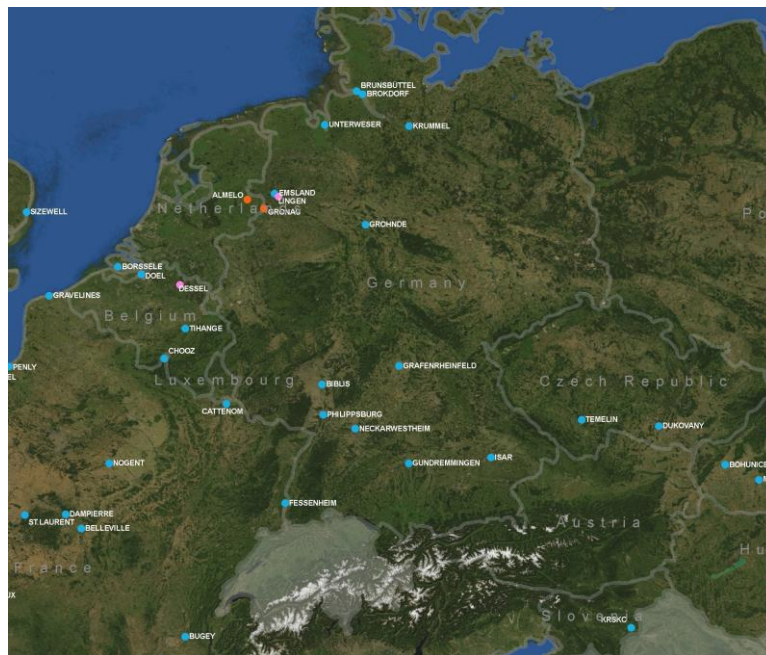
## **1.2 Pomen jedrske energije v Nemčiji**

Slika 5 prikazuje lokacije 17 jedrskih elektrarn v Nemčiji in lego jedrskih elektrarn v sosednjih državah leta 2010. To je stanje pred odločitvijo o dokončnem zaprtju jedrskih elektrarn. Po sprejeti odločitvi in zaprtju nekaterih jedrskih elektrarn, je v Nemčiji julija 2012 obratovalo le še 9 jedrskih elektrarn, kar je v skladu z zastavljenimi cilji zaprtja (Nuclear power plants in Europe, 2012). Iz Slike 5 je razvidno, kako razširjena je bila uporaba jedrskih



elektrarn tako v Nemčiji kot v sosednjih državah leta 2010. Ob tem postane jasno, da se Nemčija, kljub zaprtju svojih jedrskih elektrarn, ne bo mogla izolirati pred tistimi elektrarnami, ki obratujejo v sosednjih državah in da bo najbrž pomemben element zagotavljanja potrebne količine elektrike v državi uvožena jedrska energija. Ugotovitev, da se Nemčija zaradi sosednjih držav ne bo mogla izolirati pred delovanjem jedrskih elektrarn, najbolj pridobi na pomenu v povezavi s prvim razlogom za zaprtje; to je strahom pred jedrskimi nesrečami.

*Slika 5: Lokacije jedrskih elektrarn v Nemčiji in sosednjih državah leta 2010*



*Vir: Nuclear Power Plants in the European Union – 2010, 2012.*

Pomen jedrskih elektrarn v Nemčiji je razviden tudi iz Tabele 1, kjer je prikazan spreminjajoči se delež električne energije, ki ga proizvedejo jedrske elektrarne. Leta 2009 so jedrske elektrarne v Nemčiji proizvedle 22,8 odstotka vse elektrike. Najnižji delež so dosegle leta 2007, ko je ta znašal 22,1 odstotek, kar pa še vedno predstavlja zelo velik in pomemben delež proizvedene elektrike. Najvišji delež elektrike so proizvedle leta 2000, ko je ta znašal 29,4 odstotka vse elektrike.

Tabela 1: Odstotek elektrike, proizvedene v različnih nemških elektrarnah (2000–2009)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
<b>Trdna goriva</b>	51,5	50,1	51,1	51,5	48,2	47,9	46,1	42,9	43,2	42,4
<b>Naftni derivati</b>	0,8	0,8	0,7	0,8	1,6	1,7	1,5	1,4	1,4	1,6
<b>Plini</b>	10,4	11,3	10,5	10,9	11,6	12,5	13,3	13,6	13,4	14,3
<b>Jedrska energija</b>	29,4	29,2	28,1	27,2	27,2	26,3	26,3	22,1	23,3	22,8
<b>Obnovljivi viri</b>	6,2	6,5	7,6	7,7	9,2	9,9	11,1	13,7	14,2	15,9

Vir: Country factsheets – EU 27 Member States, 2012.

Na podlagi sprejete odločitve bo Nemčija prenehala uporabljati jedrsko energijo do konca leta 2022. Sedem najstarejših jedrskih elektrarn in jedrska elektrarna Krümmel, ki so jih zaprli v času moratorija marca 2011, bo ostalo trajno zaprtih. Leta 2015 naj bi zaprli elektrarno Grafenrheinfeld, leta 2017 elektrarno Gundremmingen B, leta 2019 elektrarno Philippsburg 2, leta 2021 elektrarne Gröhnde, Gundremmingen C in Brokdorf ter leta 2022 najnovejše jedrske elektrarne Isar 2, Emsland in Neckarwestheim 2 (Paulsson, 2011; Q&As on Germany's phasing out of nuclear energy, 2011).

Januarja 2007 je Deutsche Bank opozorila Nemčijo na posledice zaprtja jedrskih elektrarn, ki naj bi se pokazale v nedoseganju zastavljenih ciljev vezanih na emisije CO<sub>2</sub>, višji ceni elektrike, večjem številu izpadov elektrike in povečani odvisnosti od uvoza zemeljskega plina. Tudi Mednarodna agencija za jedrsko energijo (angl. *International Atomic Energy Agency*, v nadaljevanju IAEA) je istega leta Nemčijo pozvala naj odločitve o zaprtju ne sprejme, saj bo to brez dvoma zmanjšalo njihovo možnost doseganja cilja zmanjšanja emisij CO<sub>2</sub> (Nuclear Power in Germany, 2011). Ko je nemška kanclerka Angela Merkel oznanila, da bo Nemčija do leta 2022 zaprla vse jedrske elektrarne, je ta odločitev pomenila začetek vprašljive energetske prihodnosti za Nemčijo. Res je, da so se v Nemčiji odločili za prenehanje uporabe jedrske energije v prihodnosti in da želijo bolj izkoristiti obnovljive vire, vendar bi do zaprtja jedrskih elektrarn moralo priti postopoma in bolj nadzorovano (Harris & Venables, 2011, str. 47).

Proizvodnja električne energije je danes razdeljena na štiri med seboj povezana nadzorna področja s štirimi dominantnimi, vertikalno integriranimi podjetji (Harris, 2008, str. 17). Podjetja E.ON, RWE, EnBW in Vattenfall so imela pred zaprtjem jedrskih elektrarn v lasti 70 odstotkov vseh nemških kapacitet za proizvodnjo elektrike, delež elektrike, ki so ga proizvajala podjetja skupaj pa je bil še večji od 70 odstotkov (Dempsey, 2007c). E.ON Group je sestavljena iz petih globalnih in dvanajstih regionalnih enot. Globalne enote (proizvodnja,

obnovljivi viri, plin, trgovanje, nove gradnje in tehnologija) so oblikovane glede na funkcije, regionalne pa glede na države, v katerih delujejo. Leta 2011 je bila E.ON Group prisotna v Nemčiji, Veliki Britaniji, Italiji, Španiji, Franciji, Romuniji, Bolgariji, na Švedskem, Nizozemskem, Madžarskem, Češkem in Slovaškem (E.ON AG – Structure, 2012). V začetku leta 2012 je bilo približno 79 odstotkov njenih delničarjev institucionalnih, ostalih 21 odstotkov pa individualnih (E.ON AG – Shareholder Structure, 2012).

RWE je sestavljen iz sedmih poslovnih enot, kamor sodijo države Nemčija, Nizozemska/Belgija, Velika Britanija, Srednja in Jugovzhodna Evropa ter obnovljivi viri, trgovanje, plin in nafta (RWE AG. – Group Structure, 2012). Glavni trg podjetja RWE je Evropa, saj pri proizvodnji elektrike v Nemčiji zaseda prvo mesto, na Nizozemskem drugo mesto in v Veliki Britaniji tretje mesto (RWE AG. – The RWE Group, 2012). Podatki o lastniški strukturi podjetja iz leta 2011 kažejo, da je, tako kot pri E.ON Group, večina delnic podjetja RWE v lasti institucionalnih delničarjev (86 odstotkov), individualni delničarji imajo v lasti 13 odstotkov delnic, 1 odstotek delnic pa je v lasti zaposlenih (RWE AG. – Shareholder Structure, 2012c).

EnBW AG je holding, ki upravlja z večino elektrarn v lasti EnBW. Je lastnik jedrskih elektrarn, termoelektrarn na premog in zemeljski plin, hidroelektrarn in elektrarn, ki izkoriščajo druge obnovljive vire (EnBW AG – Bussines Segments and Structure, 2012). Pri lastniški strukturi, tako kot pri prej omenjenih podjetjih, prevladujejo institucionalni delničarji, pri čemer sta lastnika največ delnic OEW Energie-Beteiligungs GmbH (OEW) in NECKARPRI-Beteiligungsgesellschaft mbH. Vsako podjetje ima v lasti 46,55 odstotka delnic, medtem ko so individualni delničarji lastniki le 0,39-odstotnega deleža. Ko govorimo o lastniški strukturi NECKARPRI-Beteiligungsgesellschaft mbH, je pomembno izpostaviti, da gre za podružnico podjetja NECKARPRI GmbH, ki je v 100-odstotni lasti nemške zvezne dežele Baden-Württemberg, torej podjetja, ki je v državni lasti (EnBW AG – Shareholders, 2012).

Zadnje izmed štirih podjetij, Vattenfall, je švedsko podjetje, ki je razdeljeno na pet oddelkov: razvoj sredstev, proizvodnja, optimizacija sredstev in trgovanje, distribucija in prodaja ter obnovljivi viri. Glavni trgi tega podjetja so Švedska, Nemčija in Nizozemska (Sales and distribution, 2012; Vattenfall, 2012). Po lastniški strukturi je podjetje Vattenfall edina izjema med predstavljenimi podjetji, saj je v lasti švedskega podjetja Vattenfall AB (matično podjetje), katerega lastnik je Švedska (The Vattenfall Group, 2012). Vsa omenjena podjetja se torej ukvarjajo tako z jedrsko energijo kot z obnovljivimi viri, njihova druga skupna točka, z izjemo podjetja Vattenfall je, da so njihovi večinski lastniki institucionalni delničarji.

Lastniški delež štirih vodilnih podjetij v nemških jedrskih elektrarnah je predstavljen v Tabeli 2, iz katere je razvidno, da ima E.ON lastniški delež v največ elektrarnah, in sicer šestih, podjetje Vattefall pa samo v eni.

Tabela 2: Lastniški delež v 9 delujočih nemških jedrskih elektrarnah leta 2012

Podjetje	Elektrarne v lasti in pripadajoči lastniški deleži					
<b>E.ON</b>	Grafenrheinfeld 100 %	Grohnde 83,3 %	Brokdorf 80 %	Isar-275 %	Gundermmingen 25 %	Emsland 12,5 %
<b>RWE</b>	Grundremmingen 75 %	Emsland 87,5 %				
<b>EnBW</b>	Philipsburg 100 %	Neckarwestheim 100 %				
<b>Vattenfall</b>	Brokdorf 20 %					

Vir: *Nuclear Power in Germany, 2011.*

Za Nemčijo so jedrske elektrarne pomemben vir dodatnega dohodka tudi zaradi davka (zaradi odločitve o zaprtju jedrskih elektrarn je njegova upravičenost vprašljiva), ki bi letno znašal 2,3 milijarde evrov. Davek je Nemčija uvedla septembra leta 2010 kot del dogovora o podaljšanju delovanja jedrskih elektrarn, po odločitvi o zaprtju pa ga ni želela ukiniti. Lastniki elektrarn so se zato odločili za tožbo vlade, saj se jim je zdel davek, ob napovedi ponovnega zaprtja elektrarn, neupravičen. Septembra 2011 je mnenju lastnikov jedrskih elektrarn pritrdilo tudi davčno sodišče v Hamburgu, ki je podalo dvom, da je davek v skladu z nemško ustavo. Sodišče je ugodilo tudi zahtevama podjetja E.ON o povrnitvi 96 milijonov evrov in začasnem suspendiranju plačevanja davka. Povračila v višini 74 milijonov evrov je bilo deležno tudi podjetje RWE (Nuclear Power in Germany, 2011). Drugačno mnenje je podalo sodišče v Stuttgartu januarja 2012, saj je odločilo, da davek ni v nasprotju z nemško ustavo in evropskimi zakoni (Beard, 2012). S svojo pritožbo ni uspelo podjetje EnBW, a se na razsodbo niso pritožili. EnBW je tudi edino podjetje, ki ni sodno nasprotovalo odločitvi o zaprtju jedrskih elektrarn. Zaradi državnih pritožb zadeva še vedno ni zaključena, opazovalci pa menijo, da se bo razrešila šele na evropski ravni. Junija 2012 je tožbo proti Nemčiji na Mednarodnem centru za reševanje sporov iz investicij (angl. *International Centre for Settlement of Investment Disputes*) vložilo tudi podjetje Vattenfall. Njihova poteza je drugačna od ukrepov ostalih podjetij, saj Vattenfallu, tudi zaradi lastniške strukture, ni bilo treba direktno plačevati spornega davka. S tožbo želi Vattenfall izpodbiti zaplembo proizvodnih pravic za elektrarni Brunsbuttel in Krummel (World Nuclear News, 2012d).

Poleg nerešenih težav z davkom, se podjetja soočajo tudi s finančnimi izgubami. E.ON je v letnem poročilu zapisal, da je končni finančni učinek odločitve o zaprtju, vključujoč stroške davka, zaprtja in razgradnje jedrskih elektrarn, v zadnjem letu dni znašal 2,5 milijarde evrov. Zaprtje jedrskih elektrarn je seveda povzročilo tudi upad proizvodnje. E.ON je tako leta 2011, v primerjavi z letom 2010, proizvedel okoli 12 milijard kilovatnih ur elektrike manj. Zaprtje se pozna tudi na področju zmanjševanja emisij, ki so se namesto predvidenega znižanja,

povečale za 5 odstotkov. Za podjetje to pomeni, da bo svoje cilje znižanja emisij doseglo z zamikom petih let (World Nuclear News, 2012b). S podobnimi težavami se sooča tudi RWE, ki je zabeležil 9 odstotkov nižjo proizvodnjo elektrike kot leta 2010, povečanje emisij CO<sub>2</sub> za 8,2 odstotka (merjeno v tonah na megavatno uro) in izgubo v višini 1,3 milijarde evrov (World Nuclear News, 2012a).

### 1.2.1 Spremenljiv odnos do jedrskih elektrarn v Nemčiji skozi čas

Začetek ideje o zaprtju jedrskih elektrarn sega v leto 1998 oziroma v čas rdeče-zelene koalicije med Socialdemokratsko stranko (nem. *Sozialdemokratische Partei Deutschlands*) in stranko Zelenih (nem. *Bündnis 90* ali *Die Grünen*). Ta koalicija je namreč sprejela odločitev, da postopno zaprejo vse jedrske elektrarne v Nemčiji (Wurzel, 2010, str. 461; Johnson, 1999, str. 149). Zaradi padca podpore stranki Zelenih je pri izvedbi načrta prišlo do težav. Leta 1994 je imela stranka 7,3-odstotno, leta 1998 pa samo 6,8-odstotno podporo. Leta 1999 je koalicija izgubila večino v zgornjem domu nemškega parlamenta (nem. *Bundesrat*), kar je otežilo implementacijo odločitve o zaprtju jedrskih elektrarn. Oviru je predstavljalo tudi dejstvo, da se ostale stranke v koaliciji, kljub temu, da so se strinjale z idejo o zaprtju jedrskih elektrarn, niso mogle uskladiti glede časovnega okvirja samega zaprtja. Zakonodaja o postopku zaprtja je bila zato leta 1999 dana na stranski tir oziroma na čakanje, saj je bilo potrebno najprej pretehtati zakonske, tehnične in ekonomske posledice. Teme, o katerih so razpravljali takrat, so torej enake kot te, s katerimi se sooča Nemčija danes. Ponovno se razpravlja o nadomestilih za podjetja, ki imajo v lasti jedrske elektrarne, primerni nadomestitvi izgubljene električne energije z nadomestnimi viri in stroških razgradnje. O možnih nadomestnih virih so razmišljali tudi v preteklosti, saj so že takrat ugotovili, da lahko obnovljivi viri nadomestijo le manjši delež izgubljene energije. Preostali delež so zato nameravali nadomestiti z uvozom iz drugih evropskih držav, ki uporabljajo jedrske elektrarne, in z uporabo fosilnih goriv oziroma termoelektrarnami ki uporabljajo premog ali zemeljski plin, kar pa ni bilo v skladu s cilji zmanjševanja izpustov emisij CO<sub>2</sub> (Johnson, 1999, str. 159–60). Vidimo torej, da je sedanja razprava skoraj identična tisti iz leta 1999, tako da je dokončnost odločitve o zaprtju vseh jedrskih elektrarn v Nemčiji vprašljiva.

Leta 2000 je rdeče-zelena koalicija prepovedala izgradnjo novih jedrskih elektrarn in se odločila za postopno zaprtje obstoječih do leta 2022. Njena namera je bila že od samega začetka postavljena pod vprašaj, saj je Angela Merkel (Krščanskodemokratska unija) ob tem izjavila, da bo v primeru oblikovanja vlade podaljšala življenjsko dobo nekaterih jedrskih elektrarn za največ 15 let (Germany's energy debate Nuclear power? Yes, maybe, 2009). V koalicijskem dogovoru s Socialdemokratsko stranko leta 2005 se je Merklova, ki je tega leta postala kanclerka, strinjala s postopno ukinitvijo jedrskih elektrarn oz. pritrdila odločitvi prejšnje vlade. Do ponovne spremembe je prišlo leta 2007, ko so se znotraj Krščanskodemokratske unije pojavile težnje po preklicu zaprtja jedrskih elektrarn. Te so temeljile na argumentu, da pomeni jedrska energija primerno in čisto izbiro, še posebej ob nemški nameri zmanjšanja emisij toplogrednih plinov. Nemčija se je namreč zavezala, da bo

do leta 2020 zmanjšala izpuste CO<sub>2</sub> za 20 odstotkov, cilj, ki bi ga težje dosegla, če bi do zaprtja res prišlo (Dempsey, 2007a). Kljub nasprotnim predlogom, se je Angela Merkel leta 2007 odločila, da v vladni jedrski politiki do leta 2009 (leto novih volitev) ne bo prišlo do nobenih sprememb. Kot je dejala, naj bi vladna jedrska politika temeljila na implementaciji dolgoročnega in za okolje koristnega načrta, ki vključuje energetske učinkovitost in varnost. Potrebno je poudariti, da je bilo zmanjšanje toplogrednih plinov eden izmed ključnih elementov notranje in zunanje politike Angele Merkel (Dempsey, 2007b). Do sprememb je prišlo septembra 2010, ko je Merklova oznanila, da bo delovanje jedrskih elektrarn podaljšano za 12 let. Takšni odločitvi so botrovali zaskrbljenost zaradi naraščajočih cen elektrike, vprašanje energetske varnosti in želja po zmanjšanju emisij CO<sub>2</sub>. Odločitev je kanclerka utemeljila tudi z razlogom, da bi ravno s podaljšanjem življenjske dobe jedrskih elektrarn pridobili potreben čas za razvoj in implementacijo obnovljivih virov, s čimer bi lažje dosegli njihovo večjo uporabo. Merklova in njena stranka sta se s to odločitvijo postavila na stran podjetij E.ON, RWE, EnBW in Vattenfall, ki so zagovarjala jedrsko energijo. Socialdemokratska stranka, stranka Zelenih in javnost pa so podaljšanju obratovanja nasprotovali. Socialdemokratska stranka in stranka Zelenih sta leta 2010 celo javno oznanili, da bosta preklicali kakršno koli podaljšanje delovne dobe jedrskim elektrarnam, če prideta ponovno na oblast (Connolly, 2010; Probert, 2010a). Connolly (2010) je pravilno napovedala, da bo odločitev o podaljšanju življenjske dobe jedrskih elektrarn velika preizkušnja za vlado, saj je bila večina prebivalstva naklonjena njihovemu čim prejšnjemu zaprtju. Nestrinjanje prebivalstva se je izrazilo tudi v znižanju podpore Krščanskodemokratski uniji. Nemčija je leto dni kasneje, po trimesečnem moratoriju, ki so ga vzpostavili za ponoven razmislek o podaljšanju življenjske dobe jedrskih elektrarn, sprejela dokončno odločitev o njihovem zaprtju.

### **1.3 Odnos javnosti do jedrskih elektrarn**

Kljub temu, da je jedrska energija za EU zelo pomembna, se je javno mnenje o njeni uporabi skozi čas spreminjalo. Od konca 70. let 20. stoletja je Eurobarometer na vsaki 2 leti izvedel raziskavo o naklonjenosti Evropejcev do bistvenih energetske tematik. Do največjega padca podpore jedrskim elektrarnam je prišlo kmalu po jedrski nesreči v Černobilu leta 1986, saj je v naslednjih 3 javnomnenjskih raziskavah več kot polovica sodelujočih izrazila mnenje, da jedrske elektrarne predstavljajo nepotrebno tveganje. Z izjemo rezultatov teh treh raziskav ni bilo nobenega dolgotrajnega nasprotovanja jedrskim elektrarnam oziroma daljšega obdobja, v katerem bi sodelujoči v večini odgovorili, da jedrske elektrarne predstavljajo nepotrebno tveganje. Opaziti je bilo le postopno upadanje odstotka tistih, ki so menili, da je jedrska energija ekonomsko upravičena. Na podlagi rezultatov javnomnenjskih raziskav in njihove interpretacije lahko sklepamo, da je potrebno javno mnenje vedno razumeti v okviru širšega konteksta (kot je na primer dolgoročna dobava energije) in ne le v povezavi s strahom pred možnimi nesrečami (Johnson, 1999, str. 154).

Javno mnenje o jedrskih elektrarnah se načeloma spreminja počasi, izjema so seveda reakcije ob jedrskih nesrečah, ko naklonjenost naglo pade, pridobivanje podpore po nesreči pa ponovno poteka počasi. Velik delež državljanov o jedrskih elektrarnah nima oblikovanega dokončnega mnenja, zato bi morale države ravno pri teh posameznikih promovirati uporabo jedrskih elektrarn. V tem primeru obstaja možnost, da bo prevladalo jedrski energiji naklonjeno mnenje. Za promocijo uporabe jedrskih elektrarn je relevantna tudi ugotovitev, da obstaja jasna korelacija med poznavanjem in podporo jedrskim elektrarnam. Velik delež javnosti namreč še vedno ne pozna ali ne želi sprejeti dejstva, da je uporaba jedrskih elektrarn koristna, vsaj pri doseganju okoljskih ciljev, saj te elektrarne ob delovanju proizvajajo minimalne količine emisij CO<sub>2</sub> (OECD Nuclear Energy Agency, 2010, str. 7).

