

KRITIČNA INFRASTRUKTURA IN NJENA REDUNDANCA NA PODROČJU OSKRBE SLOVENIJE Z ELEKTRIČNO ENERGIJO

Iztok Prezelj¹, France Križanič², Zvone Košnjek³, Miroslav Bugeza³,
Damijan Kopše³, Vasja Kolšek

31

Povzetek

Kritično infrastrukturo predstavljajo tisti objekti, katerih nedelovanje bi povzročilo veliko škodo in morebiti celo krizne razmere. Sektorji kritične infrastrukture so različni pa vendarle med seboj vedno bolj povezani. Pri določanju položaja objektov v omrežjih kritične infrastrukture je pomembna sistemska odpornost in redundanca. Ta je opredeljena kot njegova zmožnost, da preživi večjo motnjo in se obnovi v sprejemljivem času in s sprejemljivimi stroški. V primeru elektroenergetskega sistema to pomeni, da brez vgrajene redundance in ustreznih sistemov ne more zagotavljati nemotene dobave električne energije na dolgi rok. Povsem možen analiziran primer večjega izpada dobave električne energije, še bolj pa seveda do neke mere možen analiziran primer razpada slovenskega elektroenergetskega sistema kažeta, da Termoelektrarna Brestanica v vlogi sistemske redundance potencialno preprečuje precej večjo narodnogospodarsko škodo, kot pa jo med kriteriji za kritično infrastrukturo predvidevajo veljavni predpisi.

Ključne besede: kritična infrastruktura, zunanji učinki (eksternalije), nacionalna varnost, elektroenergetska podjetja, politika na področju energije

JEL: D62, H56, L94, Q48

1 Fakulteta za družbene vede Univerze v Ljubljani.

2 EIPF, ekonomski inštitut

3 ELEK

Abstract

Critical infrastructure represents the sectors whose failure would cause considerable damage, and possibly even social crisis. Critical infrastructure sectors are different but in contemporary conditions increasingly more interconnected. The logic behind determining the position of different objects providing key functions within critical infrastructure networks is based on systemic resilience and redundancy. This is defined as the ability of the system to survive a major shock and recover within a reasonable time and at reasonable cost. In the case of an electric power system, or grid, this means that without having redundancy and reliable reserve electric power production capacities a system cannot guarantee a stable supply of electricity in the long run. Analysis of a potential major shock and the possible consequent larger electricity supply failure in Slovenia, and even more so to a certain extent the possible breakup of the Slovenian electric power system, shows that in terms of a single source thermal power plant Termoelektrarna Brestanica fully qualifies for the role of Slovenian electric power system redundancy, as it has the capacity to prevent much greater damage than the national criteria for critical infrastructure requires.

32

Key words: Externalities, National Security, Electric Utilities, Energy - Government Policy

JEL: D62, H56, L94, Q48

1. O kritični infrastrukturi

Sodobna družba je močno odvisna od nemotenega delovanja ključnih infrastrukturnih sistemov. Njihovo nedelovanje povzroča veliko družbeno škodo, ki bi pod določenimi pogoji lahko prerasla v krizo širših razsežnosti. Govorimo o varnostnih posledicah nedelovanja infrastrukture. Kadar obstoji takšna potencialna možnost govorimo o kritični infrastrukturi, ki v svojem bistvu zajema med seboj bolj ali manj povezane ključne sektorske procese in objekte. Pri kritični infrastrukturi gre tudi za specifično obliko socio-tehničnih sistemov, ki družbi omogočajo nemoteno in stabilno delovanje. To pomeni, da govorimo o specifični kombinaciji organizacijskih in tehničnih sistemov. V sodobnem svetu narašča ranljivost družbe zaradi potencialnih infrastrukturnih motenj [1, 2]. Koubatis in Schonberger [3] celo ocenjujeta, da brez teh sistemov ni mogoče niti razmišljati o normalnem življenju.