Države, ki želijo izboljšati javno mnenje o uporabi jedrske energije, bi morale največ sredstev nameniti izobraževanju ljudi o prednostih jedrskih elektrarn. V raziskavi, ki jo je leta 2010 opravila Organizacija za gospodarsko sodelovanje in razvoj (angl. *Organisation for Economic Co-operation and Development*, v nadaljevanju OECD), so analizirali javno mnenje o uporabi jedrske energije tako, da so združili ugotovitve treh Eurobarometričnih raziskav (znanje o energetske tehnologiji, odnos do jedrske varnosti in odnos do jedrskih odpadkov) in ugotovitve raziskave narejene za IAEA (odnos do jedrskih elektrarn po svetu). Ugotovili so, da se je podpora jedrskim elektrarnam bistveno povečala po tem, ko so sodelujočim v anketi razložili, kako koristna je uporaba jedrskih elektrarn pri doseganju okoljskih ciljev zmanjševanja toplogrednih plinov. Naklonjenost jedrskim elektrarnam bi bila še večja, če bi države našle primerno rešitev za problematiko jedrskih odpadkov. Ta ugotovitev je pomembna za zagovornike jedrske energije, saj so trije najpomembnejši razlogi za nezaupanje v jedrske elektrarne strah pred terorizmom, strah glede ravnanja z radioaktivnimi odpadki in strah pred zlorabo jedrskih materialov (OECD Nuclear Energy Agency, 2010, str. 7–9).

Ko govorimo o informiranju javnosti, je pomembna ugotovitev, da javnost večino informacij o jedrskih elektrarnah dobi iz medijev, ki jim ne zaupa preveč. Stopnja zaupanja je še manjša, kadar informacije o jedrski energiji posredujejo vlade. Za najbolj verodostojen vir so se izkazali znanstveniki in okoljevarstvene skupine, ki bi morali prevzeti glavno vlogo pri izobraževanju javnosti o prednostih jedrskih elektrarn. Na vprašanje, ali podpirajo jedrske elektrarne, je največ ljudi (37 odstotkov) odgovorilo, da jih ne podpirajo. Zanimivo je, da so posamezniki, ki so odgovorili z ne, pri naslednjem vprašanju o prednostih jedrskih elektrarn prepoznali tri prednosti: da uporaba jedrskih elektrarn zmanjša odvisnost države od uvoza, kar poveča varnost dobave elektrike, da uporaba jedrskih elektrarn zagotavlja stabilne in nižje cene elektrike in, da izkoriščanje jedrske energije omogoča zmanjševanje globalnega segrevanja. Čeprav so vprašani poznali prednosti uporabe jedrskih elektrarn, so odgovorili, da jedrskih elektrarn ne podpirajo. Razlog za njihovo negativno mnenje je, da večina vprašanih vseeno meni, da tveganje glede uporabe jedrske energije prevlada nad koristmi, ki jih prinaša njena uporaba. Skrbi jim ne povzroča samo delovanje jedrske elektrarne, temveč tudi radioaktivni odpadki, terorizem in jedrska proliferacija. Za zanimivo se je izkazala tudi ugotovitev, da večina ljudi v državah, ki imajo jedrske elektrarne, verjame, da te delujejo

varno, prav tako zaupajo podjetjem, ki z njimi upravljajo, kar pa ne velja za Nemčijo (OECD Nuclear Energy Agency, 2010, str. 8, 21–22, 28–29).

Splošno gledano je javno mnenje jedrskim elektrarnam naklonjeno v času, ko prevladuje skrb o zanesljivosti energije, negativno mnenje pa se oblikuje po jedrskih nesrečah, do kakršnih je prišlo leta 1979 v jedrski elektrarni Three Mile Island, leta 1986 v Černobilu in leta 2011 v jedrski elektrarni Fukušima na Japonskem (Probert, 2010a).

### **1.3.1 Odnos javnosti do jedrskih elektrarn v Nemčiji**

Tako kot se je spreminjala naklonjenost ideji o zaprtju jedrskih elektrarn, je mnenje o njih spreminjala tudi nemška javnost. V Nemčiji je bilo leta 1998 javno mnenje naklonjeno jedrskim elektrarnam, kar je gotovo pripomoglo k temu, da je odločenost o njihovem postopnem zaprtju začela padati (Johnson, 1999, str. 150). Leta 2007 je 61 odstotkov Nemcev ideji o postopnem zaprtju nasprotovalo, 34 odstotkov jo je podpiralo. Leta 2008 je tej ideji nasprotovalo samo še 46 odstotkov anketirancev, 46 odstotkov jo je podpiralo, 8 odstotkov pa je bilo neopredeljenih (Nuclear Power in Germany, 2011). Leta 2010 je bilo ponovno opaziti povečano negativno javno mnenje, saj je 56 odstotkov Nemcev postopno ukinitvev jedrskih elektrarn podpiralo, 38 odstotkov pa jih je podprlo podaljšanje njihove življenjske dobe (Probert, 2010a).

Pomembno je vedeti, da je spremenljiv odnos do jedrskih elektrarn škodljiv tudi za končne uporabnike, saj posredno vpliva na cene elektrike. Če operater jedrske elektrarne meni, da bi lahko prišlo do spremembe v odločitvi o zaprtju, kar bi lahko sklepal na podlagi dosedanjega dogajanja, prične odlašati z odločitvijo o nadomestitvi jedrske elektrarne z drugo vrsto elektrarne. Do težav pride, ker lahko med odločitvijo o izgradnji nove elektrarne in pričetkom njenega delovanja preteče več let, kar pomeni, da nastane razlika med povpraševanjem in ponudbo, ki lahko traja več let in kar povzroči zvišanje cen. Druga težava je, da svoj čas zahtevajo tudi vzpostavitev sistema za pridobivanje elektrike s pomočjo obnovljivih virov in investicije v izboljšanje obstoječe infrastrukture, res pa je, da se bodo kapacitete za uporabo obnovljivih virov gradile neodvisno od odločitve o jedrskih elektrarnah. Odprto ostaja torej le vprašanje, ali bodo manjkajoči del proizvodnje nadomestile že obstoječe elektrarne ki uporabljajo obnovljive vire ali bo potrebna gradnja novih elektrarn (Bode, 2009, str. 8–10). Nemčija bo uporabo obnovljivih virov izpopolnjevala naprej in neodvisno od usode jedrskih elektrarn, vendar se ob tem še vedno postavlja vprašanje, ali bodo na novo zgrajene elektrarne, s katerimi bodo skušali nadomestiti izgubljeni delež energije jedrskih elektrarn, res najboljša rešitev ali bo šlo v tem primeru le za nujo, s katero bodo skušali zapolniti praznino.

## **2 PREDNOSTI IN SLABOSTI JEDRSKIH ELEKTRARN**

Kot vsak vir energije, imajo tudi jedrske elektrarne svoje prednosti in slabosti. V tem poglavju bom predstavila izbrane prednosti in slabosti uporabe jedrskih elektrarn.



## 2.1 Prednosti jedrskih elektrarn

V nadaljevanju bom kot prednosti izpostavila stroškovno primerjavo jedrske elektrarne z možnimi nadomestnimi viri (premog, zemeljski plin, hidroelektrarne, vetrne in sončne elektrarne) in vpliv oziroma nevtralnost jedrskih elektrarn pri emisijah CO<sub>2</sub>.

### 2.1.1 Stroškovna primerjava

Pri elektrarnah, ki pridobivajo električno energijo s sežiganjem fosilnih goriv, je cena proizvedene elektrike odvisna od stroškov njihove izgradnje, stroškov goriva in stroškov, ki nastanejo ob izpustu CO<sub>2</sub>. Termoelektrarne, ki uporabljajo premog so navadno dražje od tistih, ki uporabljajo zemeljski plin, vendar je premog običajno cenejši kot zemeljski plin. Pomemben element pri določanju stroškov za termoelektrarne je tudi dodatna oprema, ki je namenjena kontroli emisij, saj je učinkovitejša oprema dražja, po drugi strani manj strogi standardi glede emisij omogočajo zmanjšanje teh stroškov. Kot je bilo omenjeno že prej, na stroške delovanja vpliva tudi strošek premoga, ki ga elektrarna uporablja. Če je premog lokalno dostopen, bodo stroški elektrarne bistveno manjši, če premog ni lahko dostopen, je v stroške treba všteti tudi ceno transporta. V primerjavi s premogom, so termoelektrarne, ki uporabljajo zemeljski plin cenejše. Stroški delovanja in vzdrževanja so podobni kot pri termoelektrarnah, ki uporabljajo premog, več težav povzroča izgradnja turbine za zemeljski plin, za katero je potrebno specializirano znanje, zato veliko držav turbine uvažajo, kar stroške poveča (Breeze, 2005, str. 40–41, 60–61; Nuttall & Roques, 2008).

Pri elektrarnah, ki električno energijo pridobivajo iz obnovljivih virov, je največ stroškov in vplivov na okolje povezanih s samo gradnjo elektrarne, medtem ko je vir njihove energije (na primer voda, sonce ali veter) praktično brezplačen. Pri hidroelektrarnah je začetni strošek sicer visok, vendar lahko kljub temu konkurirajo ostalim elektrarnam, zato nekaterim predstavljajo najcenejši način pridobivanja elektrike. Kar gradnjo hidroelektrarne bistveno oteži, je primerna lokacija za postavitve, saj teh ni veliko, ko je enkrat zgrajena, pa lahko deluje tudi do 50 ali 100 let, medtem ko njeno vzdrževanje ne zahteva visokih stroškov. Tudi v primeru vetrnih elektrarn glavni strošek predstavlja postavitve vetrnic, pri čemer je pomembna tudi količina vetra, ki jo lahko vetrnice izrabijo na določeni lokaciji. Nezanemarljivi so stroški upravljanja vetrnic in spremembe na električnem omrežju, ki nastanejo kot posledica povečane proizvodnje elektrike zaradi uporabe vetrnih elektrarn. Vetrne elektrarne so tako primerljive s termoelektrarnami, ki uporabljajo premog, obe pa "prekašajo" termoelektrarne, ki uporabljajo zemeljski plin. Uporaba vetrne energije se bo v naslednjih letih še pocenila, medtem ko se bosta premog in zemeljski plin najverjetneje podražila, kar pomeni, da bodo vetrne elektrarne pridobile na konkurenčnosti in pomenu. Naj dodamo še, da je pri vetrnih elektrarnah pomembno tudi javno mnenje, ki ni vedno naklonjeno postavitvi vetrnic, predvsem zaradi njihovega vpliva na okolje oziroma živalski svet. Med obravnavanimi elektrarnami, ki izkoriščajo obnovljive vire, je najdražja možnost postavitve sončnih celic. Tudi v tem primeru so najvišji stroški povezani z gradnjo oziroma

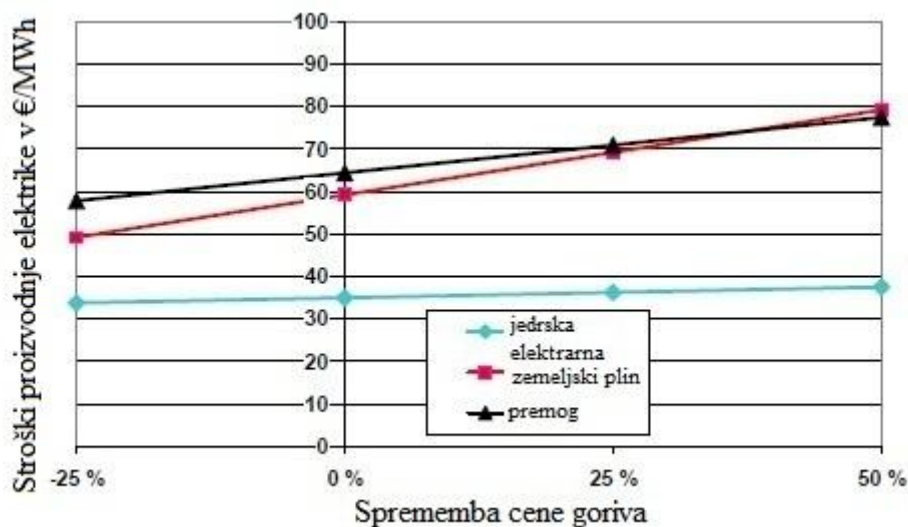
postavitvijo celic, pri čemer same celice predstavljajo med tretjino in polovico celotnega stroška postavitve sončne elektrarne. V prihodnosti oziroma s tehnološkim napredkom lahko pričakujemo, da se bodo tudi ti stroški znižali. Sedaj lahko znižanje stroškov dosežemo z ekonomijami obsega in državnimi spodbudami, kar počne Nemčija (Breeze, 2005, str. 119, 168, 202).

Jedrske elektrarne so najbolj kontroverzen način pridobivanja elektrike, tako da je za oceno konkurenčnosti, poleg ekonomskih, potrebno upoštevati tudi okoljske, politične in emocionalne dejavnike. Te je sicer treba upoštevati tudi pri drugih elektrarnah, vendar je reakcija javnosti na jedrsko energijo najmočnejša, zato v tem primeru dejavniki še bolj izstopajo. Novi reaktorji, ki jih uporabljajo v jedrskih elektrarnah, so cenejši in narejeni hitreje kot v preteklosti, prav tako so jedrske elektrarne tiste, ki elektriko proizvajajo z minimalnim izpustom toplogrednih plinov. Gradnja jedrskih elektrarn je kapitalno intenzivna, zanjo je značilno, da se je, zaradi visokih stroškov materialov, ki jih elektrarna potrebuje za zagotovitev varnosti, skozi čas podražila. Pomemben strošek predstavlja tudi razgradnja, ki znaša približno 9 do 15 odstotkov začetnih stroškov gradnje (Andoura et al., 2011, str. 6; Breeze, 2005, str. 249, 251, 265).

Gradnja jedrskih elektrarn je sicer dražja kot gradnja termoelektrarn, vendar je gorivo (uran) pri jedrskih elektrarnah cenejše, razen v primeru, ko ima država dostop do poceni fosilnih goriv. Tudi stroški kilovatne ure elektrike so najnižji pri jedrskih elektrarnah. Celotni stroški goriva za jedrske elektrarne, vključno s stroški predelave ali odstranjevanja uporabljenega urana, predstavljajo tretjino cene goriva za termoelektrarne, ki uporabljajo premog ter med četrtno in petino cene goriva termoelektrarn, ki uporabljajo zemeljski plin. US Nuclear Energy Institute je ugotovil, da stroški goriva pri termoelektrarni, ki uporablja premog znašajo 78 odstotkov vseh stroškov, pri termoelektrarni, ki uporablja zemeljski plin 89 odstotkov in pri jedrski elektrarni 14 odstotkov oziroma največ 28 odstotkov, če upoštevamo vse stroške z gorivom, ki nastanejo v času delovanja elektrarne. Razlog za takšno razliko v ceni je, da je uran zelo koncentriran vir energije, saj 1 kilogram urana proizvede 20.000-krat več energije kot enaka količina premoga, cenovno ugoden je tudi njegov transport. To pomeni, da bi morebitna podražitev urana na stroške jedrske elektrarne vplivala bistveno manj kot podražitev fosilnih goriv na stroške termoelektrarne (The Economics of Nuclear Power, 2011).

Podatki iz leta 2008 kažejo, da bi 50-odstotno povišanje cen goriva pri termoelektrarnah, ki uporabljajo premog povzročilo povišanje stroškov za 13 evrov na megavatno uro (v nadaljevanju EUR/MWh), pri termoelektrarnah, ki uporabljajo zemeljski plin za 20 EUR/MWh in pri jedrskih elektrarnah za le 2,5 EUR/MWh, kar prikazuje Slika 6 (Tarjanne & Kivistö, 2008, str. 12).

Slika 6: Vpliv spremembe cene goriv na stroške proizvodnje elektrike leta 2008



Vir: R. Tarjanne in A. Kivistö, *Comparison of electricity generation costs*, 2008, str. 12.

Dodatna prednost jedrskih elektrarn je, da so njeni stroški vzdrževanja in upravljanja zelo nizki, zato so dobra izbira za dobavitelje pasovne energije (angl. *base-load*). To pomeni, da so primerne za dobavitelje, katerih namen je zagotavljanje ponudbe, ki pokrije osnovno povpraševanje po elektriki. Če pri ocenjevanju konkurenčnosti jedrske energije upoštevamo tudi okoljske dejavnike, je prednost jedrskih elektrarn pred termoelektrarnami še večja (The Economics of Nuclear Power, 2011).

Z oceno, da so jedrske elektrarne stroškovno primerljive, ali celo boljše od nadomestnih virov, se ne strinjajo Schneider et al. (2011, str. 20–21), ki so zapisali, da jedrske elektrarne zaradi velikosti in kompleksnosti izgradnje reaktorjev ter potrebnih vnaprejšnjih investicij, niso konkurenčne tradicionalnim elektrarnam in obnovljivim virom. Avtorji menijo, da jedrske elektrarne niso primerne za države z majhnim električnim omrežjem, saj so njihovi finančni stroški in cena elektrike, proizvedene v jedrskih elektrarnah, preveliki, da bi upravičili odločitev za uporabo jedrske energije. Avtorji se strinjajo z oceno, da so jedrske elektrarne zaradi njihove velikosti primerne za dobavitelje pasovne energije. Schneider et al. (2011, str. 21) opozarjajo tudi na potrebo po ustrezno izobraženem kadru, v katerega je prav tako potrebno investirati, s čimer se finančno breme še poveča. Res je, da izobraževanje zaposlenih v jedrskih elektrarnah pomeni dodatne stroške, vendar je podobno izobraževanje potrebno tudi za zaposlene v drugih elektrarnah, kjer prav tako lahko pride do človeške napake. Povzetek ugotovitev pri primerjavi elektrarn je prikazan v Tabeli 3, kjer elektrarne primerjam po stroških goriva (v odstotkih glede na vse stroške), cenah goriva, najvišjem strošku in možnih dodatnih težavah oziroma zahtevah, ki jih morajo izpolnjevati.

Tabela 3: Primerjava elektrarn

	<b>Stroški goriva (v % vseh stroškov)</b>	<b>Cena goriva (za Nemčijo)</b>	<b>Najvišji strošek</b>	<b>Dodatni stroški/težave</b>
<b>Termoelektrarne (premog)</b>	78	dražji	gorivo	dodatna oprema zaradi emisij
<b>Termoelektrarne (zemeljski plin)</b>	89	najdražji	gorivo	dodatna oprema zaradi emisij, nakup turbin, novi plinovodi
<b>Jedrske elektrarne</b>	14 do 28	najcenejši (1/3 premoga, 1/4–1/5 naravnega plina)	gradnja (dražja kot za termoelektrarne)	stroški razgradnje, niso primerne za države z majhnim električnim omrežjem
<b>Vetrne elektrarne</b>	0	0	gradnja oziroma postavitve	spremembe na omrežju, primernost lokacije, javno mnenje
<b>Sončne elektrarne</b>	0	0	gradnja oziroma postavitve	spremembe na omrežju, drage sončne celice

Vir: *The Economics of Nuclear Power, 2011; Breeze, 2005, str. 40–41, 60–6, 119, 168, 202.*

V študiji, ki je bila opravljena leta 2008 na univerzi v Lappeenranti so raziskovali stroške proizvodnje elektrike, izražene v EUR/MWh. V raziskavi so primerjali jedrske elektrarne, termoelektrarne na premog, termoelektrarne na zemeljski plin, vetrne elektrarne in elektrarne, ki uporabljajo biomaso. Primerjali so tudi stroške proizvodnje brez in z vključitvijo stroškov trgovanja z emisijami. Ugotovili so, da so jedrske elektrarne najcenejša izbira, saj so celotni stroški znašali 35 EUR/MWh, na drugem mestu so bile vetrne elektrarne z 52,9 EUR/MWh, kjer do stroškov trgovanja z emisijami prav tako ne prihaja (Tarjanne & Kivistö, str. 9–10, 2008). Primerjava z ostalimi elektrarnami in razdelitev stroškov, ki so jih upoštevali, je razvidna iz Tabele 4. Če bi v primerjavo vključili tudi trgovanje z emisijami, bi se stroški termoelektrarn še povečali, s čimer bi bila stroškovna prednost uporabe jedrskih elektrarn še večja.

Tabela 4: Stroškovna primerjava elektrarn

	Investicijski stroški	Delovanje in vzdrževanje	Gorivo	Emisije	Seštevek €/MWh
<b>Jedrske elektrarne</b>	20	10	5	0	<b>35</b>
<b>Termoelektrarne (premog)</b>	11,5	8	26,2	(18,6)	<b>45,7 (64,4)</b>
<b>Termoelektrarne (plin)</b>	6,2	5	40	(8)	<b>51,2 (59,2)</b>
<b>Vetrne elektrarne</b>	41,9	11	0	0	<b>52,9</b>
<b>Biomasa (les)</b>	23,9	9	40,6	0	<b>73,6</b>

**Legenda:** Vrednosti, ki vključujejo tudi trg emisij so prikazane v oklepajih.

*Vir: R. Tarjanne in A. Kivistö, Comparison of electricity generation costs, 2008, str. 9–10.*

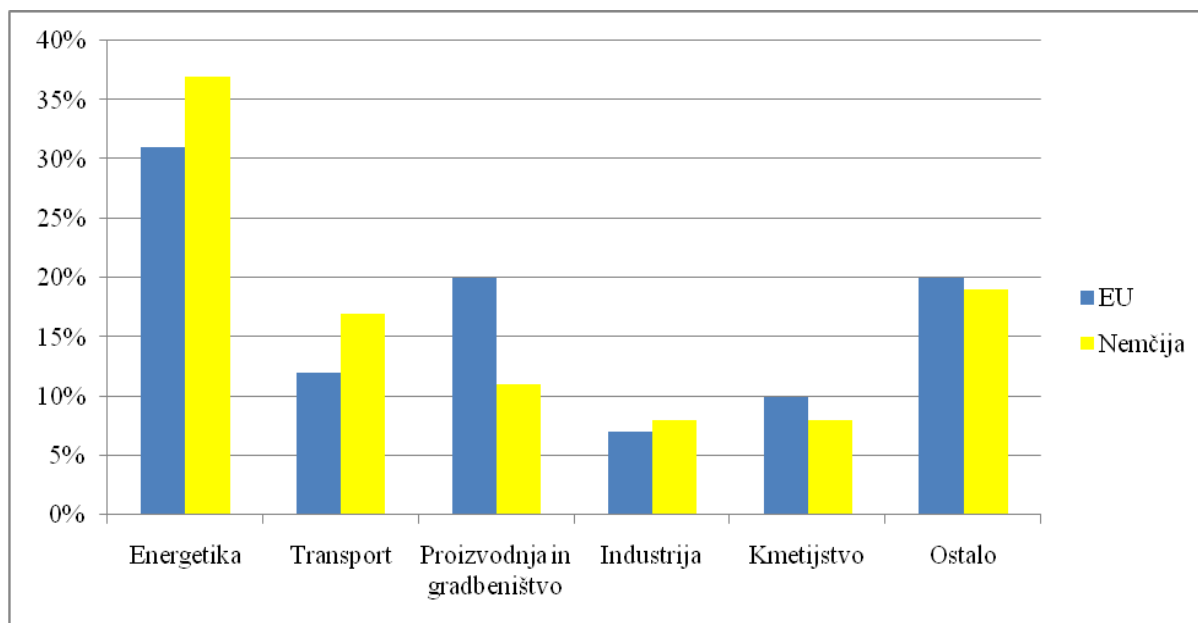
Kot možna načina znižanja stroškov postavitve in delovanja jedrskih elektrarn so Furber et al. (2008, str. 43) navedli izdelavo generičnega reaktorja, ki bi omogočil postavitve jedrske elektrarne brez vsakokratnega pregleda načrta izdelave, kar bi skrajšalo čas izgradnje ter znižalo stroške pridobivanja revizij in licenc. Druga možnost bi bile manj stroge varnostne zahteve, s čimer bi se prav tako skrajšal čas pridobivanja licenc, posledično bi bili nižji tudi stroški izgradnje. Težava, s katero se srečujeta oba predloga je negativno javno mnenje. Generični reaktor namreč ne omogoča vgradnje novih varnostnih izboljšav, saj mora, zaradi hitrejši pridobitve gradbenega dovoljenja, ostati ves čas enak. Manj stroge varnostne zahteve pa bi med prebivalstvom povzročile še večji strah pred možnimi nesrečami in večje nasprotovanje uporabi jedrskih elektrarn.

### 2.1.2 Emisije CO<sub>2</sub>

Pomemben faktor, ki bi ga morali upoštevati pri odločanju o jedrskih elektrarnah, je tudi vpliv na okolje oziroma klimatske spremembe. Energetski sektor je eden izmed glavnih krivcev za okoljske spremembe, saj velik del emisij toplogrednih plinov nastaja ob proizvodnji električne energije. Izmed vseh človeško proizvedenih toplogrednih plinov je CO<sub>2</sub> najpomembnejši, saj je povzročil približno 82 odstotkov klimatskih sprememb (Pershing, 1999, str. 40). Slika 7 prikazuje primerjavo odstotkov emisij CO<sub>2</sub>, proizvedenih leta 2009 v 27 državah članicah EU in Nemčiji v različnih sektorjih. Iz Slike 7 je razvidno, da največji odstotek emisij CO<sub>2</sub> (31 in 37 odstotkov) proizvaja energetski sektor. Gre torej za področje, ki zahteva korenite spremembe, ki bi jih bilo treba uvesti čim prej, saj brez njih ne moremo pričakovati bistvenega zmanjšanja emisij CO<sub>2</sub> na splošno. Ravno zato bi lahko pričakovali, da se bodo države v večji meri odločale za načine proizvodnje elektrike, ki proizvajajo najmanjše

količine emisij CO<sub>2</sub>, kot so na primer jedrske elektrarne in obnovljivi viri. Vendar se je Nemčija, kljub zavzemanju za doseganje okoljskih ciljev, odločila za zaprtje jedrskih elektrarn.

Slika 7: Emisije CO<sub>2</sub> po sektorjih v Nemčiji leta 2009



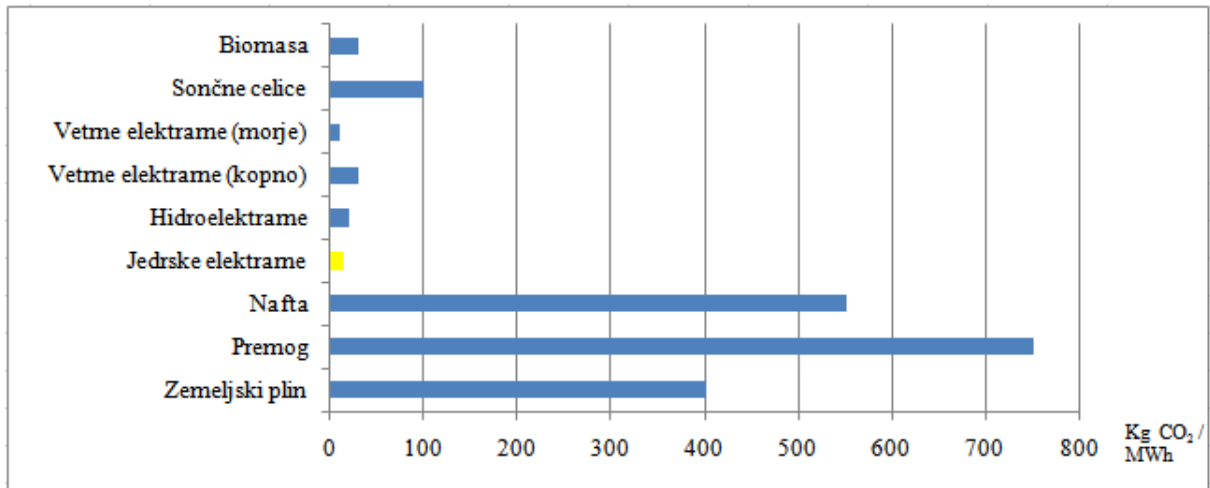
Vir: Greenhouse gas emissions by sector, 2012.

V EU se je začela diskusija, ali bi jedrsko energijo lahko označili za obnovljiv vir. Do tega sicer ni prišlo, so pa jedrske elektrarne na zasedanju o evropski energetske politiki, ki je potekalo 4. februarja 2011, dobile status nevtralnega vira energije, kar se tiče emisij CO<sub>2</sub> (Andoura et al., 2011, str. 6). Ta status jim je dodelil Evropski svet. Jedrske elektrarne so torej dokazljivo dobra izbira za proizvodnjo elektrike, ki je v skladu z zastavljenimi cilji zmanjšanja emisij, saj v celotnem postopku od pridobivanja urana do proizvodnje in odstranjevanja odpadkov pride do izpusta od 4 do 22 gramov CO<sub>2</sub> na kilovatno uro, kar je podobna količina kot pri vetrnih elektrarnah in hidroelektrarnah. Ta količina je celo manjša kot pri uporabi solarne energije in biomase ter bistveno manjša kot pri uporabi premoga, nafte ali zemeljskega plina.

Slika 8 prikazuje emisije CO<sub>2</sub> leta 2005 pri različni proizvodnji električne energije. Razvidno je, da so emisije, ki nastanejo zaradi delovanja jedrskih elektrarn, konkurenčne tistim, ki nastanejo ob uporabi obnovljivih virov. Najbolj očitno je odstopanje pri primerjavi termoelektrarn in jedrskih elektrarn. Povprečne vrednosti pri različnih načinih proizvodnje znašajo: 30 kilogramov CO<sub>2</sub> na megavatno uro za biomaso, 100 kilogramov CO<sub>2</sub> na megavatno uro za sončne elektrarne, 10 kilogramov CO<sub>2</sub> na megavatno uro za vetrne elektrarne na morju, 30 kilogramov CO<sub>2</sub> na megavatno uro za vetrne elektrarne na kopnem, 20 kilogramov CO<sub>2</sub> na megavatno uro za hidroelektrarne, 15 kilogramov CO<sub>2</sub> na megavatno

uro za jedrske elektrarne, 550 kilogramov CO<sub>2</sub> na megavatno uro za nafto, 750 kilogramov CO<sub>2</sub> na megavatno uro za termoelektrarne, ki uporabljajo premog in 400 kilogramov CO<sub>2</sub> na megavatno uro za termoelektrarne, ki uporabljajo zemeljski plin (Commission of the European Communities, 2007, str. 26).

Slika 8: Emisije CO<sub>2</sub> pri različni proizvodnji elektrike



Vir: Commission of the European Communities, *An Energy Policy for Europe*, 2007, str. 26.

Če bi leta 2004 namesto jedrskih elektrarn, ki so proizvedle 16 odstotkov vse elektrike, uporabili druge elektrarne, ki proizvajajo več emisij CO<sub>2</sub>, bi v ozračje sprostil približno 2 do 2,2 giga ton emisij CO<sub>2</sub> (Rogner, 2007, str. 30). Res je, da morajo imeti v prihodnosti pomembnejšo vlogo obnovljivi viri, vendar so trenutno le jedrske elektrarne tiste, ki zmorejo proizvesti zadostno količino elektrike in tako zadostiti osnovnim potrebam držav, ne da bi ob tem zaradi povečane proizvodnje prišlo do še večje škode za okolje (Ritch, b.l.). Če primernost jedrskih elektrarn analiziramo le na podlagi njihovih vplivov na okolje, in obveznosti, ki jih imajo države do zmanjšanja emisij toplogrednih plinov, ugotovimo, da so optimalna izbira, saj sproščajo precej manj emisij kot termoelektrarne (Rogner, 2007, str. 30).

## 2.2 Slabosti jedrskih elektrarn

V tem podpoglavju bom predstavila negativne posledice uporabe jedrskih elektrarn, kot so upravljanje z radioaktivnimi odpadki, možnost jedrskih nesreč in negativen vpliv na okolje. Različno razumevanje in definiranje potencialne škode, ki lahko nastane zaradi uporabe jedrske energije, sta ena od glavnih vzrokov za negotovo prihodnost jedrskih elektrarn. Te za zagovornike predstavljajo dolgoročno rešitev, med drugim tudi okoljske problematike, in napredek, medtem ko njihovi nasprotniki menijo, da uporaba jedrske energije pomeni nepotrebno tveganje, ki lahko pripelje do katastrofalnih posledic (Harris, 2008, str. 26). Ko govorimo o kroničnih emisijah (emisije, ki nastanejo med normalnim obratovanjem elektrarne), so jedrske elektrarne najverjetneje varnejše kot elektrarne, ki uporabljajo premog, radiacija zemeljskega plina je 1000-krat višja kot dovoljena raven radiacije v jedrskih

elektrarnah, približno 15 smrti letno pa se zgodi zaradi izpostavljenosti radiaciji zemeljskega plina. To so le nekatera dejstva, ki govorijo v prid jedrskim elektrarnam, kljub njihovem slabemu ugledu. K temu v veliki meri pripomore tudi dejstvo, da ljudje za jedrske elektrarne zahtevajo bistveno višje standarde kot za elektrarne, ki uporabljajo fosilna goriva, najverjetneje tudi zato, ker je o jedrskih nesrečah in njihovih potencialnih nevarnostih več znanega, pomembna so tudi zagotovila strokovnjakov, da so jedrske elektrarne, kljub nesrečam, varne (Aubrecht, 2006, str. 450).

### **2.2.1 Radioaktivni odpadki**

Kot je bilo že omenjeno EU nima enotne politike na področju urejanja jedrske problematike in enako velja tudi za področje ravnanja z jedrskimi odpadki. Zanje so odgovorne države članice EU, ki delujejo na podlagi standardov in priporočil mednarodnih in regionalnih organizacij ter direktiv EU. Ob tem je treba poudariti, da jedrske elektrarne v celoti prevzemajo odgovornost za vse svoje odpadke, medtem ko njihovo odlaganje financirajo končni kupci, saj so stroški odlaganja všteti v končno ceno elektrike. Količina odpadkov, proizvedenih v jedrskih elektrarnah, je bistveno manjša od količine odpadkov, ki jo proizvedejo termoelektrarne. Prednost jedrskih odpadkov je tudi v tem, da se jih lahko ponovno uporabi oziroma reciklira. Nemčija je bila v preteklosti ena izmed tistih držav, ki je odpadke reciklirala, zdaj se bolj nagiba k njihovem odlaganju (World Nuclear Association, 2011c). Glavni problem, na katerega opozarja tudi javnost je, da EU trenutno nima prostora, ki bi omogočal trajno skladiščenje visoko radioaktivnih odpadkov. Ti so namreč dolgoročno škodljivi in potrebujejo več kot 100.000 let, da prenehajo biti radioaktivni. Takšni odpadki so na začasnih lokacijah skladiščeni že 50 let, kar pomeni, da so odločitve in dogovori o ustanavljanju trajnih skladišč nujno potrebni (Andoura et al., 2011, str. 2). Če te podatke povežemo s stroški razgradnje, o katerih bo govora kasneje, postane nedvomno, da se bo Nemčija zaradi odločitve o zaprtju jedrskih elektrarn, kmalu soočila z velikim finančnim in organizacijskim izzivom.

Javnomnenjska raziskava iz leta 2001 je pokazala, da bi večina ljudi v EU podprla delovanje jedrskih elektrarn, če bi bilo ob tem ustrezno poskrbljeno za jedrske odpadke. Glavna težava je namreč v tem, da večina odpadkov ne bo ustrezno odstranjenih ali uničenih v času delovanja jedrskih elektrarn, ki so jih proizvedle, temveč bodo ostali problem tudi po njihovem zaprtju. Ravno zato morajo upravitelji jedrskih elektrarn zagotoviti potrebna finančna sredstva, lokacije in načine za primerno shranjevanje jedrskih odpadkov (De Esteban, 2002, str. 6). Pri delovanju jedrskih elektrarn nastajajo tako imenovani nizko radioaktivni odpadki, kot so oprema, filtri, uporabljeni material in obleke zaposlenih, ki so naključno prišli v stik z radioaktivnimi snovmi. Takšni odpadki nastajajo tudi v bolnicah in potrebujejo 300 let, da postanejo neškodljivi. Druga vrsta odpadkov so visoko radioaktivni odpadki, med katerimi je največji uporabljeno gorivo, in ki predstavljajo dolgoročen problem. Odpadki, ki so zelo radioaktivni oddajajo sicer več sevanja in so zato bolj nevarni, kljub temu pa lahko velika količina nizko radioaktivnih odpadkov predstavlja enako veliko grožnjo. Za



shranjevanje visoko radioaktivnih odpadkov obstajata dve možnosti: shranjevanje na morskem dnu ali v podzemnih geoloških formacijah. Obe lokaciji sta stabilni, zato je možnost poškodb na odlagališčih, ki bi nastale zaradi naravnih nesreč, zelo majhna. Enaka je tudi možnost, da bi poškodbe na odlagališčih s svojimi posegi povzročil človek (Aubrecht, 2006, str. 447; Breeze, 2005, str. 261). Pri shranjevanju visoko radioaktivnih odpadkov obstaja še vprašanje, ali naj bodo ti shranjeni tako, da bo do njih mogoče ponovno dostopati ali naj bo dostop do njih popolnoma onemogočen. Glavni argument za shranjevanje, ki bi dopuščalo ponoven dostop je ta, da bi bili ti odpadki lahko uporabni za prihodnje generacije. Po drugi strani bi trajno zaprtje pomenilo večjo stopnjo varnosti odlagališča (Radioactive Waste Management, 2011).

Obstaja tudi možnost recikliranja uporabnih delov jedrskih odpadkov, s čimer bi se doba njihovega razkroja zmanjšala na 700 let. Za kritike jedrske energije tudi ta rešitev ni optimalna, saj lahko privede do jedrske proliferacije oziroma uporabe določenih recikliranih snovi v vojaške namene ali terorizem, bolj natančno za izdelavo bomb. Kljub nadzoru IAEA, je opozarjanje na takšno grožnjo danes povsem kredibilno. Čeprav gre za problem, ki je politično obarvan in ni neposredno povezan s proizvodnjo elektrike v jedrskih elektrarnah, predstavlja eno izmed kritik, s katero se srečujejo zagovorniki jedrskih elektrarn (Aubrecht, 2006, str. 449). Breeze (2005, str. 261–262) predlaga še dve možnosti uničevanja jedrskih odpadkov, ki pa sta daleč od realnosti. Prva je izstrelitev jedrskih odpadkov z raketo proti soncu in druga uporaba pospeševalnika delcev, s katerim bi uničili radioaktivni material, ki nastaja ob jedrski fisiji. Poleg radioaktivnih odpadkov, ki nastanejo zaradi delovanja jedrskih elektrarn, je potrebno upoštevati tudi nevarne odpadke, ki nastanejo ob pripravljanju urana za uporabo v elektrarnah. V tem primeru je težava primeren način odstranjevanja uporabljenih kemikalij, ki lahko, ob neprimernem skladiščenju, povzročijo onesnaženje podtalnice (Pershing, 1999, str. 38).

### **2.2.2 Jedrske nesreče**

Pri upravljanju z jedrskimi nesrečami države niso popolnoma suverene, saj jih povezujejo zelo močni mednarodni okvirji, medtem ko enotne standarde na področju jedrske varnosti in upravljanja z nesrečami usmerja IAEA. Vsaka država ima v primeru nesreče izoblikovan svoj reakcijski načrt. Na ravni EU obstaja tudi alarmni sistem (ECURIE – European Community Urgent Radiological Information Exchange), ki državam članicam omogoča izmenjavo informacij o nesreči in potrebnih ukrepih (Andoura et al., 2011, str. 3).

IAEA je v svojem letnem poročilu Annual Report 2010 ugotovila, da vse države članice niso popolnoma pripravljene na potrebne ukrepe v primeru jedrske nesreče in uhajanja radioaktivnih snovi. Zato je leta 2010 organizirala več srečanj, na katerih so državam predstavili informacije o izboljšanju tehnologij, ki jih uporabljajo v jedrskih elektrarnah, nudenju tehnične pomoči, gradnji potrebnih objektov, možnih načinov izmenjevanja informacij, pripravljenosti na morebitne nesreče in potrebnih ukrepih ob nesreči. IAEA je leta

2010 v Nemčiji organizirala 6-tedenski tečaj na temo upravljanja z radioaktivnimi odpadki, ki je poleg navodil za shranjevanje nizko in srednje radioaktivnih odpadkov, vključeval tudi navodila o njihovi razgradnji (International Atomic Energy Agency, 2011, str. 7, 71).

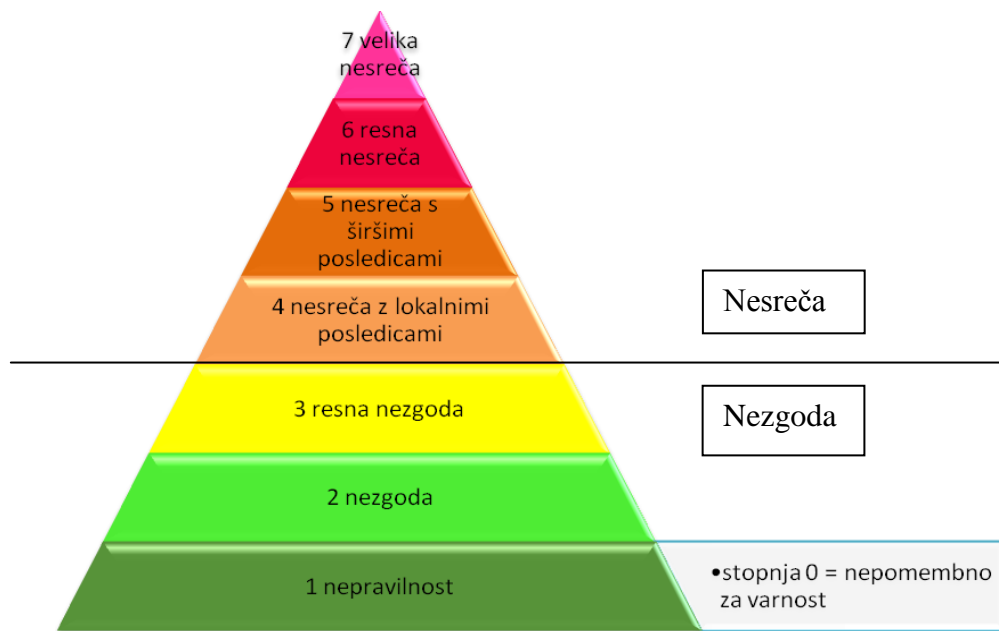
Predvidene ravni sevanja pri obratovanju jedrskih elektrarn so sicer zelo nizke, običajno na nivoju ene tisočinke ali manj naravnega sevanja, a vseeno prisotne, zato strah pred ekološkimi nesrečami večinoma izhaja iz strahu pred potencialnimi jedrskimi nesrečami (Pershing, 1999, str. 39). Večina ljudi jedrskim elektrarnam ne zaupa ravno zaradi strahu pred jedrskimi nesrečami, ki bi povzročile radioaktivno sevanje, skoraj enako nezaupljivi so tudi do vprašanja shranjevanja jedrskih odpadkov. Kljub vsem naprednim rešitvam, ki so bile implementirane v jedrske elektrarne, se ljudje še vedno spominjajo jedrskih nesreč v elektrarnah Three Mile Island, v Černobilu in leta 2011 v Fukušimi, ki so bistvenega pomena za oblikovanje javnega mnenja o jedrskih elektrarnah. Poleg dejanskih nesreč se bojijo tudi, da bodo jedrske elektrarne oziroma jedrske nesreče za svoje namene izrabili teroristi (Breeze, 2005, str. 261).

Leta 2005 je 60 odstotkov Nemcev menilo, da zaradi nezadostne zaščite elektrarn obstaja visoka stopnja tveganja uporabe jedrskega materiala ali jedrske elektrarne v teroristične namene (OECD Nuclear Energy Agency, 2010, str. 35). Ob tem generalni direktor World Nuclear Association John Ritch poudarja, da imajo današnje jedrske elektrarne, tudi zaradi varnostnih razlogov, zelo robustno zgradbo in da najverjetneje celo direkten trk letala vanjo ne bi povzročil resnega uhajanja radioaktivnih snovi. Ritch celo meni, da moderne jedrske elektrarne teroristom ne predstavljajo učinkovitega orožja za povzročitev škode, zato je strah povezan s terorizmom pretiran (Ritch, b.l.). Da ne bi prišlo do izkoriščanja jedrskih elektrarn ali radioaktivnih materialov v teroristične namene, skrbi tudi IAEA, ki ponuja pomoč pri oblikovanju primernih državnih sistemov za zagotovitev varnosti (International Atomic Energy Agency, 2011, str. 10). Schneider et al. (2011, str. 21) v povezavi z jedrskimi elektrarnami in terorizmom vpeljejo dejavnik politične stabilnosti. Po njihovem mnenju mora biti v državi, ki namerava zgraditi jedrsko elektrarno, najprej zagotovljen primeren zakonski okvir, ki bi zajemal vsa potrebna pravila, zahteve in omejitve za varno delovanje elektrarne. Poleg zakonskega okvira mora biti v državi zagotovljeno tudi stabilno politično okolje brez korupcije in nemirov, kar še dodatno zmanjša možnosti za izkoriščanje jedrskih elektrarn v škodljive namene.

Tako kot pri potresih, se je tudi za jedrske nesreče oblikovala lestvica, s pomočjo katere lahko ocenimo njihovo stopnjo. Leta 1989 so se sestali strokovnjaki IAEA in Agencije za jedrsko energijo OECD ter oblikovali mednarodno lestvico jedrskih in radioloških dogodkov INES. Lestvica je v uporabi od leta 1990 dalje za obveščanje o dogodkih v jedrskih elektrarnah. Leta 2006 so jo posodobili tako, da vsebuje tudi obveščanje o radioaktivnih snoveh in sevanju. Lestvica, ki je prikazana na Sliki 9, je razdeljena na sedem stopenj, pri čemer stopnje 1 (nepravilnost), 2 (nezgoda) in 3 (resna nezgoda) predstavljajo nezgode, stopnje 4 (nesreča z lokalnimi posledicami), 5 (nesreča s širšimi posledicami), 6 (resna nesreča) in 7 (velika

nesreča) pa nesreče. Resnost dogodka je iz stopnje v stopnjo približno desetkrat večja. Obstaja tudi stopnja 0, ki označuje dogodek, ki za varnost ni pomemben. Dogodki oziroma nesreče se v stopnje razvrščajo na podlagi treh vplivov: ljudje in okolje, radiološke pregrade in nadzor ter globinska obramba (International Atomic Energy Agency, b.l.; Uprava Republike Slovenije za jedrsko varnost, 2011).