Pojmovanje kritične infrastrukture se je skozi čas spremenilo zaradi razvoja tehnologije in vzpona terorizma kot globalno pomembne grožnje varnosti. Nekoč se je med kritično infrastrukturo uvrščalo vse tiste infrastrukture, katerih daljše motenje bi lahko povzročilo

večje vojaške in ekonomske posledice [4], danes pa govorimo o vseh infrastrukturah, na katerih temelji sodobni način življenja. Sem sodijo predvsem transportni sistemi (cestni, zračni, pomorski in železniški), telekomunikacijski in informacijski sistemi, elektroenergetski sistemi (elektrika, nafta, plin), finančni in bančni sistemi, sistemi preskrbe z vodo, sistemi preskrbe s hrano itd. Nekatere države pod kritično infrastrukturo uvrščajo tudi državne institucije, reševalne službe (vključno z javnim zdravstvom), kemično industrijo, in celo nacionalne spomenike ipd. Dandanes je kritična infrastruktura izjemno široka kategorija, kar je pogojeno s spreminjanjem zaznavanja ogrožanja varnosti.

Kaj vse torej danes zajema sodobno pojmovanje nacionalne kritične infrastrukture? Schulman in Roe [5] opredeljujeta kritično infrastrukturo kot temeljne zmogljivosti, tehnične sisteme in organizacije, ki zagotavljajo družbene zmogljivosti. Varnostni pomen kritične infrastrukture je mogoče videti še posebej v varnostnih razsežnostih posledic njenega nedelovanja oziroma omejenega delovanja. Ko ljudje ne bi imeli na voljo učinkovite preskrbe s hrano, z vodo, s temeljnimi energenti, kot so elektrika, nafta in plin, poleg tega pa ne bi delovali sistemi za izvajanje plačilnih prenosov ali sistemi zdravstvene oskrbe, bi skoraj zagotovo prišlo do specifične družbene krize. V primeru neuspešnega obvladovanja takšne krize bi zagotovo prišlo do varnostnih situacij, v katerih bi bil ogrožen fizični obstoj posameznikov.

33

Zagotavljanje zaščite kritične infrastrukture temelji na dobro utemeljenem razumevanju kritičnosti infrastruktur. Ena od prvih predpostavk zaščite kritične infrastrukture je namreč v razumevanju, kaj pomeni kritično pri vsaki od relevantnih infrastruktur (torej znotraj vsakega infrastrukturnega sektorja). Sektorji kritične infrastrukture so med seboj funkcionalno odvisni, kar pomeni, da je funkcionalnost enega sektorja ali sistema odvisna od funkcionalnosti drugih. Motnje v enem sektorju lahko povzročijo motnje v drugih sektorjih. Boin, Lagadec, Michel-Kerjan in Overdijk [6] ter Perenboom [7] razlagajo naraščajočo soodvisnost med sektorji kot soodvisnost med mrežami. Trg namreč zahteva od infrastrukturnih mrež večjo zmogljivost in učinkovitost, ta pa je možna zaradi boljše povezanosti, kar pomeni večjo soodvisnost, ki povratno zahteva še večjo zmogljivost. Tako se zdi, da bodo lahko vedno manjše motnje povzročale vedno večje učinke. Le Grand, Springinsfeld in Riguidel [8] na tej točki poudarjajo razliko med odvisnostjo in soodvisnostjo. Odvisnost pomeni, da stanje ene infrastrukture vpliva na stanje druge, medtem ko je soodvisnost odvisnost v obe smeri. Hellstrom [9] v zvezi s tem ugotavlja, da do škodljivih prenosov lahko prihaja tudi, če sistemi med seboj niso fizično povezani.

Zaradi navedene povezanosti lahko danes govorimo o področju kritične infrastrukture, ki je postalo izjemno kompleksno področje, sestavljeno iz velikega števila mrež, sistemov, ki so v takšni ali drugačni, močnejši ali šibkejši povezanosti v vsaki državi. Povezanost pa se ne konča v državi, temveč je globalna. Medsektorske povezave se med seboj namreč ločujejo po obsegu in kompleksnosti. Tako ločimo med lokalnimi, nacionalnimi in mednarodnimi povezavami kritične infrastrukture.