Slika 9: Mednarodna lestvica jedrskih in radioloških dogodkov INES



Vir: INES Mednarodna lestvica jedrskih in radioloških dogodkov, 2012

Tri glavne nesreče, ki jih bom predstavila v tem poglavju so: nesreča v jedrski elektrarni Three Mile Island, nesreča v Černobilu in nesreča v jedrski elektrarni Fukušima. Nesreča, ki se je leta 1979 zgodila v jedrski elektrarni Three Mile Island je dvome o varnosti jedrskih elektrarn spremenila v globalno vprašanje. Po nesreči so analitiki ugotovili, da je imel pri katastrofi pomembno vlogo človeški faktor. Zaposleni v jedrski elektrarni namreč niso imeli potrebnega znanja, sposobnosti in odgovornega odnosa, ki so potrebni za delo v jedrski elektrarni. Drug problem je bila sama postavitvev oziroma urejenost nadzorne sobe, kjer aparati niso bili narejeni in postavljeni tako, da bi zaposlenim olajšali delo. Res je, da človeškega faktorja ni mogoče v celoti odpraviti, je pa možno več denarja in časa vložiti v primeren trening in izobraževanje zaposlenih ter izboljšavo opreme v nadzorni sobi. Ravno ta ugotovitev in posledično izboljšave v tehnologiji so dolgoročno pripomogle k zmanjšanju tveganja za jedrske nesreče. Nesreča, ki je sledila leta 1986 v Černobilu je bila še hujša. Krivec zanjo je bil v veliki meri človeški faktor, saj so operaterji prekršili vsaj šest temeljnih pravil dela, vključno z izklopom vseh tehničnih zaščitnih sistemov. Kljub napredkom v tehnologiji, odgovorni nesreče v Černobilu niso mogli predvideti, saj niso verjeli, da je tak splet okoliščin sploh možen (Aubrecht, 2006, str. 425, 434–435). Vidimo torej, da so bile tehnične napake do druge nesreče že odpravljene in da je človeški faktor tisti dejavnik, ki

predstavlja tveganje pri jedrskih elektrarnah. Hkrati se moramo zavedati tudi, da jedrske elektrarne niso edini način pridobivanja energije, kjer je prisoten človeški faktor, tako da takšno tveganje obstaja tudi pri drugih elektrarnah.

Marca 2011 sta potres in cunami povzročila tretjo veliko jedrsko nesrečo, do katere je prišlo v jedrski elektrarni Fukušima na Japonskem. V času potresa so v elektrarni delovali trije reaktorji in pri vseh treh so pričeli z avtomatičnim izklopom v primeru nesreč. Zaradi potresa je bila prekinjena zunanja dobava elektrike, a so se zagnali pomožni generatorji, ki so zagotovili potrebno elektriko. Situacija je postala kritična, ko je elektrarno zadel prvi cunami, ki je poplavljal celotno strukturo in izključil pomožno elektriko za reaktorje 1, 2, 3 in 4 ter za bazene s porabljenim materialom. Sledilo je več poskusov priključitve elektrike, ki je bila potrebna za ohlajevanje reaktorjev in bazenov, vendar so bili ti neuspešni. V dneh po nesreči je v treh reaktorjih prišlo do eksplozije in taljenja goriva (Joskow & Parsons, 2012, str. 105). Poškodovanih je bilo več reaktorjev elektrarne, prišlo je tudi do uhajanja radioaktivnega materiala (manj kot v Černobilu, a več kot v Three Mile Island), ki je vplival na zdravje ljudi in okolje (Andoura et al., 2011, str. 1).

Tudi pri tej nesreči je prišlo do dodatne napake zaradi človeškega faktorja, saj so reševalci z ukrepi po nesreči poskušali reaktorje ohladiti z morskovo vodo. Ko je zaradi vročine voda izhlapela, se je v reaktorjih nabrala trdna plast soli. Ta je delovala kot izolator, ki ni več dopuščal, da bi mrzla voda prišla do pregretih reaktorjev, zato hlajenje ni bilo več mogoče. Hkrati je vsa morska voda, ki so jo uporabili za ohlajevanje, postala kontaminirana. Ker je ni bilo več mogoče izpustiti v morje, so jo morali primerno uskladiščiti, vendar primerne prostora za skladiščenje ni bilo. Zato je bila sprejeta odločitev, da se manj kontaminirano vodo vseeno izpusti nazaj v morje in s tem naredi prostor za skladiščenje bolj kontaminirane vode. Z izpustom so bistveno ogrozili čistost morja in primernost lokacije za ribolov. Zaradi uhajajoče radiacije je bila vzpostavljena obvezna evakuacijska cona v obsegu 30 kilometrov, ki je bila na nekaterih lokacijah razširjena tudi do krajev, ki so od jedrske elektrarne oddaljeni 40 kilometrov. Poleg posledic za okolje in prebivalstvo, bo nesreča v Fukušimi najverjetneje vplivala tudi na nadaljnje gradnje jedrskih elektrarn po svetu in zasnovo novih jedrskih elektrarn (Schneider et al., 2011, str. 9, 26).

Glavni krivec za povzročitev jedrske nesreče na Japonskem je bila nepričakovana naravna nesreča, hkrati se je skozi postopek reševanja elektrarne pokazalo, da je velik problem še vedno tudi človeški faktor. Očitno je potrebno še več pozornosti nameniti izobraževanju o primernem ukrepanju po nesreči in več investicij nameniti izgradnji vseh potencialno potrebnih objektov za primerno reševanje nastale situacije. Poleg vloge naravnih sil v jedrski nesreči, Acton in Hibbs (2012, str. 3, 9–11, 17) izpostavita tudi neprimerno vzdrževanje jedrske elektrarne Fukušima pred nesrečo. Avtorja trdita, da obstajajo dokazi o neprimernem upravljanju in zasnovi jedrske elektrarne, ki sta ravno tako vplivala na nesrečo. Oba dejavnika naj bi zaostajala za mednarodnimi standardi in najboljšimi praksami. Glavni očitok, ki ga avtorja izpostavita je, da ocene o možnih nesrečah in tveganjih v preteklosti niso bile realne,

saj je zasnova jedrske elektrarne takšna, da ne bi prenesla niti pol šibkejšega cunamija od tega, ki je Fukušimo prizadel marca. Nerealne so bile tudi ocene ob možnih potresih. Potres, ki je nastopil pred cunamijem je bil namreč močnejši od predvidenih, ki bi jih elektrarna še lahko vzdržala. Dvom o primernosti ocen tveganj je še okrepilo dejstvo, da je vladno financirana organizacija Headquarters for Earthquake Research Promotion, ki se ukvarja z analizo potresov, 11. januarja 2011 opozorila na že znano dejstvo, da obstaja 99-odstotna verjetnost potresa stopnje 7,5 po Richterjevi lestvici, ki bi se lahko zgodil v regiji Miyagi (kjer je marca 2011 do potresa tudi dejansko prišlo) v naslednjih tridesetih letih. Možni preventivni ukrepi, ki bi tako elektrarno Fukušima kot druge jedrske elektrarne, lahko zaščitili pred poledicami cunamija so:

- postavitve pomožnih generatorjev in drugih virov energije na višjo lego,
- postavitve vodotesnih povezav med elektrarno in pomožnim virom energije,
- gradnja nasipov in ovir, ki bi elektrarno zaščitili pred cunamijem,
- postavitve pomožnih generatorjev in hladilnih naprav v izolirane, vodotesne prostore,
- zagotovitev dostopa do vode, potrebne za ohlajevanje reaktorja, v primeru nesreče.

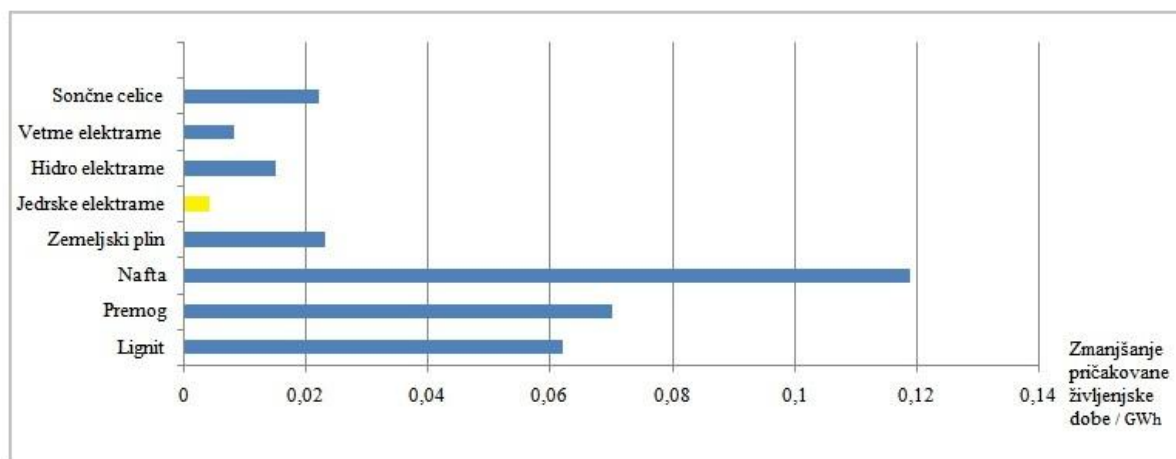
Izmed prej omenjenih treh nesreč, sta dve (v Černobilu in Fukušimi) na lestvici INES dosegli 7. stopnjo (glede vpliva na ljudi in okolje). To je stopnja, za katero je značilen velik izpust radioaktivnih snovi, zelo velike posledice za zdravje ljudi in okolje, zaradi česar je potrebna uvedba dodatnih zaščitnih ukrepov. Nesreča v jedrski elektrarni Three Mile Island je dosegla 5. stopnjo (glede vpliva radioloških pregrad in nadzora), za katero je značilna zelo velika poškodba sredice reaktorja (International Atomic Energy Agency, b.l.; Uprava Republike Slovenije za jedrsko varnost, 2011).

Ker jedrske nesreče niso omejene na ozemlje ene države, bi države članice EU morale ponovno razmisliti o možnostih sodelovanja ali usklajevanja jedrskih politik. Primerno sodelovanje bi bila že javna razprava, ki bi sicer potekala v nacionalnem kontekstu, a na ravni EU. Tako bi bile države, ki nimajo lastnih jedrskih elektrarn, a mejijo na tiste, ki jih imajo, v primeru nesreče seznanjene z jedrsko politiko in sistemi ukrepanja sosednjih držav, s čimer bi povečale svojo varnost (Andoura et al., 2011, str. 6). Zaprtje vseh jedrskih elektrarn v neki državi ali njihova neuporaba še ne pomenita, da je nevarnost pred jedrskimi nesrečami za to državo izničena. Sosednja država ima namreč lahko enake, še delujoče jedrske elektrarne, ki za državljane druge države predstavljajo skoraj enako grožnjo kot tiste, ki so jih v svoji državi zaprli oziroma jih nikoli niso imeli.

Poleg poudarjanja smrtnih žrtev zaradi jedrskih nesreč, je potrebno opozoriti tudi na vpliv delovanja elektrarn na zdravje ljudi, ki se kaže v zmanjšanju pričakovane življenjske dobe, ki se meri v "izgubljenih" letih. To se zgodi zaradi emisij različnih elektrarn ob njihovem normalnem obratovanju. Kot je razvidno na Sliki 10, so v Nemčiji leta 2000, zaradi emisij ob normalnem obratovanju, največjo zmanjšanje življenjske dobe zabeležili pri termoelektrarnah

(nafta, premog, lignit in zemeljski plin), ki so jim sledile sončne elektrarne, hidroelektrarne, vetrne elektrarne in na zadnjem mestu jedrske elektrarne (Gordelier, 2007, str. 8).

Slika 10: Zmanjšanje življenjske dobe zaradi emisij različnih elektrarn v Nemčiji leta 2010



Vir: S. Gordelier, *Nuclear energy risks and benefits in perspective*, 2007, str. 8.

### 2.2.3 Negativen vpliv na okolje

Pri analizi vpliva, ki ga imajo jedrske elektrarne na okolje, je potrebno omeniti tudi njihov vpliv na lokalno onesnaženje vode, do katerega pride zaradi njenega prekomernega segrevanja ob uporabi za hlajenje reaktorjev. Še vedno pa največjo grožnjo okolju predstavljajo radioaktivni odpadki (Pershing, 1999, str. 38). Jedrske elektrarne niso edine, ki prekomerno segrevajo vodo, ki jo uporabijo za ohlajevanje, enako namreč delujejo tudi termoelektrarne. Da ne bi prišlo do prevelikih posledic za ekosistem, je določena najvišja temperatura segrete vode, ko jo elektrarne še smejo vrniti v naravno okolje (na primer reko). Obstaja namreč določen razpon med temperaturo vode, ki jo dovajajo v elektrarno in temperaturo vode, ki jo elektrarna vrača nazaj. Vsa vrnjena voda mora biti znotraj tega razpona, saj le tako ne povzroči prevelikega segrevanja voda (Rademaekers et al., 2011, str. 30).

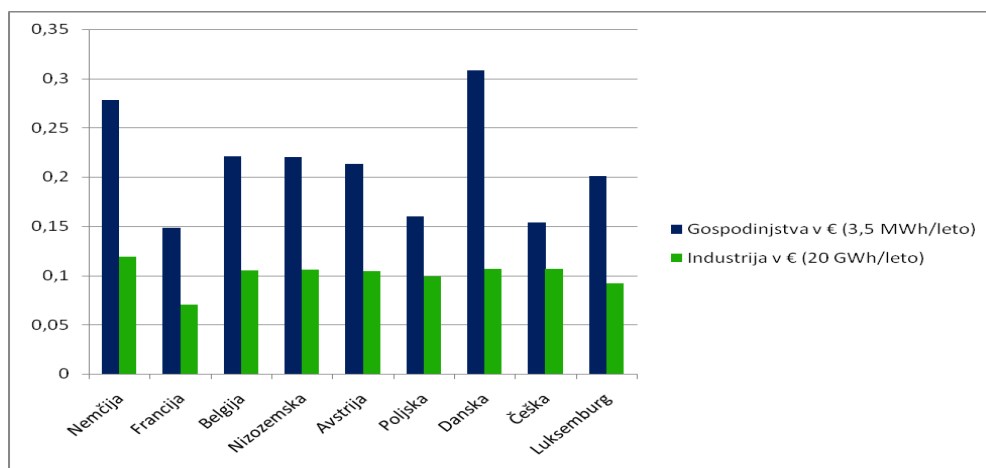
## 3 ANALIZA POSLEDIC ZAPRTJA JEDRSKIH ELEKTRARN V NEMČIJI

Evropski energetski sektor je v zadnjih letih podvržen vedno večjemu vplivu političnih in družbenih akterjev, ki opozarjajo na klimatske spremembe. Za zmanjšanje emisij CO<sub>2</sub> sta bila vpeljana nova zakonodaja in različni instrumenti, na vse te spremembe so močno vplivale tudi zahteve javnosti. Za Nemčijo je sicer značilno, da ima močno tradicijo okoljske zaščite, vendar so se jedrske elektrarne izkazale za okolju najmanj škodljive in tudi zato je odločitev o njihovem dokončnem zaprtju presenetljiva (Pahle, 2010, str. 2).

Zagovorniki jedrske energije menijo, da odločitev o zaprtju ni bila sprejeta na podlagi ekonomskih, ampak političnih razlogov, saj so jedrske elektrarne pred odločitvijo proizvedle približno četrtno vse električne energije. Da je odločitev o zaprtju posledica političnih razlogov, lahko utemeljimo še z enim dejstvom. Kanclerka Angela Merkel je ob prihodu na oblast jedrske elektrarne podpirala in trdila, da omogočajo lažji prehod na obnovljive vire. Ko je njej in njeni stranki politična podpora padla, pa je mnenje spremenila in začela podpirati njihovo postopno zaprtje. Spremembo svojega mnenja je utemeljila z argumentom, da želi Nemčija električno energijo pridobivati na varen, zanesljiv in ekonomičen način. Torej tako kot delujejo jedrske elektrarne (Breidhardt, 2011).

Pomen jedrske energije v Nemčiji je viden tudi v posledicah, ki jih bo zaprtje jedrskih elektrarn imelo na nekatere gospodarske panoge. Največje posledice bodo občutile proizvodne panoge, predvsem kemična in avtomobilska industrija, za katere je značilna visoka poraba električne energije. Proizvajalci bi lahko zato svoje proizvodnje preselili v sosednje, cenovno ugodnejše države, kot je na primer Poljska (Harris & Venables, 2011, str. 47). V raziskavi (Ernst & Young), izvedeni junija 2012, so ugotovili, da se večina vprašanih v nemških podjetjih, zaradi višjih stroškov elektrike, boji izgube svoje konkurenčne prednosti. Da bodo višje cene elektrike povzročile višje proizvodne stroške, je menilo 60 odstotkov vprašanih, več kot 40 odstotkov je bilo mnenja, da se bo varnost dobave elektrike občutno zmanjšala. Vprašanje zaprtja jedrskih elektrarn kaže velika odstopanja v mnenjih politikov in zaposlenih v proizvodnih panogah. Glavne pomisleke povzročajo vprašanja o zanesljivosti in varnosti dobave elektrike ter financiranju posodobitev električnega omrežja (The Nuclear Communications Network, 2012). Slika 11 prikazuje primerjavo cen elektrike za gospodinjstva in industrijo novembra 2011 v Nemčiji in sosednjih državah. Razvidno je, da je imela Nemčija že novembra najvišjo ceno elektrike za industrijo (0,119 EUR). Če bi bila ob že tako visoki ceni, nestalna tudi ponudba elektrike, pridobljene iz obnovljivih virov, postane odločitev podjetij za selitev proizvodnje še razumljivejša.

*Slika 11: Cene elektrike za gospodinjstva in industrijo leta 2011 v evropskih državah*



Vir: Europe's Energy Portal, 2012.

Odločitev o zaprtju jedrskih elektrarn v Nemčiji je že dolgo časa podvržena kritikam. Te se nanašajo predvsem na vprašanja varnosti dobave energije (del izgubljene elektrike bi bilo treba nadomestiti z uvozom), povišanih cen elektrike (te bi se zvišale za približno 30 odstotkov) in povečanja emisij CO<sub>2</sub> (okoli 10-odstotno zvišanje) (Bode, 2009, str. 2; Harris & Venables, 2011, str. 47). Poleg kritik, se pojavlja tudi vprašanje, kako bo Nemčija po zaprtju uresničila cilje, ki si jih je zadala leta 2010, ko je delovanje jedrskih elektrarn podaljšala za 12 let. Takrat si je za glavni cilj zadala 40-odstotno zmanjšanje emisij toplogrednih plinov do leta 2020 in 80- do 95-odstotno zmanjšanje do leta 2050 (glede na stanje iz leta 1990). Drugi cilj je bil povečanje porabe deleža elektrike, proizvedene iz obnovljivih virov, ki naj bi do leta 2020 znašal 35 odstotkov, medtem ko bi do leta 2050 dosegel že 80-odstotni delež vse energije. Za tretji cilj si je zadala izboljšanje energetske učinkovitosti stavb oziroma zmanjšanje porabe električne energije za 20 odstotkov do leta 2020 in za 80 odstotkov do leta 2050 (v primerjavi s stanjem leta 2008). Njen četrti cilj je bil zmanjšati porabo elektrike za 10 odstotkov do leta 2020 in za 25 odstotkov do leta 2050 (znižanje je glede na stanje iz leta 2008). Vsi navedeni cilji so za bolj nazorno predstavo prikazani tudi v Tabeli 5 (The Energy Concept and its accelerated implementation, 2011).

*Tabela 5: Nemški cilji iz leta 2010*

	<b>Emisije toplogrednih plinov</b>	<b>Obnovljivi viri</b>	<b>Energetska učinkovitost stavb</b>	<b>Poraba elektrike</b>
<b>Do leta 2020</b>	40-odstotno zmanjšanje	35 odstotkov vse energije	20-odstotno zmanjšanje	10-odstotno zmanjšanje
<b>Do leta 2050</b>	80- do 95-odstotno zmanjšanje	80 odstotkov vse energije	80-odstotno zmanjšanje	25-odstotno zmanjšanje

*Vir: The Energy Concept and its accelerated implementation, 2012.*

Kljub izraženim dvomom, da je te cilje moč doseči v primeru zaprtja jedrskih elektrarn, je 85 odstotkov nemškega parlamenta odločitev o zaprtju potrdilo in sprejelo predloge za doseganje ciljev (How Germany plans to succeed in a nuclear free, low-carbon economy, 2011).

Za nadomestitev termoelektarn na premog, katerih delovanje ni v skladu s cilji omejevanja oziroma zmanjševanja emisij, so najbolj primerne jedrske elektrarne ali uporaba zemeljskega plina. Ker se je Nemčija odločila za zaprtje jedrskih elektrarn, bi termoelektarne lahko nadomestila le z uporabo zemeljskega plina, kar bi imelo negativen vpliv na doseganje cilja zmanjšanja emisij toplogrednih plinov (Pahle, 2010, str. 4). Druga težava bi bila cena elektrike. Pri termoelektarnah stroški goriva pomembno vplivajo na ceno proizvedene elektrike in so bistveno višji kot pri jedrskih elektrarnah, zato bi na končno ceno elektrike vplivala tudi večja uporaba termoelektarn (za stroške goriva glej poglavje 2.1.1).



### **3.1 Razlogi za zaprtje**

O tem, katere tehnologije in procesi bodo uspešni in v uporabi v prihodnje, bi moral odločati zgolj trg in ne politična prepričanja (De Esteban, 2002, str. 7). Kot sta zapisala Joskow in Parsons (2012, str. 100), bi nesreča v Fukušimi lahko vplivala na uporabo jedrske energije v prihodnosti. V mislih imata predvsem določanje varnostnih kriterijev in postopkov delovanja za obstoječe in nove jedrske elektrarne, zaradi katerih bi se povišali stroški in podaljšal proces odprtja novih elektrarn. Zaradi nesreče se je znižala tudi podpora jedrskim elektrarnam s strani javnosti in politike. V Nemčiji so politiki sprejeli drastičen ukrep in se odločili za zaprtje jedrskih elektrarn, kar bo seveda imelo posledice pri uporabi jedrske energije v prihodnosti.

Odločitev o zaprtju jedrskih elektrarn v Nemčiji je bila sprejeta po dogodkih v Fukušimi in eden od glavnih razlogov za zaprtje je bil ravno povečana varnost oziroma zmanjšano tveganje glede jedrskih nesreč. Vendar je treba ob tem poudariti, da imajo Francija, Poljska in Češka (vse tri države mejijo na Nemčijo) še vedno delujoče jedrske elektrarne, ki jih ne nameravajo zapreti. Ker jedrske nesreče niso omejene na ozemlje ene same države, je argument o povečani varnosti, vsaj dokler imajo sosednje države še delujoče jedrske elektrarne, nekredibilen (Harris & Venables, 2011, str. 47).

Poleg strahu pred jedrskimi nesrečami, je bil pomemben razlog za zaprtje jedrskih elektrarn v Nemčiji tudi želja povečati pomen obnovljivih virov, vendar je ta cilj moč doseči tudi brez zaprtja elektrarn. Angela Merkel je po odločitvi zatrdila, da bo nemška energetska politika v prihodnosti temeljila na varnejši in stabilnejši ponudbi električne energije, ki ne bo odvisna od uvoza in bo dostopna po ugodnih cenah (Baetz, 2011). Ob tem pa so napovedi analitikov povsem drugačne. Ti menijo, da se bo zaradi zaprtja jedrskih elektrarn zanesljivost dobave električne energije zmanjšala, odvisnost od uvoza povečala, višje bodo tudi cene elektrike za končne kupce. Stalna misija Zvezne republike Nemčije pri Organizaciji združenih narodov (v nadaljevanju stalna misija) je avgusta na svoji internetni strani omogočila postavljanje vprašanj v zvezi z nemško odločitvijo o zaprtju. Na vprašanje, kaj je razlog za zaprtje, so odgovorili, da je pri delovanju jedrskih elektrarn vedno prisotno tveganje, na katerega je opozorila tudi nesreča v elektrarni Fukušima, ki je pokazala, da so napake vedno mogoče. In čeprav so varnostne ocene nemških jedrskih elektrarn primerljive z ocenami elektrarn na mednarodni ravni, to ne spremeni dejstva, da je tveganje vedno prisotno. Odločitev naj bi Nemčija sprejela na podlagi racionalnih, ekoloških, ekonomskih in etičnih razlogov (Q&As on Germany's phasing out of nuclear energy, 2011).

### **3.2 Nadomestni viri energije**

Kot enega izmed glavnih virov energije, ki bi nadomestil jedrske elektrarne, se največkrat omenjajo obnovljivi viri. Pri tem se pojavlja več težav. Narava obnovljivih virov je namreč spremenljiva, medtem ko je poraba električne energije po naravi stalna. Zaradi takšne porabe

energije, je na trgu veliko več vredna stalna in zanesljiva proizvodnja električne energije kot spremenljiva proizvodnja, ki je značilna za obnovljive vire (Institute for Energy Research). Druga težava je, da delež obnovljivih virov zaenkrat še ni dovolj velik, da bi lahko z njim pokrili izpad energije zaradi zaprtja jedrskih elektrarn (De Esteban, 2002, str. 2). Leta 2010 se je tako prvič zgodilo, da je skupna proizvodnja vetrnih elektrarn, manjših hidroelektrarn, biomase in sončne energije preseгла proizvodnjo elektrike v jedrskih elektrarnah. To je napredek, vendar moramo ob tem upoštevati, da v primeru jedrske energije govorimo o enem samem viru, medtem ko je bil pri obnovljivih virih potreben seštevek proizvodnje vseh virov, da so ti lahko "prehiteli" jedrske elektrarne (Schneider et al., 2011, str. 38). Tretja težava je, da napredek v količini proizvedene elektrike iz obnovljivih virov na letni ravni še ni dovolj velik, problematična pa je tudi postavitve potrebne opreme (na primer vetrnic), ki velikokrat povzroči nasprotovanje javnosti. Obnovljivi viri so prav tako v večini primerov bistveno dražji od konvencionalnih (De Esteban, 2002, str. 2).

Pri odločitvi o tem, kateri viri energije bodo nadomestili zaprte jedrske elektrarne, je potrebno upoštevati dejstvo, da so trenutne lokacije jedrskih elektrarn boljša rešitev kot postavitve novih elektrarn na novi lokaciji. Razloga za to sta dva: da je bila lokacija že v preteklosti izbrana zaradi največjega ustrežanja vsem potrebnim kriterijem in da lahko uporaba že obstoječe lokacije vsaj do neke mere zmanjša potrebno načrtovanje in gradnjo (Pahle, 2010, str. 20). Pahle (2010, str. 20) meni, da bi bile za nadomestitev jedrskih elektrarn najboljša izbira termoelektrarne, ki uporabljajo premog. Težava je, da pri svojem delovanju proizvedejo veliko količino emisij CO<sub>2</sub>, zato Nemčija najbrž ne bi mogla izpolniti svojega cilja o zmanjšanju emisij toplogrednih plinov. Stalna misija je o načinu nadomestitve izgubljenega deleža ponudbe podala dva nasprotujoča si odgovora. Najprej je kot možne nadomestne vire navedla obnovljive vire ter nove in učinkovitejše termoelektrarne, ki še vedno uporabljajo fosilna goriva, v kasnejšem odgovoru pa je zapisala, da bo Nemčija pomanjkanje zapolnila tudi z obstoječimi rezervami in zmernim uvozom. Zatrdila je, da bo Nemčija pri ponudbi elektrike samozadostna tudi v prihodnje, kar ni v skladu s prejšnjim odgovorom o zmernem uvozu in dejstvom, da je Nemčija po odločitvi o zaprtju povečala uvoz iz francoskih jedrskih elektrarn. Kot možno posledico zaprtja, je navedla višje cene na kratki in srednji rok (Paulsson, 2011; Q&As on Germany's phasing out of nuclear energy, 2011). Kar se tiče skladnosti nadomestnih virov energije z okoljskimi cilji, ugotovimo, da je nemška izbira le delno primerna. Obnovljivi viri so sicer z okoljskega vidika optimalna izbira, vendar bi pomemben del energije prispevale tudi termoelektrarne. Čeprav bi se Nemčija odločila za gradnjo novih in bolj učinkovitih termoelektrarn, bi te še vedno proizvedle večjo količino emisij CO<sub>2</sub> kot jo pri svojem delovanju sproščajo jedrske elektrarne. Za nadomestitev izgubljenega deleža elektrike oziroma lažje prenašanje izgube, je pomemben tudi ukrep zmanjšanja povpraševanja po elektriki oziroma večja energetska učinkovitost.

### 3.2.1 Nemčija kot vodilna država pri uporabi obnovljivih virov

Wurzel (2010, str. 460) meni, da je Nemčija od leta 1980 naprej vodilna država na področju okoljske politike, tako v okviru EU kot na mednarodni ravni. Odločitve o energetskem sektorju bi morale biti zato sprejete v skladu z njeno vlogo. Nemčija je postala vodilna država pri uporabi obnovljivih virov, za kar je v veliki meri zaslužen tudi trg oziroma kupci, katerih povpraševanje po obnovljivih virih se je od leta 2006 do leta 2009 povečalo za 1,8 milijona kupcev. Delež elektrike, proizvedene s pomočjo obnovljivih virov, ki so ga leta 2009 kupili državljani, je znašal 6 odstotkov vse porabljene elektrike v letu 2009. Poleg državljanov so električno energijo iz obnovljivih virov kupovala tudi podjetja in ostali potrošniki, kar je predstavljalo 9,5 odstotka vse porabljene elektrike. Delež iz obnovljivih virov proizvedene elektrike, ki je bila porabljena leta 2009, je torej predstavljal 15,5 odstotka vse porabljene elektrike (REN21, 2011, str. 57). Leta 2010 je v Nemčiji med obnovljivimi viri prevladovala uporaba vetrne energije, tej je sledila biomasa, na tretjem mestu so bile hidroelektrarne, na četrtem pa uporaba sončne energije. Tega leta je Nemčija veliko investirala v obnovljive vire, kar je razvidno iz Tabele 6, ki prikazuje vodilne države po novih investicijah v obnovljive vire leta 2010. Po investicijah v nove kapacitete za obnovljive vire v celoti je bila Nemčija na drugem mestu za Kitajsko, po investicijah v nove vetrne elektrarne je bila na četrtem mestu za Kitajsko, Združenimi državami Amerike (v nadaljevanju ZDA) in Španijo, pri postavitvi novih sončnih elektrarn in proizvodnji biodizla pa je zasedala prvo mesto (REN21, 2011, str. 11, 15).

Tabela 6: Vodilnih 5 držav po investicijah v obnovljive vire leta 2010

	<b>Investicije v nove kapacitete</b>	<b>Investicije v vetrne elektrarne</b>	<b>Investicije v sončne elektrarne</b>	<b>Investicije v proizvodnjo biodizla</b>
<b>1.</b>	Kitajska	Kitajska	Nemčija	Nemčija
<b>2.</b>	Nemčija	ZDA	Italija	Brazilija
<b>3.</b>	ZDA	Španija	Češka	Argentina
<b>4.</b>	Italija	Nemčija	Japonska	Francija
<b>5.</b>	Brazilija	Indija	ZDA	ZDA

Vir: REN21, *Renewables 2011 Global Status Report*, 2011, str. 15.

Tabela 7 prikazuje vodilne države po deležu že obstoječih elektrarn, ki so uporabljale obnovljive vire v letu 2010. Tudi tu je Nemčija dosegla visoko uvrstitev. Na lestvici splošne uporabe obnovljivih virov si je delila peto mesto skupaj z Indijo, v uporabi vetrne energije in biomase je zasedla tretje mesto za Kitajsko in ZDA oziroma za ZDA in Brazilijo, po deležu sončnih elektrarn pa je zasedla prvo mesto (REN21, 2011, str. 15).

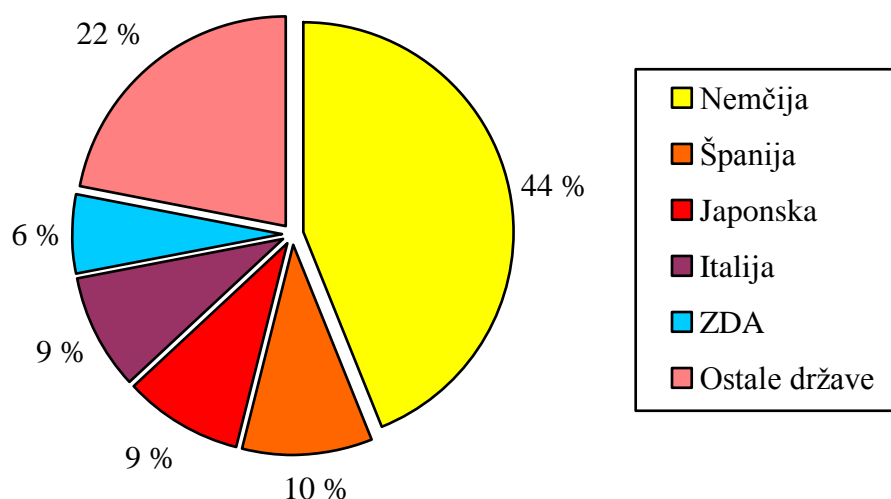
Tabela 7: Vodilnih 5 držav po obstoječih kapacitetah obnovljivih virov leta 2010

	Splošna uporaba obnovljivih virov	Vetrne elektrarne	Sončne elektrarne	Biomasa
1.	Kitajska	Kitajska	Nemčija	ZDA
2.	ZDA	ZDA	Španija	Brazilija
3.	Kanada	Nemčija	Japonska	Nemčija
4.	Brazilija	Španija	Italija	Kitajska
5.	Nemčija/Indija	Indija	ZDA	Švedska

Vir: REN21, Renewables 2011 Global Status Report, 2011, str. 15.

Da Nemčija v uporabi sončne energije zaseda prvo mesto, je razvidno tudi iz Slike 12, ki prikazuje vodilne države v proizvodnji sončne energije leta 2010 (REN21, 2011, str. 15).

Slika 12: Vodilnih 5 držav v proizvodnji sončne energije leta 2010



Vir: REN21, Renewables 2011 Global Status Report, 2011, str. 23.

Napredek pri uporabi obnovljivih virov v Nemčiji je bil že leta 2010 večji kot v večini držav EU, omogočile pa so ga subvencije davkoplačevalcev, ki so znašale približno 10 milijard evrov letno (Probert, 2010a). Z uporabo obnovljivih virov je Nemčija istega leta privarčevala okoli 2,5 milijarde evrov, ki bi jih v nasprotnem primeru plačala za uvoz fosilnih goriv. Če obnovljivih virov ne bi uporabljala, bi leta 2010 proizvedla dodatnih 118 milijonov ton emisij toplogrednih plinov (Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, 2011). Leta 2010 je bila Nemčija vodilna država v uporabi sončne energije, kar je posledica sprejetja Zakona o obnovljivih virih iz leta 2000 (angl. *Renewable Energy Act*). Nemčija je namreč postavila več sončnih celic kot jih je bilo leta 2009 postavljenih na celem

svetu. Namen Zakona o obnovljivih virih je povečati dinamičnost sektorja obnovljivih virov in omogočiti, da bo električna energija, proizvedena iz obnovljivih virov, cenovno dostopna (Probert 2010b; REN21, 2011, str. 12). Na podlagi zakona je bilo vpeljana subvencioniranje za postavitev sončnih celic, pri čemer je bila zagotovljena 20-letna subvencija za proizvodnjo in prodajo proizvedene elektrike. Po sprejetju Zakona o obnovljivih virih, je bila do leta 2010 polovica vse sončne energije proizvedena v Nemčiji, ta sektor pa je zaposloval približno 80.000 ljudi.

Prevelik napredek v proizvodnji sončne in vetrne energije ima lahko tudi negativne posledice, ki se kažejo v občasni preveliki ponudbi za obstoječe povpraševanje. Ko sta sonce ali veter močna, se namreč proizvede preveč energije, ki se je ne porabi. Prevelika proizvodnja pomeni preobremenitev omrežja, kar lahko povzroči izpade električne energije. Zato je bila Nemčija že pozvana, tudi s strani Nemške agencije za energijo (nem. *Deutsche Energie-Agentur*), naj zaustavi oziroma upočasni postavitev novih sončnih celic. S temi pozivi se ne strinja Nemško združenje za solarno industrijo (nem. *Bundesverband Solarwirtschaft*), katerega predstavniki menijo, da so skrbi pretirane, saj je omrežje potrebno izboljšati le na tistih ruralnih območjih, kjer lahko pride do prevelike ponudbe glede na povpraševanje (Probert, 2010b). Napredek obnovljivih virov je bil viden tudi v prvi polovici leta 2011, ko se je delež proizvedene električne energije iz tega vira povečal iz 17 odstotkov na več kot 20 odstotkov. O pozitivnih spremembah govori tudi podatek, da je v sektorju proizvodnje elektrike iz obnovljivih virov zaposlenih približno 373.000 ljudi, od tega približno 100.000 v vetrnih elektrarnah, 120.000 v proizvodnji elektrike s pomočjo sončne energije, 120.000 v elektrarnah, ki uporabljajo biomaso, 13.000 v geotermalni industriji in približno 20.000 v elektrarnah, ki uporabljajo bioplin (Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, 2011; REN21, 2011, str. 47).

Za povečanje uporabe obnovljivih virov pri proizvodnji elektrike je pomembna tudi njihova skladnost s konvencionalnimi načini proizvodnje elektrike in z obstoječim električnim omrežjem (Federal Ministry of Economics and Technology & Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, 2010, str. 18). Ker se je Nemčija odločila, da želi zvišati delež elektrike, proizvedene iz obnovljivih virov, in ker je takšna proizvodnja neenakomerna, se bo morala soočiti tudi s spremembami na električnem omrežju (How Germany plans to succeed in a nuclear free, low-carbon economy, 2011). Obstoječe električno omrežje namreč odraža značilnosti proizvodnje električne energije v preteklosti. To pomeni, da je proizvodnja večinoma potekala blizu centra potrošnje, zato električna energija ni potovala daleč in ni bilo velikih potreb po skladiščenju proizvedene elektrike. Ker pa bodo v prihodnosti večji del elektrike proizvajale ravno decentralizirane vetrne in sončne elektrarne, bo nastala večja potreba po primernem transportu, ki bo omogočal čim manjše izgube med prenosom elektrike (Federal Ministry of Economics and Technology & Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, 2010, str. 18). Potreba po nadgradnji električnega omrežja se je pokazala že februarja 2012. Takrat so bila omrežja obremenjena do polnih kapacitet, hkrati je prihajalo do pomanjkanja elektrike, zaradi česar je

bilo potrebno uporabiti tudi pomožne elektrarne. Podobno dogajanje napovedujejo tudi za leto 2013 (World Nuclear News, 2012c). Po napovedih Nemške agencije za energijo (nem. *Deutsche Energie-Agentur GmbH*) bo Nemčija tako morala investirati med 27,5 in 42,5 milijard evrov za preoblikovanje in posodobitve električnega omrežja (World Nuclear News, 2012e).

S potrebo po posodobitvi električnega omrežja se strinjajo tudi Knopf, Kondziella, Pahle, Götz, Bruckner in Edenhofer (2011, str. 18), ki so prav tako izpostavili njegov pomen pri povečevanju vloge obnovljivih virov. Glavne spremembe, ki jih predlagajo za omrežje so: zmanjšanje neenakosti med ponudbo in povpraševanjem v državi, transparentnost delovanja, postavitve novih kapacitet in širjenje že obstoječih, ter zagotavljanje stabilnosti omrežja kljub spremenljivi ponudbi. Pomembna sprememba, ki jo načrtujeta Nemčija in EU je vzpostavitev povezanega evropskega omrežja, ki bi združevalo vse države članice EU, za kar bi bilo treba poenotiti tehnološke standarde vseh držav (Federal Ministry of Economics and Technology & Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, 2010, str. 29). Te spremembe so Nemčijo privedle do odločitve o sprejetju dokumenta *The target grid 2050*. V njem so navedene spremembe na infrastrukturi, ki bi omogočile lažji transport proizvedene elektrike ter sistem pametne razporeditve in večje možnosti shranjevanja proizvedene elektrike. Z uvedbo omenjenih sprememb bi električno omrežje lažje prejemalo spremenljive količine proizvedene energije iz obnovljivih virov. Za doseganje cilja o zmanjšanju toplogrednih plinov je Nemčija sprejela odločitev, da morajo vsi sektorji uporabljati energente, ki proizvajajo minimalno količino emisij CO<sub>2</sub>. V energetskega sektorju to pomeni, da imajo prednost obnovljivi viri (How Germany plans to succeed in a nuclear free, low-carbon economy, 2011). Ob navedenih dejstvih se pojavi vprašanje, zakaj je bilo potrebno zaprtje jedrskih elektrarn, še posebej, ker so te dobile status nevtralnega vira energije pri proizvodnji emisij CO<sub>2</sub> in bile postavljene ob bok obnovljivim virom.

Nemčija tudi na političnem področju aktivno sprejema odločitve, na podlagi katerih bi ostala vodilna država na področju uporabe obnovljivih virov. V energetskega konceptu, ki določa nemško energetskega politiko do leta 2050 in ga je nemška vlada sprejela septembra 2010, je zapisano, da želi postati ena izmed energetskega najučinkovitejših in "zelenih" držav, ob tem pa obdržati konkurenčne cene elektrike. Hkrati namerava zagotoviti visoko raven energetske varnosti in učinkovito okoljskega zaščito. Po jedrski nesreči na Japonskem je nemška vlada junija 2011 sprejela nov paket sprememb, ki naj bi omogočile hitrejšo implementacijo že sprejetega energetskega koncepta. Ta paket predvideva povečane investicije za doseganje ciljev okoljskega zaščite in večje proizvodnje elektrike iz obnovljivih virov v višini približno 20 milijard evrov letno. Takšne investicije bi omogočile zmanjšanje uvoza in znižanje stroškov elektrike ter utrdile položaj Nemčije kot vodilne države na področju okoljske in energetske tehnologije. Paket predvideva tudi ustanovitev posebnega finančnega sklada za energijo in klimo, s pomočjo katerega bi izvedli implementacijo vseh določil energetskega koncepta, glavne prispevke vanj pa bi vplačevali lastniki elektrarn. Financiranje projektov, povezanih z obnovljivimi viri, bi bilo, v skladu z energetskega konceptom, od leta 2013 zagotovljeno tudi

prek dražb emisijskih kuponov. Denar, zbran na dražbah bi tako namenili projektom, povezanim z energetske učinkovitostjo, nacionalno in mednarodno okoljsko zaščito ter raziskavam, ki se prav tako ukvarjajo s temi temami. Ker je bil energetske koncept osnovan pred nesrečo v Fukušimi, je v njem zapisano tudi, da bo podaljšanje delovanja jedrskih elektrarn pripomoglo k znižanju cen elektrike. Jedrske elektrarne bi prevzele vlogo zagotavljanja premostitvene energije, ki bi omogočila lažji prehod na povečano uporabo obnovljivih virov. V prehodnem času do večje uporabe obnovljivih virov energije bi ravno jedrske elektrarne omogočile doseganje ciljev zaščite okolja, ekonomske učinkovitosti in varnosti dobave elektrike. Predvideno podaljšanje obratovanja jedrskih elektrarn, ki je bilo sprejeto leta 2010, in pripadajoči davek bi omogočila dodatno financiranje na področju obnovljivih virov in energetske učinkovitosti. Energetske koncept, ki je pred nesrečo na Japonskem še vključeval jedrske elektrarne, naj bi v Nemčiji predstavljal pot do trajnostne in varne energetske politike z uporabo jedrske energije (Federal Ministry of Economics and Technology & Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, 2010, str. 3, 15, 30). Ob prej zapisanem se zato lahko ponovno vprašamo, zakaj je bilo potrebno zaprtje jedrskih elektrarn, če so bile te v energetske konceptu najprej ključnega pomena za doseganje trajnostne in varne energetske politike.

Ključno vlogo pri proizvodnji elektrike bi med obnovljivimi viri prevzela vetrna energija, kar bi zahtevalo povečano izgradnjo vetrnih elektrarn na kopnem in morju. Največji izzivi, s katerimi se bo Nemčija soočala ob večanju pomena obnovljivih virov so naslednji (Federal Ministry of Economics and Technology & Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, 2010, str. 5, 7):

- povečanje kapacitet vetrnih elektrarn,
- trajnostna uporaba in proizvodnja bioenergije,
- večja uporaba obnovljivih virov za ogrevanje in hlajenje,
- zagotovitev stroškovno primerne povečane uporabe obnovljivih virov,
- zagotovitev povpraševanju prilagojene proizvodnje elektrike iz obnovljivih virov,
- boljša integracija obnovljivih virov v proizvodnjo elektrike,
- povečanje in izboljšanje električnega omrežja,
- razvoj in promocija tehnologij za shranjevanje elektrike,
- okrepitev evropskega trga elektrike.

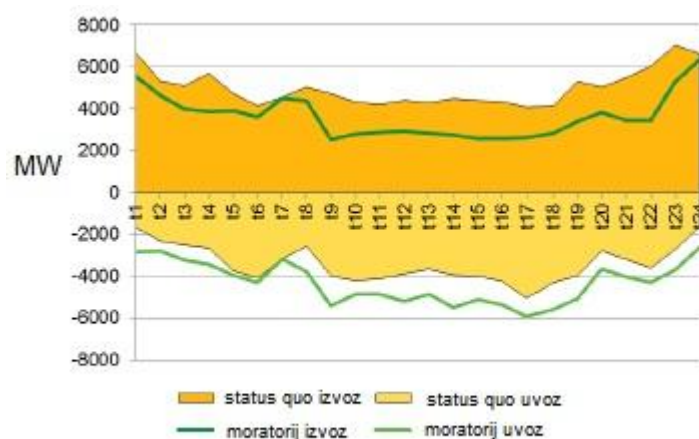
Pomembno dejstvo, ki ga je treba upoštevati ob načrtovanju vedno večjega pomena obnovljivih virov in njihove vloge pri zagotavljanju pasovne energije je, da je takšna proizvodnja elektrike spremenljiva in nestalna. Zato so potrebni pomožni viri proizvodnje elektrike, ki so sposobni v kratkem času zagotoviti tisto potrebno količino elektrike, ki je obnovljivi viri ne morejo. Takšen pomožen vir elektrike predstavljajo termoelektrarne ali uvoz (OECD Nuclear Energy Agency, 2007, str. 41), pri čemer bi uporaba termoelektarn privedla do povečanja emisij CO<sub>2</sub> in nezmožnosti doseganja zastavljenih okoljskih ciljev.

### 3.3 Možne posledice zaprtja jedrskih elektrarn

Odločitev o zaprtju nemških jedrskih elektrarn ima več posledic, med njimi so najbolj izpostavljene možni vplivi na emisije toplogrednih plinov, zanesljivost dobave in cena nadomestnih virov, s katerimi bi nadomestili izgubljeno električno energijo, ki so jo do zdaj proizvajale jedrske elektrarne (Pauwels & Swartenbroekx, 2000, str. 353).

Kunz, von Hirschhausen, Möst in Weigt so junija 2011 opravili raziskavo o varnosti dobave in pretoka električne energije v Nemčiji po sprejeti odločitvi o zaprtju jedrskih elektrarn. V model, kjer status quo predstavlja stanje novembra 2011, ko so delovale še vse nemške jedrske elektrarne, so vključili dva scenarija: moratorij (zaprtje osmih najstarejših jedrskih elektrarn) in dokončno zaprtje vseh jedrskih elektrarn. V obeh primerih je prišlo do zmanjšanja izvoza elektrike v sosednje države in povečanja uvoza, s katerim bi zadostili potrebam po elektriki v Nemčiji. Slika 13 prikazuje, da bi v primeru moratorija izvoz elektrike glede na status quo padel za okoli 25 odstotkov, za podoben odstotek bi se povečal uvoz iz Francije in Češke. Izvoz in uvoz sta torej bistveno spremenjena že v primeru moratorija, medtem ko v primeru dokončnega zaprtja vseh jedrskih elektrarn avtorji ocenjujejo, da bi celoten izvoz padel na 20 odstotkov stanja glede na status quo. Nemčija bi elektriko izvažala samo še na Poljsko in v Švico, uvoz elektrike bi se skoraj podvojil. Pomembna ugotovitev, ki jo avtorji izpostavijo je, da uvožena elektrika ne bo proizvedena v jedrskih elektrarnah, saj je njihova proizvodnja namenjena drugemu povpraševanju (Kunz et al., 2011, str. 3–5, 7).

Slika 13: Sprememba uvoza in izvoza elektrike v Nemčiji v primeru moratorija



Vir: F. Kunz, C. von Hirschhausen, D. Möst in H. Weigt, *Security of Supply and Electricity Network Flows after a Phase-Out of Germany's Nuclear Plants: Any Trouble Ahead?*, 2011, str. 4.

Naslednja sprememba, do katere bi prišlo ob uvedbi moratorija je, da bi se v Nemčiji povečalo število termoelektarn, ki uporabljajo zemeljski plin in tistih, ki uporabljajo premog. Izgubo elektrike, proizvedene v jedrskih elektrarnah, bi v času nočne energije nadomestili z



uvozom, trapezno energijo pa s termoelektrarnami, ki uporabljajo zemeljski plin. Če bi prišlo do dokončnega zaprtja vseh jedrskih elektrarn, bi v času nočne energije povpraševanju zadostili s termoelektrarnami (ki uporabljajo zemeljski plin in premog) in z uvozom. Večja težava bi nastala v času trapezne energije, saj Nemčija ne bi mogla zagotoviti dovolj domače in tuje ponudbe, da zadosti povpraševanju. Zaradi zaprtja jedrskih elektrarn bi se tako znašla v težavah pri zagotavljanju potrebne količine elektrike. Na tej točki avtorji opozarjajo na bodoče projekte izgradnje termoelektrarn in povečano uporabo obnovljivih virov, ki bi lahko zagotovili dodatno proizvodnjo elektrike. Ker se je Nemčija odločila, da bo izgubljeno elektriko nadomestila tudi s termoelektrarnami, avtorji napovedujejo povečanje emisij CO<sub>2</sub>, kar bo zaradi evropske omejitve količin emisij povzročilo zvišanje končne cene elektrike. Ob primerjavi s statusom quo so ugotovili, da bi se v primeru moratorija cene elektrike v času nočne energije povečale za 1 EUR/MWh, v primeru dokončnega zaprtja jedrskih elektrarn pa za 5 EUR/MWh. Do še večjega povišanja cen bi prišlo v času pasovne energije. Avtorji v zaključku izrazijo mnenje, da sta možna tako moratorij kot dokončno zaprtje jedrskih elektrarn, ki bi jih nadomestili z gradnjo novih termoelektrarn in uporabo obnovljivih virov v prihodnosti. Menijo tudi, da zaprtje vseh jedrskih elektrarn v treh do sedmih letih ne bo ogrozilo niti varnosti dobave elektrike niti stabilnosti omrežja (Kunz et al., 2011, str. 5–7).

S tem se v celoti ne strinjajo Knopf et al. (2011, str. 4–6, 14), ki menijo, da bi bila stabilnost omrežja po zaprtju jedrskih elektrarn lahko ogrožena, če Nemčija ne bi pravočasno izvedla potrebnih ukrepov za razširitev in posodobitev električnih omrežij. S Kunz et al. se strinjajo, da bo zaprtje jedrskih elektrarn povzročilo večje zanašanje na uporabo fosilnih goriv, kar bo posledično privedlo do višjih emisij CO<sub>2</sub>, vendar menijo, da bo to zvišanje majhno, če bo do zaprtja prišlo leta 2022, večje, če bodo vse jedrske elektrarne zaprli že leta 2020 in največje, če bo do zaprtja prišlo pred letom 2020. Pomemben dejavnik je tudi gorivo, ki bi ga uporabljale termoelektrarne, saj bi uporaba zemeljskega plina, v primerjavi s premogom, na kratki rok pomenila nastanek približno 20 odstotkov manj emisij. Avtorji poudarijo, da bo dokončno zaprtje leta 2022 pomenilo vrnitev na nivo emisij CO<sub>2</sub> iz leta 2010, torej pred podaljšanjem življenjske dobe jedrskih elektrarn, kar pomeni, da spremembe ne bi bile tako kritične. Knopf et al. (2011, str. 14) prav tako napovedujejo zvišanje cen elektrike do leta 2020 in nato znižanje na nivo cen iz leta 2010 do leta 2030. Znesek, za katerega se bodo povišale cene, je po njihovem mnenju odvisen od datuma, do katerega bodo zaprte vse jedrske elektrarne. Če se bo to zgodilo pred letom 2022 lahko pričakujemo večje povišanje cen zaradi nepripravljenosti dodatnih kapacitet, ki bi nadomestile izgubo. Če bi do zaprtja prišlo že leta 2015, bi končni uporabniki plačevali približno 2 EUR več na mesec, kot če bi se to zgodilo leta 2020 in okoli 0,88 EUR več na mesec, če bi do zaprtja prišlo leta 2020 v primerjavi z letom 2022. Pomemben dejavnik, ki ga omenjajo avtorji, je tudi zmanjšanje porabe elektrike oziroma večja energetska učinkovitost. Če je Nemčija ne bi uspela zagotoviti, bi bil to še en dejavnik, ki bi vplival na zvišanje končne cene elektrike. Do znižanja cen pa bi lahko prišlo v primeru bistveno večje uporabe obnovljivih virov.

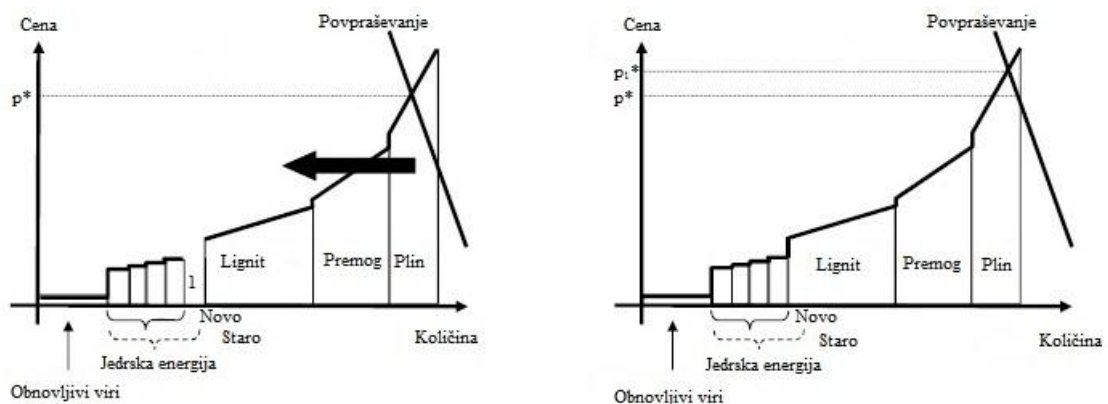
Negativna posledica zaprtja jedrskih elektrarn bi bilo tudi financiranje tega procesa. Bančna skupina KfW je v študiji iz leta 2011 ugotovila, da bo potrebnih približno 25 milijard evrov na leto za izvršitev zaprtja. Do leta 2020 bi celoten znesek narasel na okoli 250 milijard evrov, s čimer bi pokrili gradnjo termoelektarn, elektrarn, ki uporabljajo obnovljive vire, in vzpostavitev električnega omrežja (Nuclear Power in Germany, 2011).

Bode (2009, str. 2–3) je možnost spremembe emisij in cene elektrike analiziral na drugačen način. Po njegovem govorimo o neposrednem in posrednem učinku, ki nastaneta zaradi zaprtja jedrske elektrarne. Neposredni učinek se osredotoča samo na trg elektrike, medtem ko posredni učinek upošteva tudi trg emisij in njegove posledice na ceno elektrike. Samo trgovanje z emisijami je definirano v 17. členu Kjotskega protokola, pri čemer lahko države, ki ne "porabijo" vse dovoljene količine emisij, te, v obliki emisijskih kuponov, prodajo državam, ki so svoje omejitve emisij že prekoračile. Ob tem obstajajo tudi omejitve, saj države ne smejo prodati takšne količine kuponov, ki bi jim onemogočila doseganje zastavljenih okoljskih ciljev. Trg emisij se lahko oblikuje na nacionalni ali regionalni ravni, trgovanje z emisijami v EU pa predstavlja največjo tovrstno trgovinsko shemo (Emissions Trading, 2012).

### 3.3.1 Neposredni učinek

V primeru zaprtja jedrskih elektrarn in neobstoja nadomestne elektrarne, ki bi proizvedla manjkajočo elektriko s podobnimi stroški, pride do premika krivulje ponudbe v levo, pri čemer krivulja ponudbe predstavlja mejne stroške proizvodnje posameznih elektrarn. Na ta način se na trgu elektrike oblikuje novo ravnotežje z višjo ceno elektrike, kar prikazuje Slika 14, na kateri vidimo, da se zaradi zmanjšanja ponudbe, ki je posledica zaprtja jedrske elektrarne, cena elektrike zviša iz  $p^*$  na  $p_1^*$  (Bode, 2009, str. 3).

Slika 14: Oblikovanje novega ravnotežja zaradi zaprtja jedrske elektrarne



Vir: S. Bode, *Nucs down in Germany – prices up in Europe?*, 2009, str. 4.

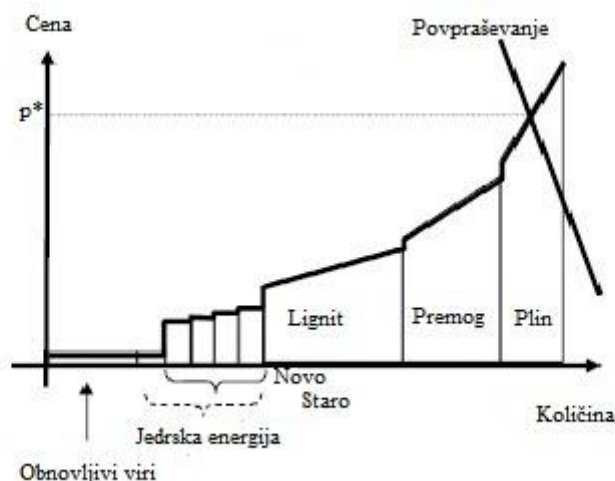
Po sprejeti odločitvi o zaprtju jedrskih elektrarn v Nemčiji, so se cene elektrike junija 2011 (prvič po 16 mesecih) dvignile nad cene v Franciji, kar je povečalo uvoz iz francoskih jedrskih elektrarn v Nemčijo. Deutsche Bank AG je napovedala, da lahko cene elektrike narastejo za do 6 EUR v letu 2012, kar bi povzročilo povečanje uvoza elektrike iz Francije, Češke in Skandinavije (Paulsson, 2011). Nižje zvišanje je napovedala nemška vlada, ki je ocenila, da bo cena elektrike narasla za 0,01 EUR na kilovatno uro. Za končne porabnike bi to pomenilo za približno 3 EUR višje plačilo mesečne porabe (Kjaer, 2012).

### 3.3.2 Posredni učinek

Pri analizi posrednega učinka je pomembno, katera elektrarna bi nadomestila zaprto jedrsko elektrarno oziroma koliko emisij CO<sub>2</sub> bi nova elektrarna proizvedla. Če nadomestna elektrarna ne proizvaja CO<sub>2</sub>, na primer pri uporabi obnovljivih virov energije ali uvozu elektrike, potem do sprememb ne bi prišlo. Slika 15 prikazuje nadomeščanje zmanjšanja proizvedene elektrike v jedrskih elektrarnah s povečano proizvodnjo iz obnovljivih virov, zaradi česar do oblikovanja novega ravnotežja in nove cene ne bi prišlo. Če bi nova elektrarna proizvajala CO<sub>2</sub>, bi se cene emisijskih kuponov zaradi povečane količine emisij zvišale, kar bi nazadnje povzročilo tudi rast cen elektrike (Bode, 2009, str. 5).

Če bi zaprtje jedrskih elektrarn v Nemčiji povzročilo povečanje emisij CO<sub>2</sub> in posledično povišanje cen emisijskih kuponov, odločitev o zaprtju ne bi več zadevala samo Nemčije, ampak cel svet. Povečanje emisij v Nemčiji bi tako lahko kompenzirali z zmanjšanjem emisij v državah v razvoju, seveda, če bi se slednje s tem strinjale (Bode, 2009, str. 11). Pri posrednem učinku naj omenimo še postopek zajetja in shranjevanja ogljika (angl. *carbon capture and storage*), ki bi omogočil zmanjšanje emisij CO<sub>2</sub> za termoelektrarne, vendar bi se s tem zmanjšala tudi njihova učinkovitost, in sicer za približno 9 do 10 odstotnih točk. Ta postopek bi lahko predstavljal alternativo kupovanju dragih emisijskih kuponov. Ker pa je še v fazi razvoja, ni znano, ali bo kadar koli postal tehnološko izvedljiv in kakšni bodo njegovi stroški (Pahle, 2010, str. 17). Če bi se Nemčija odločila za nadomestitev izgubljenega deleža proizvedene elektrike iz jedrskih elektrarn samo z obnovljivimi viri, bi se odvil scenarij, ki ga prikazuje Slika 15, ker pa bo izgubljeni delež nadomestila tudi z uporabo termoelektrarn, bo prišlo do spremembe cen zaradi povečanih emisij CO<sub>2</sub>.

Slika 15: Ohranitev ravnotežja z uporabo obnovljivih virov



Vir: S. Bode, *Nucs down in Germany – prices up in Europe?*, 2009, str. 4.

### 3.3.3 Stroški razgradnje

Zadnja stopnja upravljanja z jedrskimi elektrarnami je razgradnja in v tej fazi je relevanten tudi problem jedrskih odpadkov. Po večletnem delovanju je večina delov jedrske elektrarne kontaminiranih, zato jih obravnavamo kot ostale radioaktivne odpadke. Sama razgradnja tako pomeni obsežen projekt v finančnem in časovnem obsegu, kot v številu ljudi, ki pri njem sodelujejo (Breeze, 2005, str. 263–264). S tem problemom se bo morala ukvarjati tudi Nemčija. V ta namen je že leta 2003 ustanovila sklad, namenjen jedrskim odpadkom in stroškom razgradnje, v katerega je bilo doslej vplačanih 35 milijard evrov (Nuclear Power in Germany, 2011).

Vendar se ob navedenem znesku pojavi vprašanje, ali bo zadoščal za razgradnjo vseh zaprtih elektrarn. Najčistejša in najdražja možna rešitev razgradnje je, da se jedrska elektrarna v celoti razstavi, radioaktivni odpadki pa se uskladiščijo na varen način. Naslednja možnost je, da se iz jedrske elektrarne odstranijo visoko radioaktivni odpadki, medtem ko se sama elektrarna zapečati za 20 do 50 let, s čimer se doseže zmanjšanje radioaktivnosti ostalega odpada. Tretja možnost, ki so jo po nesreči uporabili v Černobilu je, da elektrarno nedotaknjeno zapečatijo za več 100 let (Breeze, 2005, str. 263–264).

Konec leta 2010 je bilo po svetu zaprtih 124 jedrskih elektrarn. Med njimi je bilo 15 elektrarn v celoti razstavljenih, 52 jih je bilo v procesu razstavljanja ali v postopku skorajšnjega razstavljanja, 48 so jih zapečatili za 20 do 50 let, 3 so trajno zapečatili, za 6 jedrskih elektrarn način razgradnje še ni bil določen. IAEA je pri procesu sodelovala z organiziranjem delavnic, na katerih je bilo možno izmenjavanje informacij in izkušenj (International Atomic Energy Agency, 2011, str. 8). V Nemčiji proces razgradnje poteka na 19 zaprtih reaktorjih. Od tega nameravajo 11 reaktorjev popolnoma porušiti in sprazniti lokacije, kar bi povzročilo nastanek

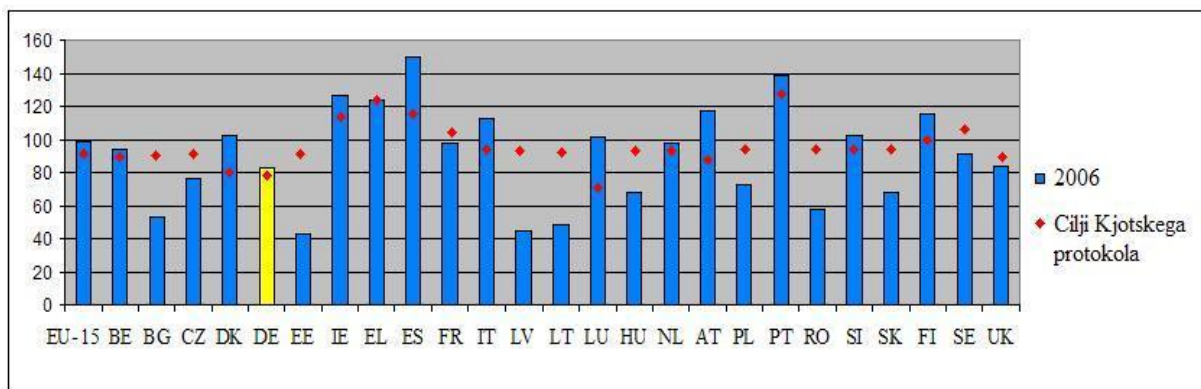
približno 10.000 kubičnih metrov odpadkov (Nuclear Power in Germany, 2011). Približna cena za razgradnjo reaktorjev v Nemčiji je 18 milijard evrov, kar je malo manj kot milijarda evrov na posamezen reaktor, vendar uradne, bolj natančne ocene še niso znane (Dinkloh, 2011). Da bodo stroški razgradnje znašali med pol in milijardo evrov za posamezno jedrsko elektrarno so ocenili tudi v dokumentu Ministrstva za okolje, ohranjanje narave in jedrsko varnost leta 2006 (Paul, Kölschbach, Kaulard & Dokter, 2006, str. 11).

### **3.4 Usklajenost zaprtja jedrskih elektrarn z okoljskimi cilji**

Proizvodnja elektrike vpliva na okolje z izkoriščanjem naravnih danosti in s proizvodnjo neželenih stranskih produktov, ki so lahko zanj škodljivi (Harris, 2008, str. 265). Montrealski protokol o substancah, ki škodljivo delujejo na ozonski plašč (v nadaljevanju Montrealski protokol) iz leta 1987, je prvi mednarodni dokument, ki govori o problematiki uničevanja ozonskega plašča. Montrealski protokol ne govori neposredno o emisijah, a je okoljsko problematiko globalnega segrevanja vključil v razpravo na mednarodni ravni. V njem je zapisano, da bi se morali proizvodnja in raba sestavin, ki uničujejo ozonski plašč in posledično zaščitno pred UV-B sevanjem, ukiniti do leta 2000. Razprava o toplogrednih plinih, globalnem segrevanju in klimatskih spremembah je pripeljala do drugega pomembnega mejnika pri boju za zaščito okolja, in sicer do konference v Riu de Janeiru leta 1992, kjer je bila sprejeta Okvirna konvencija Združenih narodov o spremembi podnebja (v nadaljevanju Okvirna konvencija), ki je stopila v veljavo 21. marca 1994. Okvirna konvencija je predstavljala splošen okvir, države članice so se dogovorile tudi, da bodo omejile svoje emisije (predvsem CO<sub>2</sub> in metan) (James & Fusaro, 2006, str. 11–15). Leta 1997 je bil k Okvirni konvenciji sprejet še dodatek, znan pod imenom Kjotski protokol, ki je bil ratificiran leta 1997, v veljavo pa je stopil leta 2005. Določila Kjotskega protokola so zavezujoča za države pogodbenice, med katerimi je tudi Nemčija. To pomeni, da so države dolžne doseči ciljne, nižje vrednosti emisij toplogrednih plinov, s posebnim poudarkom na CO<sub>2</sub> (United Nations Information Service, 2007).

EU si je postavila tri cilje, ki jih želi doseči do leta 2020. Prvi je 20-odstotno zmanjšanje emisij toplogrednih plinov glede na stanje iz leta 1990, drugi je povečanje deleža elektrike, proizvedene iz obnovljivih virov na 20 odstotkov in tretji zmanjšanje porabe energije za 20 odstotkov (Andoura et al., 2011, str. 7). Odkar se je Nemčija odločila za zaprtje jedrskih elektrarn, je doseganje teh ciljev postalo vprašljivo. Doseganje cilja zmanjševanja emisij CO<sub>2</sub> do leta 2020 bi bilo možno, kljub zaprtju jedrskih elektrarn, če bi Nemčija uvozila najmanj 25.000 megavatov elektrike, s čimer bi se znašla v nezavidljivem položaju, ko ne bi mogla vplivati na ceno električne energije (angl. *price taker*), glede dobave elektrike pa bi bila v veliki meri odvisna od sosednjih držav (Nuclear Power in Germany, 2011). Na Sliki 16 vidimo, da je Nemčija leta 2006 dosegala zastavljene cilje, kar ni držalo za vse države članice EU-25. Zastavljene cilje je Nemčija dosegala tudi leta 2010, ko so nemške emisije CO<sub>2</sub> predstavljale 20,3 odstotka vseh emisij držav članic EU (European Environment Agency, 2011, str. 102–103).

Slika 16: Doseganje ciljev Kjotskega protokola v EU-25 leta 2006



Vir: Eurostat, *Panorama of Energy*, 2009, str. 18.

Zaprtje jedrskih elektrarn in nadomestitev izgubljenega deleža električne energije bosta imela neposreden učinek tudi na emisije CO<sub>2</sub>. Kljub investicijam v obnovljive vire, naj bi Nemčija zaradi povečane uporabe fosilnih goriv proizvedla dodatnih 300 milijonov ton CO<sub>2</sub> do leta 2020, kar bo skoraj izničilo celotno predvideno znižanje emisij CO<sub>2</sub> vseh držav članic EU (Nuclear Power in Germany, 2011). Naj dodamo, da se s to oceno ne strinja stalna misija, ki predvideva, da bo postopek zaprtja jedrskih elektrarn klimatsko nevtralen. Ocena stalne misije temelji na ideji, da bo zvišanje emisij CO<sub>2</sub> zaradi zaprtja v celoti kompenzirano s trgom emisijskih kuponov drugih sektorjev v Nemčiji in Evropi. Emisije toplogrednih plinov v Evropi bi tako po njihovem mnenju ostale konstantne, doseganje nemških ciljev glede klimatskih sprememb pa realno (Q&As on Germany's phasing out of nuclear energy, 2011). Trgovanje z emisijskimi kuponi sicer ni v celoti skladno z načinom nadomestitve uporabe jedrskih elektrarn kot ga v svojem dokumentu predvideva Komisija Evropskih skupnosti. Ta meni, da je zmanjšano uporabo jedrskih elektrarn potrebno nadomestiti z viri, ki prav tako proizvajajo minimalne količine emisij CO<sub>2</sub>, saj drugače ne bo možno doseči cilja zmanjšanja emisij (Commission of the European Communities, 2007, str. 18). Da postopek zaprtja jedrskih elektrarn ne bo klimatsko nevtralen, kažejo že podatki za leto 2011, iz katerih je razvidno, da so se emisije CO<sub>2</sub>, proizvedene v energetske sektorju leta 2011, povečale za 2 do 6 odstotkov v primerjavi z letom 2010 (World Nuclear News, 2012c).

V primeru, da ne uspemo zaustaviti oziroma upočasniti klimatskih sprememb, bo posledice občutila tudi proizvodnja električne energije. Vplivi klimatskih sprememb na proizvodnjo elektrike so jasno predstavljeni v Tabeli 8. Pomen teh vplivov je pogosto zmanjšan ali zanemarjen zaradi dejstva, da je življenjska doba elektrarn okoli 30 let, okoljske spremembe pa naj bi se pokazale šele v obdobju 50 let ali še kasneje (Rademaekers et al., 2011, str. 75).

Tabela 8: Predvidene posledice klimatskih sprememb na način proizvodnje elektrike

	<b>Predvidene posledice klimatskih sprememb</b>
<b>Solarna energija</b>	manjša učinkovitost zaradi višje temperature zraka, poškodbe zaradi neurij
<b>Hidroelektrarne</b>	pomanjkanje ali presežek vode (odvisno od lokacije hidroelektrarn), poplave
<b>Jedrske elektrarne</b>	poplave (večje kot upoštevane v projektih), težave z ohlajevanjem (višja temperatura zraka in vode, preveliko segrevanje vode za ohlajanje)
<b>Vetrna energija</b>	večja učinkovitost ali uničenje vetrnic zaradi neurij
<b>Biomasa</b>	težave z ohlajevanjem (višja temperatura zraka in vode), poplave
<b>Termoelektrarne</b>	težave z ohlajevanjem (višja temperatura zraka in vode) in dobavo premoga, poplave

Vir: K. Rademaekers et al., *Investment needs for future adaptation measures in EU nuclear power plants and other electricity generation technologies due to effects of climate change Final report, 2011, str. 77.*

Povpraševanje po elektriki se bo v zimskem času zmanjšalo, saj se bodo zmanjšale potrebe po gretju. Povpraševanje poleti bo bistveno večje, saj bo zaradi povišanih temperatur vedno bolj pomembno hlajenje. Električna omrežja bosta obremenila neenakomerno povpraševanje in ponudba. Z uporabo obnovljivih virov, ki so popolnoma odvisni od okoljskih pogojev, se bodo spremenile tudi možnosti proizvodnje elektrike. Na primer, zaradi povišane temperature zraka se bo znižala učinkovitost sončnih celic. Okoljske spremembe bodo v manjši meri vplivale tudi na tradicionalne vire energije, električna omrežja in sistem transporta elektrike, a bodo tudi tu potrebna prilagajanja. Električna omrežja bodo namreč ogrožali močni vetrovi in neurja, ki lahko prevrnejo električne drogeve, ter povišane temperature, ki zmanjšajo kapacitete transformatorjev. Povišane temperature in vročinski valovi bodo najverjetneje vplivali na ohlajevanje jedrskih elektrarn, saj povišanje temperature zraka za 1 °C povzroči za približno 0,1 odstotek zmanjšano moč jedrske elektrarne. Povišane temperature bodo vplivale tudi na termoelektrarne, saj bo zaradi visokih temperatur na voljo manjša količina vode, ki jo termoelektrarne potrebujejo za ohlajevanje. Vpliv povišane temperature zraka in vročinskih valov bo viden tudi na hidroelektrarnah, kjer se lahko, odvisno od lokacije hidroelektrarn, izkazuje na dva načina: v pomanjkanju vode ali v večji učinkovitosti hidroelektrarn, ki bo posledica večjega taljenja ledenikov. Jedrske elektrarne so odvisne od primerne temperature vode, ki jo uporabljajo za hlajenje reaktorjev, od uporabe hladilnih stolpov (če ni dostopa do primerne vode) in od temperature zraka, saj je za proizvodnjo elektrike potrebna temperaturna razlika med virom toplote (fisijska) in med virom ohlajevanja (voda, hladilni stolp in temperatura zraka). Težave lahko povzročijo tudi poplave, ki so med drugim povzročile tudi nesrečo v Fukušimi. Na vse te dejavnike lahko vplivajo spremembe v okolju, ki vplivajo na zmanjšanje količine vode in otežijo uporabo hladilnih stolpov. To lahko privede do

zmanjšanja produktivnosti ali začasnega zaprtja jedrske elektrarne. V državah, kjer bodo velik delež elektrike še naprej pridobivali iz jedrskih elektrarn, se bodo morali soočiti s pomembnimi posledicami klimatskih sprememb. Interes teh držav bi moral biti zato usmerjen v zaustavitev klimatskih sprememb. Okoljske spremembe bodo otežile tudi uporabo termoelektarn, saj se bosta hkrati zvišali temperaturi zraka in vode, medtem ko se bo nivo vode v rekah znižal. Za termoelektarne, ki ne bodo uporabljale hladilnih stolpov (ti predstavljajo lastnikom dodatne stroške), bo to pomenilo začasno prenehanje delovanja, saj hlajenje elektarn z rečno vodo ne bo možno, ne da bi preveč segreti uporabljeno vodo. Poleti leta 2003 je že prišlo do takšne situacije v zahodni in srednji Evropi. Znižan nivo vode bo termoelektarne prizadel tudi zaradi podražitve transporta premoga. Premog je namreč najceneje prevažati z ladjami, če to, zaradi prenizkega nivoja vode, ne bo več mogoče, ga bodo morali dovažati s tovornjaki ali vlaki, kar bo zvišalo stroške uporabe termoelektarn. Na termoelektarne, ki uporabljajo zemeljski plin, bo imela največji vpliv povišana temperatura zraka, ki bo otežila njihovo delo, saj termoelektarne potrebujejo kisik za segrevanje goriva za proizvodnjo pare, kar je oteženo, če je zrak segret. Povišana temperatura zraka bo zmanjšala tudi učinkovitost, saj bo za samo delovanje elektrarne potrebne več elektrike. Povišanje temperature zraka za 10 °C lahko povzroči več odstotno znižanje učinkovitosti dela termoelektarne (Rademaekers et al., 2011, str. 20–21, 26–27, 30–35).

Temperaturne spremembe zraka bodo torej bolj kot na jedrske elektrarne vplivale na termoelektarne, kar je še ena prednost prvih pred drugimi. Okoljske spremembe bodo prizadele tudi države, ki elektrike ne proizvajajo z uporabo jedrske energije, zato je pri doseganju cilja zmanjšanja emisij toplogrednih plinov potrebno skupno sodelovanje vseh držav. Glede na predvidene posledice okoljskih sprememb, ki smo jih omenili zgoraj, se zato ponovno poraja vprašanje, ali je zaprtje jedrskih elektrarn dobra odločitev.

Nemčija se zavzema, da bo v prihodnosti vedno večji del elektrike proizvedla s pomočjo obnovljivih virov, ki so prav tako dovzetni za spremembe v okolju in bodo v primeru velikih klimatskih sprememb postali še manj zanesljiv vir. Njena odločitev o zaprtju jedrskih elektrarn je, glede na trenutno situacijo, neutemeljena, saj te predstavljajo optimalen način proizvodnje elektrike brez dodatnega onesnaževanja okolja. Zaradi zaprtja jedrskih elektrarn in večje uporabe termoelektarn, bo v prihodnosti oteženo ali onemogočeno doseganje zastavljenih ciljev zmanjšanja emisij CO<sub>2</sub> znotraj EU. Vsekakor bi bilo bolje, če bi Nemčija najprej poskrbela za doseganje okoljskih ciljev (z uporabo jedrskih elektrarn) in hkrati razvijala uporabo obnovljivih virov. Na ta način bi si zagotovila, da bodo obnovljivi viri kasneje lahko prevzeli vodilno vlogo pri proizvodnji električne energije, ne da bi jih pri tem omejevale velike okoljske spremembe. Ko bi bil ta cilj dosežen, bi lahko ponovno razmislila o postopnem zaprtju jedrskih elektrarn.



### **3.5 Možnost ponovne uvedbe jedrskih elektrarn v Nemčiji**

Že leta 1999 je Debra Johnson (1999, str. 163) navedla možne razloge za ponovno uvedbo jedrskih elektrarn, ki so relevantni tudi danes. Gre za vpliv povečane odvisnosti od uvoza elektrike, oteženo doseganje okoljskih ciljev in jedrskim elektrarnam naklonjeno javno mnenje. Logika v ozadju argumentov danes je enaka kot leta 1999. Če Nemčija ne bo zmožna sama proizvesti potrebnih količin elektrike, bo morala manjkajoči delež pridobiti tudi z uvozom, kar bi pomenilo večjo energetske odvisnost od drugih držav. Ravno strah pred preveliko odvisnostjo bi bil lahko eden od vodilnih argumentov za ponovno odprtje jedrskih elektrarn. Argument v prid ponovnemu odprtju bo tudi vedno večji pomen zaščite okolja. Jedrske elektrarne imajo status okoljsko nevtralnega načina pridobivanja goriv in so, tako kot obnovljivi viri, po emisijah CO<sub>2</sub> najmanj škodljive za okolje. Kot sem prikazala v magistrski nalogi, se je javno mnenje o jedrskih elektrarnah skozi čas spreminjalo. V povezavi s prej omenjenima razlogoma, se realna opcija zdi tudi jedrskim elektrarnam naklonjeno javno mnenje, ki bi prav tako odigralo pomembno vlogo pri njihovem morebitnem ponovnem odprtju. Razlogi, ki so v preteklosti pomembno vplivali na tok odločitev o prihodnosti jedrskih elektrarn, so relevantni tudi danes. Na podlagi tega lahko tudi danes dokončnost odločitve o zaprtju postavimo pod vprašaj, tako kot je to storila Debra Johnson leta 1999. Dodaten razlog, ki ga avtorica ne omenja, vseeno pa je velikega pomena za možnost ponovnega odprtja jedrskih elektrarn v Nemčiji, temelji na protiargumentu, da je bila odločitev o zaprtju sprejeta izključno iz političnih razlogov. Dosedanje dogajanje bi nas namreč lahko privedlo do sklepa, da bi do ponovne uvedbe jedrskih elektrarn lahko prišlo tudi zaradi političnih pritiskov oziroma če bi politične stranke v Nemčiji pričele izgubljati podporo zaradi svoje protijedrske politike.

### **SKLEP**

Kot je bilo že omenjeno, bi nesreča v Fukušimi lahko povzročila sprejem novih in strožjih varnostnih kriterijev ter postopkov delovanja jedrskih elektrarn, hkrati pa bi vplivala tudi na podporo jedrskim elektrarnam s strani javnega mnenja in politike. V Nemčiji sta se uresničili obe napovedi znanstvenikov. Izvedeni so bili stresni testi, ki so omogočili vpogled v trenutno stanje in potrebne izboljšave v delujočih jedrskih elektrarnah, hkrati se je povečal dvom o upravičenosti uporabe jedrskih elektrarn, ki mu je nazadnje sledila odločitev o njihovem zaprtju. Če prej predstavljena vpliva povežemo s komentarjem, da je trg tisti, ki bi moral določati, kateri načini proizvodnje elektrike naj bodo v uporabi, bi nesrečo v Fukušimi lahko imeli za opomnik, da ne moremo vedno predvideti vseh naravnih okoliščin in da je potrebno v izboljšavo trenutno obstoječih in novih jedrskih elektrarn, ki omogočajo doseganje okoljskih ciljev, vložiti še več sredstev. S tem bi zagotovili tudi večjo varnost njihovega delovanja. Kljub sodelovanju v stresnih testih, je v Nemčiji prevladal drugi vpliv, ki se je posledično izrazil v odločitvi o zaprtju vseh jedrskih elektrarn, tudi tistih, ki so izpolnjevale vse potrebne standarde dobrega delovanja, določene na stresnih testih.

Dvom o primernosti odločitve se poraja zaradi štirih dejavnikov, ki naj bi bili upoštevani ob odločanju o usodi jedrskih elektrarn. Odločitev naj bi namreč temeljila na ekonomski upravičenosti, razmisleku o varnosti dobave elektrike, vplivu proizvodnje elektrike na okolje in javnem mnenju. Pri prvih treh dejavnikih uporabi jedrske energije ne moremo nasprotovati, saj je tako stroškovno kot zaradi stalnosti ponudbe in statusa okoljsko nevtralnega vira elektrike, optimalna ali vsaj konkurenčna izbira. V primeru javnega mnenja pa nas zgodovina uči, da se skozi čas spreminja, zato bi lahko predvidevali, da se bo nasprotovanje jedrskim elektrarnam sčasoma zmanjšalo.

Največkrat omenjeni razlogi za zaprtje jedrskih elektrarn v Nemčiji so strah pred morebitnimi jedrskimi nesrečami, želja povečati pomen obnovljivih virov in, po besedah odločevalcev, racionalni, ekonomski in etični razlogi. Med pisanjem magistrskega dela sem ugotovila, da obstaja več protiargumentov tej odločitvi. Samo zaprtje jedrskih elektrarn v Nemčiji ne izniči možnosti jedrske nesreče, saj imajo v sosednjih državah delujoče jedrske elektrarne. Ker nesreče niso omejene na ozemlje ene države, lahko zaključimo, da prvi razlog za zaprtje ni verodostojen. Ob upoštevanju želje po večjem pomenu in uporabi obnovljivih virov, ne smemo zanemariti dejstva, da obnovljivi viri in jedrske elektrarne med seboj niso izključujoči in da bodo zaradi potreb po električni energiji, jedrske elektrarne deloma nadomestile tudi termoelektrarne. Termoelektrarne bodo v uporabi kot pomožne elektrarne, ob elektrarnah, ki uporabljajo obnovljive vire, ali pa bodo samostojno nadomestile jedrske elektrarne, kar bo povečalo količino emisij CO<sub>2</sub>, in zaradi česar je pod vprašaj postavljena tudi verodostojnost drugega argumenta za zaprtje. Na podlagi prej omenjenih ugotovitev menim, da so odločitvi o zaprtju botrovali izključno politični razlogi. Kritike, ki letijo na zagovornike zaprtja jedrskih elektrarn so, da bo zaprtje povzročilo zmanjšanje varnosti in zanesljivosti dobave električne energije, povečalo odvisnost od uvoza elektrike, zvišalo cene elektrike in emisije CO<sub>2</sub> ter onemogočilo doseganje zastavljenih okoljskih ciljev. Ob analiziranju odločitve o zaprtju, sem poleg kritik prepoznala tudi možne težave. Prva je vprašanje kompatibilnosti uporabe obnovljivih virov in trenutnega električnega omrežja, druga povišanje emisij CO<sub>2</sub> in tretja okoljske ter politične (na primer odnosi med državami pri kupovanju emisijskih kuponov) posledice nedoseganja okoljskih ciljev. Klimatske spremembe bodo namreč neposredno vplivale na proizvodnjo elektrike, ne glede na vrsto elektrarn. Dodatne finančne obremenitve pa bodo nastale zaradi razgradnje jedrskih elektrarn.

Glavne ugotovitve, do katerih sem prišla med pisanjem magistrskega dela so, da bo potrebno električno omrežje prilagoditi novim načinom proizvodnje elektrike in zagotoviti večjo energetske učinkovitost, kar bo omogočilo vzdržnost novega sistema proizvodnje elektrike brez jedrskih elektrarn. Prišlo bo do majhnega povečanja emisij CO<sub>2</sub>, začetnemu kratkoročnemu povišanju cen elektrike bo sledila stabilizacija, povečala se bo potreba po uvozu elektrike. Menim, da ugotovljene pozitivne posledice uporabe jedrskih elektrarn in predvsem vedno večji pomen zaščite okolja z zmanjšanjem emisij potrjujejo mojo začetno hipotezo, da v Nemčiji izgub pri proizvodnji električne energije, do katerih bi prišlo zaradi zaprtja jedrskih elektrarn, ne bo mogoče v celoti nadomestiti s cenovno primerljivimi

nadomestnimi viri, kar bo povzročilo rast cen električne energije. Prav tako se je za utemeljenega izkazal drugi del moje hipoteze, ki govori o tem, da bo Nemčiji, zaradi zaprtja jedrskih elektrarn, onemogočeno ali vsaj oteženo doseganje ciljev zmanjšanja emisij CO<sub>2</sub>.

## LITERATURA IN VIRI

1. Acton, J. M., & Hibbs, M. (2012, 6. marec). Why Fukushima was preventable. *The Carnegie Papers*. Najdeno 27. marca 2012 na spletnem naslovu <http://carnegieendowment.org/files/fukushima.pdf>
2. Andoura, S., Cöeffé, P., & Dobrostamat, M. (2011, maj). Nuclear energy in Europe: What future? *Policy Brief*, 25. Najdeno 5. novembra 2011 na spletnem naslovu [http://www.notre-europe.eu/uploads/tx\\_publication/Bref25-nuclear\\_energy-EN-web\\_01.pdf](http://www.notre-europe.eu/uploads/tx_publication/Bref25-nuclear_energy-EN-web_01.pdf)
3. Aubrecht, G. J. (2006). *Energy: physical, environmental, and social impact* (3<sup>rd</sup> ed.). Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall.
4. Baetz, J. (2011, 30. maj). Germany Decides to Abandon Nuclear Power by 2022. *abcnews*. Najdeno 25. oktobra 2011 na spletnem naslovu <http://abcnews.go.com/Business/wireStory?id=13717078>
5. Beard, G. (2012, 13. januar). German Court: Nuclear Tax Constitutional, Within EU Law. *UraniumBlog*. Najdeno 6. februarja 2012 na spletnem naslovu <http://www.uraniumblog.com/2012/01/german-court-nuclear-tax-constitutional-within-eu-law.html>
6. Bode, S. (2009). Nucs down in Germany – prices up in Europe? *Energy Policy*, 37(7), 1–13.
7. Breeze, P. A. (2005). *Power generation technologies*. Oxford Burlington: Newnes.
8. Breidthardt, A. (2011, 30. maj). Germany plans to shut all nuclear reactors by 2022, Chancellor Angela Merkel's ruling coalition announced on Monday, in a policy reversal drawn up in a rush after the Fukushima disaster in Japan. *Reuters*. Najdeno 25. oktobra 2011 na spletnem naslovu <http://uk.reuters.com/article/2011/05/30/us-germany-nuclear-idUKTRE74Q2P120110530>
9. Commission of the European Communities (2007, 10. januar). An Energy Policy for Europe. *Communication from the Commission to the European Council and the European Parliament*. Brussels: Commission of the European Communities.
10. Connolly, K. (2010, 6. september). Germany agrees to extend life of nuclear power stations. *The Guardian*. Najdeno 25. oktobra 2011 na spletnem naslovu <http://www.guardian.co.uk/world/2010/sep/06/germany-extend-nuclear-power-stations>
11. De Esteban, F. (2002, 23. maj). The future of nuclear energy in the European Union. *Background paper for a speech*. Najdeno 5. novembra 2011 na spletnem naslovu <http://ec.europa.eu/energy/nuclear/doc/brusselsfdemay2002.pdf>
12. Dempsey, J. (2007a, 2. julij). Pressure mounts on Merkel to drop plans to close nuclear plants. *The New York Times*. Najdeno 25. oktobra 2011 na spletnem naslovu [http://www.nytimes.com/2007/07/02/business/worldbusiness/02iht-nuke.4.6451931.html?\\_r=1&scp=14&sq=Dempsey%2C+Judy&st=nyt](http://www.nytimes.com/2007/07/02/business/worldbusiness/02iht-nuke.4.6451931.html?_r=1&scp=14&sq=Dempsey%2C+Judy&st=nyt)
13. Dempsey, J. (2007b, 4. julij). Merkel confronts German energy industry with radical policy overhaul. *The New York Times*. Najdeno 25. oktobra 2011 na spletnem naslovu

- <http://www.nytimes.com/2007/07/03/business/worldbusiness/03iht-nuke.5.6473838.html?scp=13&sq=Dempsey%2C+Judy&st=nyt>
14. Dempsey, J. (2007c, 13. julij). Letter from Europe: Climate change. *The New York Times*. Najdeno 25. oktobra 2011 na spletnem naslovu <http://www.nytimes.com/2007/07/13/world/europe/13iht-letter.1.6643380.html?scp=9&sq=Dempsey%2C+Judy&st=nyt>
  15. Denk, W. (2012). *German Swiss Energy Production and Plan* [PowerPoint predstavitev].
  16. Dinkloh, P. (2011, 28. september). UPDATE 1-Nuclear shutdown costs mount in Germany – report. *Reuters*. Najdeno 2. aprila 2012 na spletnem naslovu <http://www.reuters.com/article/2011/09/28/germany-nuclear-decommissioning-costs-idUSL5E7KS0J920110928>
  17. *The Economics of Nuclear Power*. Najdeno 25. oktobra 2011 na spletnem naslovu <http://www.world-nuclear.org/info/inf02.html>
  18. *Emissions Trading*. Najdeno 3. avgusta 2012 na spletnem naslovu [http://unfccc.int/kyoto\\_protocol/mechanisms/emissions\\_trading/items/2731.php](http://unfccc.int/kyoto_protocol/mechanisms/emissions_trading/items/2731.php)
  19. *EnBW AG – Business Segments and Structure*. Najdeno 24. marca 2012 na spletnem naslovu <http://www.enbw.com/content/en/group/segments/index.jsp>
  20. *EnBW AG – Shareholders*. Najdeno 24. marca 2012 na spletnem naslovu <http://www.enbw.com/content/en/group/portrait/shareholders/index.jsp>
  21. *The Energy Concept and its accelerated implementation*. Najdeno 19. avgusta 2012 na spletnem naslovu [http://www.bmu.de/english/transformation\\_of\\_the\\_energy\\_system/resolutions\\_and\\_measures/doc/48054.php](http://www.bmu.de/english/transformation_of_the_energy_system/resolutions_and_measures/doc/48054.php)
  22. *E.ON AG – Shareholder Structure*. Najdeno 24. marca 2012 na spletnem naslovu <http://www.eon.com/en/investors/965.jsp>
  23. *E.ON AG – Structure*. Najdeno 24. marca 2012 na spletnem naslovu <http://www.eon.com/en/corporate/2033.jsp>
  24. *EU Stress Test*. Najdeno 21. marca 2012 na spletnem naslovu <http://www.ensreg.eu/EU-Stress-Tests>
  25. Euratom Supply Agency. (2011). *Annual Report 2010*. Najdeno 5. novembra 2011 na spletnem naslovu <http://ec.europa.eu/euratom/ar/ar2010.pdf>
  26. *Euratom Supply Agency*. Najdeno 19. aprila 2012 na spletnem naslovu [http://europa.eu/legislation\\_summaries/energy/nuclear\\_energy/l27052\\_en.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/energy/nuclear_energy/l27052_en.htm)
  27. European Commission. (2011a). *Country factsheets – EU 27 Member States*. Najdeno 19. aprila 2012 na spletnem naslovu [http://ec.europa.eu/energy/observatory/countries/countries\\_en.htm](http://ec.europa.eu/energy/observatory/countries/countries_en.htm)
  28. European Commission. (2011b). *Energy 2020*. Najdeno 25. oktobra 2011 na spletnem naslovu [http://ec.europa.eu/energy/publications/doc/2011\\_energy2020\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/energy/publications/doc/2011_energy2020_en.pdf)
  29. European Commission. (2011c). *Key Figures – EU and world*. Najdeno 10. novembra 2011 na spletnem naslovu [http://ec.europa.eu/energy/observatory/countries/countries\\_en.htm](http://ec.europa.eu/energy/observatory/countries/countries_en.htm)

30. European Commission. (2012). *Nuclear Power Plants in the European Union – 2010*. Najdeno 3. aprila 2012 na spletnem naslovu [http://ec.europa.eu/energy/nuclear/safety/stress\\_tests\\_en.htm](http://ec.europa.eu/energy/nuclear/safety/stress_tests_en.htm)
31. European Environment Agency. (2011). *Greenhouse gas emission trends and projections in Europe 2011*. Najdeno 28. julija 2012 na spletnem naslovu <http://www.eea.europa.eu/publications/ghg-trends-and-projections-2011>
32. European Nuclear Safety Regulatory Group. (2012a). *February Update of the Stress Test Peer Review*. Najdeno 21. marca 2012 na spletnem naslovu [http://ensreg.eu/sites/default/files/stress\\_test\\_peer\\_review\\_February\\_update.pdf](http://ensreg.eu/sites/default/files/stress_test_peer_review_February_update.pdf)
33. European Nuclear Safety Regulators Group. (2012b). *Peer review report Stress tests performed on European nuclear power plants*. Najdeno 28. julija 2012 na spletnem naslovu [http://www.ensreg.eu/sites/default/files/EU%20Stress%20Test%20Peer%20Review%20Final%20Report\\_0.pdf](http://www.ensreg.eu/sites/default/files/EU%20Stress%20Test%20Peer%20Review%20Final%20Report_0.pdf)
34. European Nuclear Safety Regulatory Group & European commission. (2011). *EU "Stress test" specifications*. Najdeno 25. oktobra 2011 na spletnem naslovu [http://ec.europa.eu/energy/nuclear/safety/doc/20110525\\_eu\\_stress\\_tests\\_specifications.pdf](http://ec.europa.eu/energy/nuclear/safety/doc/20110525_eu_stress_tests_specifications.pdf)
35. *Europe's Energy Portal*. (2012). Najdeno 4. julija 2012 na spletnem naslovu <http://energy.eu/>
36. Eurostat. (2009). *Panorama of Energy*. Najdeno 10. novembra 2011 na spletnem naslovu [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY\\_OFFPUB/KS-GH-09-001/EN/KS-GH-09-001-EN.PDF](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-GH-09-001/EN/KS-GH-09-001-EN.PDF)
37. Eurostat. (2012). *Greenhouse gas emissions by sector (source: EEA) EU (27 countries)*. Najdeno 15. februarja 2012 na spletnem naslovu [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/web/\\_download/Eurostat\\_Table\\_tsdcc210HTMLNoDesc.htm](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/web/_download/Eurostat_Table_tsdcc210HTMLNoDesc.htm)
38. Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety. (2011). *EEG surcharge remains stable during strong growth in renewables*. Najdeno 25. oktobra 2011 na spletnem naslovu [http://www.bmu.de/english/current\\_press\\_releases/pm/47872.php](http://www.bmu.de/english/current_press_releases/pm/47872.php)
39. Federal Ministry of Economics and Technology & Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety. (2010). *Energy Concept for an Environmentally Sound, Reliable and Affordable Energy Supply*. Najdeno 25. oktobra 2011 na spletnem naslovu [http://www.bmu.de/files/english/pdf/application/pdf/energiekonzept\\_bundesregierung\\_en.pdf](http://www.bmu.de/files/english/pdf/application/pdf/energiekonzept_bundesregierung_en.pdf)
40. Furber, R. D., Warf, J. C., & Plotkin, S. C. (2008). The Future of Nuclear Power. *Monthly Review*, 59(9), 38–48.
41. *Germany's energy debate Nuclear power? Yes, maybe*. (2009). Najdeno 25. oktobra 2011 na spletnem naslovu <http://www.economist.com/node/14419420>

42. Gordelier, S. (2007). Nuclear energy risks and benefits in perspective. *NEA News*, 25(2), 4–8.
43. Harris, A., & Venables, M. (2011). Nuclear power? Nein danke. *Engineering & Technology* (17509637), 6(6), 46–49.
44. Harris, C. (2008). *Electricity markets: pricing, structures and economics*. Chichester: John Wiley & Sons.
45. *How Germany plans to succeed in a nuclear free, low-carbon economy*. Najdeno 8. februarja 2012 na spletnem naslovu <http://www.guardian.co.uk/environment/2011/jul/29/nuclearpower-energy>
46. Institute For Energy Research. (b.l.) *The Status of Renewable Electricity Mandates in the States*. Najdeno 3. avgusta 2012 na spletnem naslovu <http://www.instituteforenergyresearch.org/wp-content/uploads/2011/01/IER-RPS-Study-Final.pdf>
47. International Atomic Energy Agency. (2011). *Annual Report 2010*. Najdeno 5. novembra 2011 na spletnem naslovu [http://www.iaea.org/Publications/Reports/Anrep2010/anrep2010\\_full.pdf](http://www.iaea.org/Publications/Reports/Anrep2010/anrep2010_full.pdf)
48. International Atomic Energy Agency. (b.l.) *INES Mednarodna lestvica jedrskih in radioloških dogodkov*. Najdeno 26. marca 2012 na spletnem naslovu [http://www.ursjv.gov.si/fileadmin/ujv.gov.si/pageuploads/si/INES/novi\\_INES\\_letak.pdf](http://www.ursjv.gov.si/fileadmin/ujv.gov.si/pageuploads/si/INES/novi_INES_letak.pdf)
49. International Energy Agency. (2011). *World Energy Outlook 2011 Executive summary*. Najdeno 10. novembra 2011 na spletnem naslovu [http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebiste/2011/executive\\_summary.pdf](http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebiste/2011/executive_summary.pdf)
50. Istenič, R., Jenčič, I., Lenošek, M., Skobe, T., Stritar, A., Tkavc, M., Gortnar, O., & Koželj, M. (2005). Fizikalne osnove. V Jenčič, I. (ur.), *Mala enciklopedija jedrske energije* (str. 17–33). Ljubljana: Institut "Jožef Stefan".
51. James, T., & Fusaro, P. C. (2006). *Energy and emissions markets: collision or convergence?* Singapore: John Wiley & Sons.
52. Johnson, D. (1999). Nuclear Energy Policy in the European Union: Meltdown or False Alarm? *Journal of International Affairs*, 53(1), 149–163.
53. Joskow, P. L., & Parsons, J. E. (2012). The Future of Nuclear Power After Fukushima. *Economics of energy & Environmental policy*, 1(2), 99–113.
54. Kjaer, C. (2012, 26. marec). Blowing away nuclear power. *Europeanvoice.com*. Najdeno 2. aprila 2012 na spletnem naslovu <http://www.europeanvoice.com/article/2012/march/blowing-away-nuclear-power/73977.aspx>
55. Knopf, B., Kondziella, H., Pahle, M., Götz, M., Bruckner, T., & Edenhofer, O. (2011). Scenarios for Phasing Out Nuclear Energy in Germany. *WISO Diskurs*. Najdeno 25. aprila 2012 na spletnem naslovu <http://library.fes.de/pdf-files/wiso/08506.pdf>
56. Kunz, F., von Hirschhausen, C., Möst, D., & Weigt, H. (2011). Security of Supply and Electricity Network Flows after a Phase-Out of Germany's Nuclear Plants: Any Trouble Ahead?. *EUI Working Papers RSCAS 2011/32*. Najdeno 23. aprila 2012 na spletnem

- naslovu [http://cadmus.eui.eu/bitstream/handle/1814/17834/RSCAS\\_2011\\_32.pdf?sequence=1](http://cadmus.eui.eu/bitstream/handle/1814/17834/RSCAS_2011_32.pdf?sequence=1)
57. *Management of spent fuel and radioactive waste*. Najdeno 19. aprila 2012 na spletnem naslovu [http://europa.eu/legislation\\_summaries/energy/nuclear\\_energy/en0027\\_en.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/energy/nuclear_energy/en0027_en.htm)
  58. *Nuclear Energy*. Najdeno 19. aprila 2012 na spletnem naslovu [http://europa.eu/legislation\\_summaries/energy/nuclear\\_energy/index\\_en.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/energy/nuclear_energy/index_en.htm)
  59. *Nuclear Power in Germany*. Najdeno 25. oktobra 2011 na spletnem naslovu <http://www.world-nuclear.org/info/inf43.html>
  60. *Nuclear power plants in Europe*. Najdeno 21. marca 2012 na spletnem naslovu <http://www.euronuclear.org/info/encyclopedia/n/nuclear-power-plant-europe.htm>
  61. *Nuclear power plants world-wide*. Najdeno 2. septembra 2012 na spletnem naslovu <http://www.euronuclear.org/info/encyclopedia/n/nuclear-power-plant-world-wide.htm>
  62. Nuttall, W. J. (2008, november). Nuclear Energy in the enlarged European Union. *CESSA Working Paper*. Najdeno 5. novembra 2011 na spletnem naslovu [http://www.cessa.eu.com/sd\\_papers/wp/wp4/0404\\_Nuttall.pdf](http://www.cessa.eu.com/sd_papers/wp/wp4/0404_Nuttall.pdf)
  63. Nuttall, W. J. & Roques, F. (2008, november). Certain Aspects of the Sustainability of Nuclear Power. *CESSA Working Paper*. Najdeno 5. novembra 2011 na spletnem naslovu [http://www.cessa.eu.com/sd\\_papers/wp/wp4/0405\\_Nuttall\\_Roques.pdf](http://www.cessa.eu.com/sd_papers/wp/wp4/0405_Nuttall_Roques.pdf)
  64. OECD Nuclear Energy Agency. (2007). *Risks and Benefits of Nuclear Energy*. Najdeno 4. julija 2012 na spletnem naslovu [http://www.assoelettrica.it/popup/E\\_TecnologiaSviluppo/14\\_ALLEGATO/tecnologia\\_sviluppo.pdf](http://www.assoelettrica.it/popup/E_TecnologiaSviluppo/14_ALLEGATO/tecnologia_sviluppo.pdf)
  65. OECD Nuclear Energy Agency. (2010). *Public Attitudes to Nuclear Power*. Najdeno 10. novembra 2011 na spletnem naslovu <http://www.oecd-nea.org/ndd/reports/2010/nea6859-public-attitudes.pdf>
  66. Pahle, M. (2010). Germany's dash for coal: exploring drivers and factors. *Energy Policy*, 38(7), 3431–3442.
  67. Paul, M., Kölschbach, K. H., Kaulard, J., & Dokter, S. (2006, 17. maj). Decommissioning including financial precaution. Najdeno 2. aprila 2012 na spletnem naslovu [http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/jc\\_decommissioning.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/jc_decommissioning.pdf)
  68. Paulsson, L. (2011, 10. junij). German Nuclear Ban Spurs French Atomic Imports: Chart of the Day. *Bloomberg.com*. Najdeno 25. oktobra 2011 na spletnem naslovu <http://www.bloomberg.com/news/2011-06-09/german-nuclear-ban-spurs-french-atomic-imports-chart-of-the-day.html>
  69. Pauwels, J., & Swartenbroekx, C. (2000). The closure of European nuclear power plants: a commercial opportunity for the gas-producing countries. *OPEC Review: Energy Economics & Related Issues*, 24(4), 351–373.
  70. Pershing, J. (1999). Nuclear power and environmental policy. V *Business as usual and nuclear power* (str. 37–47). Pariz: International Energy Agency & Nuclear Energy Agency.



71. *Pogodba o ustanovitvi Evropske skupnosti za atomsko energijo*. (1958). Najdeno 10. novembra 2011 na spletnem naslovu <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:C:2010:084:0001:0112:SL:PDF>
72. Probert, T. (2010a, 1. september). Nuclear power? Yes, please. But at what price? *Power Engineering International*. Najdeno 25. oktobra 2011 na spletnem naslovu <http://www.powerengineeringint.com/articles/print/volume-18/issue-8/regulars/analysis/nuclear-power-yes-please-but-at-what-price.html>
73. Probert, T. (2010b, 1. november). Too much to handle? Germany's solar power plan takes it toll. *Power Engineering International*. Najdeno 25. oktobra 2011 na spletnem naslovu <http://www.powerengineeringint.com/articles/print/volume-18/issue-10/regulars/analysis/too-much-to-handle-germanys-solar-power-plan-takes-it-toll.htm>
74. *Public engagement*. Najdeno 21. marca 2012 na spletnem naslovu <http://ensreg.eu/EU-Stress-Tests/Public-engagement>
75. *Q&As on Germany's phasing out of nuclear energy*. Najdeno 11. novembra 2011 na spletnem naslovu [http://www.new-york-un.diplo.de/Vertretung/newyorkvn/en/\\_pr/Press\\_20releases/PM\\_\\_2011/110822\\_20Q\\_26As\\_20on\\_20Nuclear\\_20Energy.html](http://www.new-york-un.diplo.de/Vertretung/newyorkvn/en/_pr/Press_20releases/PM__2011/110822_20Q_26As_20on_20Nuclear_20Energy.html)
76. Rademaekers, K., van der Laan, J., Boeve, S., & Lise, W. (2011, marec). Investment needs for future adaptation measures in EU nuclear power plants and other electricity generation technologies due to effects of climate change Final report. *Final Report*. Najdeno 5. novembra 2011 na spletnem naslovu [http://ec.europa.eu/energy/nuclear/studies/doc/2011\\_03\\_eur24769-en.pdf](http://ec.europa.eu/energy/nuclear/studies/doc/2011_03_eur24769-en.pdf)
77. *Radioactive Waste Management*. Najdeno 11. februarja 2012 na spletnem naslovu <http://www.world-nuclear.org/info/inf04.html>
78. Ratner, J. (2011, 31. maj). Uranium producers hurt by Germany's nuclear ban. *The Vancouver Sun*. Najdeno 25. oktobra 2011 na spletnem naslovu <http://www.vancouver.sun.com/business/Uranium+producers+hurt+Germany+nuclear/4866407/story.html>
79. REN21. (2011). *Renewables 2011 Global Status Report*. Najdeno 25. oktobra 2011 na spletnem naslovu [http://www.ren21.net/Portals/97/documents/GSR/GSR2011\\_Master18.pdf](http://www.ren21.net/Portals/97/documents/GSR/GSR2011_Master18.pdf)
80. Ritch, J. (b.l.). The Necessity of Nuclear Power. *World Nuclear Association*. Najdeno 25. oktobra 2011 na spletnem naslovu [http://www.world-nuclear.org/John\\_Ritch/The\\_Necessity\\_of\\_Nuclear\\_Power.html](http://www.world-nuclear.org/John_Ritch/The_Necessity_of_Nuclear_Power.html)
81. Rogner, H. (2007). Let the Market Decide. *IAEA Bulletin* 49(1), 29–31.
82. *RWE AG. – Group Structure*. Najdeno 24. marca 2012 na spletnem naslovu <http://www.rwe.com/web/cms/en/1029904/rwe/investor-relations/rwe-group/business-divisions/>
83. *RWE AG. – The RWE Group*. Najdeno 24. marca 2012 na spletnem naslovu <http://www.rwe.com/web/cms/en/1029638/rwe/investor-relations/rwe-group/>

84. *RWE AG. – Shareholder Structure*. Najdeno 24. marca 2012 na spletnem naslovu <http://www.rwe.com/web/cms/en/113836/rwe/investor-relations/shares/shareholder-structure/>
85. *Sales and distribution*. Najdeno 24. marca 2012 na spletnem naslovu <http://www.vattenfall.com/en/sales-and-distribution.htm>
86. Schneider, M., Froggatt, A., & Thomas, S. (2011, april). Nuclear Power in a Post-Fukushima World. *The world nuclear industry status report 2010–2011*. Najdeno 25. oktobra 2011 na spletnem naslovu [http://www.worldwatch.org/system/files/WorldNuclearIndustryStatusReport2011\\_%20FINAL.pdf](http://www.worldwatch.org/system/files/WorldNuclearIndustryStatusReport2011_%20FINAL.pdf)
87. Tarjanne, R., & Kivistö, A. (2008). Comparison of electricity generation costs. *Department of Energy and Environmental Technology Research report EN A-56*. Najdeno 25. oktobra 2011 na spletnem naslovu <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/39685/isbn9789522145888.pdf>
88. The Nuclear Communications Network. (2012). *German Companies Fear Consequences Of Nuclear Exit, Survey Shows*. Najdeno 1. julija 2012 na spletnem naslovu <http://www.sone.org.uk/content/view/2331/2/>
89. United Nations Information Service. (2007). *Okvirna konvencija Združenih narodov o podnebnih spremembah (UNFCCC)*. Najdeno 1. februarja 2012 na spletnem naslovu [http://www.unis.unvienna.org/unis/sl/thematic\\_info\\_climate\\_change\\_unfccc.html](http://www.unis.unvienna.org/unis/sl/thematic_info_climate_change_unfccc.html)
90. Uprava Republike Slovenije za jedrsko varnost. (2011). *Fukushima*. Najdeno 26. marca 2012 na spletnem naslovu <http://www.ursjv.gov.si/si/info/fukushima/>
91. Uprava Republike Slovenije za jedrsko varnost (2012). *Predpisi EU*. Najdeno 19. aprila 2012 na spletnem naslovu [http://www.ursjv.gov.si/si/zakonodaja\\_in\\_dokumenti/predpisi\\_eu/](http://www.ursjv.gov.si/si/zakonodaja_in_dokumenti/predpisi_eu/)
92. Vattenfall. (2012). *Vattenfall Group Structure, 1 January 2011*. Najdeno 24. marca 2012 na spletnem naslovu [http://www.vattenfall.com/en/file/org\\_schema\\_110805\\_18466282.pdf](http://www.vattenfall.com/en/file/org_schema_110805_18466282.pdf)
93. *The Vattenfall Group*. Najdeno 24. marca 2012 na spletnem naslovu <http://www.vattenfall.com/en/organisation.htm>
94. World Nuclear News. (2012a, 6. marec). Utility hit by upheaval in nuclear policy. *World Nuclear News*. Najdeno 1. julija 2012 na spletnem naslovu [http://www.world-nuclear-news.org/C\\_Utility\\_hit\\_by\\_upheaval\\_in\\_nuclear\\_policy\\_0603121.html](http://www.world-nuclear-news.org/C_Utility_hit_by_upheaval_in_nuclear_policy_0603121.html)
95. World Nuclear News. (2012b, 14. marec). EOn's one year on. *World Nuclear News*. Najdeno 1. julija 2012 na spletnem naslovu [http://www.world-nuclear-news.org/C\\_EOns\\_one\\_year\\_on\\_1403121.html](http://www.world-nuclear-news.org/C_EOns_one_year_on_1403121.html)
96. World Nuclear News. (2012c, 23. maj). New energy minister for Germany. *World Nuclear News*. Najdeno 1. julija 2012 na spletnem naslovu [http://www.world-nuclear-news.org/NP\\_New\\_energy\\_minister\\_for\\_Germany\\_2305122.html](http://www.world-nuclear-news.org/NP_New_energy_minister_for_Germany_2305122.html)
97. World Nuclear News. (2012d, 8. junij). Vattenfall versus Germany. *World Nuclear News*. Najdeno 1. julija 2012 na spletnem naslovu [http://www.world-nuclear-news.org/C\\_Vattenfall\\_versus\\_Germany\\_0806122.html](http://www.world-nuclear-news.org/C_Vattenfall_versus_Germany_0806122.html)

98. World Nuclear News. (2012e, 12. december). Germany faces multibillion-Euro grid bill. *World Nuclear News*. Najdeno 18. decembra 2012 na spletnem naslovu [http://www.world-nuclear-news.org/EE-Germany\\_faces\\_multibillion-Euro\\_grid\\_bill-1212127.html](http://www.world-nuclear-news.org/EE-Germany_faces_multibillion-Euro_grid_bill-1212127.html)
99. Wurzel, R. W. (2010). Environmental, Climate and Energy Policies: Path-Dependent Incrementalism or Quantum Leap? *German Politics*, 19(3/4), 460–47



## **PRILOGA**

## **Priloga 1: Seznam uporabljenih kratic**

EU 15: EU 15

BE: Belgija

BG: Bolgarija

CZ: Češka

DK: Danska

DE: Nemčija

EE: Estonija

IE: Irska

EL: Grčija

ES: Španija

FR: Francija

IT: Italija

LV: Latvija

LT: Litva

LU: Luksemburg

HU: Madžarska

NL: Nizozemska

AT: Avstrija

PL: Poljska

PT: Portugalska

RO: Romunija

SI: Slovenija

SK: Slovaška

FI: Finska

SE: Švedska

UK: Velika Britanija