V EU kriterije kaj sodi v nacionalno kritično infrastrukturo določi vsaka država posebej (v skladu s priporočili EU). Tako je tudi Vlada Republike Slovenije potrdila kriterije za določitev kritične infrastrukture Republike Slovenije [10]. Osnovni kriteriji obsegajo:

34

- kritično infrastrukturo, ki zaradi nedelovanja povzroči ali vpliva na smrt večjega števila od 50 oseb,
- kritično infrastrukturo, ki zaradi nedelovanja povzroči pomemben vpliv na zdravje prebivalstva v takšni meri, da je potrebno hospitalizirati več kot 100 oseb za več kot teden dni,
- kritično infrastrukturo, ki zaradi nedelovanja povzroči poškodovanje, uničenje dejavnosti, objektov ali območij z vplivom na nacionalno varnost Republike Slovenije do te mere, da je oteženo izvajanje obrambe, notranje varnosti ali varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami,
- kritično infrastrukturo, ki zaradi nedelovanja vpliva na izvajanje gospodarske ali druge dejavnosti v obsegu povzročene škode ali izpada dohodka več 10 milijonov evrov na dan,
- kritično infrastrukturo, ki zaradi nedelovanja vpliva na prekinitev preskrbe s pitno vodo ali hrano za več kot teden dni, za prebivalstvo v obsegu preko 100.000 ljudi,
- kritično infrastrukturo, ki zaradi nedelovanja vpliva na prekinitev preskrbe z električno energijo za 3 dni ali z zemeljskim plinom za več kot teden dni, za prebivalstvo v obsegu preko 100.000 ljudi,
- kritično infrastrukturo, ki zaradi nedelovanja vpliva na izpad oskrbe z naftnimi derivati za več kot teden dni, za prebivalstvo na območju preko 100.000 ljudi,
- kritično infrastrukturo, ki zaradi nedelovanja vpliva na veliko škodo na kopenski ali vodni življenjski prostor na površini več kot 100 ha,
- kritično infrastrukturo, ki zaradi nedelovanja povzroči informacijski ali komunikacijski izpad podpore delovanja drugih kritičnih infrastruktur do 24 ur,
- kritično infrastrukturo, ki zaradi nedelovanja povzroči čezmejne posledice v drugih državah glede na predhodne kriterije.

Sektorski kriteriji pri določanju kritične infrastrukture so bili oblikovani prav tako na podlagi definicije kritične infrastrukture in osnovnih kriterijev pri določanju kritične infrastrukture ter ob upoštevanju specifik posameznega sektorja. V sektorju energetike so identificirani naslednji kriteriji:

- izpad električne energije v obsegu, da povzroči razpad elektroenergetskega sistema Republike Slovenije, ki za ponovno vzpostavitev na celotnem ozemlju Republike Slovenije potrebuje teden dni,
- izpad dobave električne energije v elektroenergetskem sistemu, ki povzroči za 3 dni nezmožnost vzpostavitve oskrbe z električno energijo za delovanje na območju z več kot 100.000 prebivalci,
- izpad oskrbe z naftnimi derivati za več kot teden dni na območju, kjer živi in dela več kot 100.000 prebivalcev in povzročitev stroškov zaradi nedelovanja za 10 milijonov evrov na dan,

- več kot teden dni izpad oskrbe s plinom, ki povzroči gospodarsko škodo več kot 10 milijonov evrov na dan ali prekine oskrbo s plinom za prebivalstvo v obsegu preko 100.000 ljudi [10].

V zadnjem času je vedno večja pozornost usmerjena na pomen odpornosti tehničnih, infrastrukturnih in družbenih sistemov (»resilience«). Odpornost sistema je opredeljena kot njegova zmožnost, da preživi večjo motnjo in se obnovi v sprejemljivem času in s sprejemljivimi stroški [11]. Odpornost se tudi nanaša na celovit sistemski odziv na neželene spremembe, ki rušijo pričakovan potek dogodkov [12]. Odpornost se pokaže v kriznih razmerah in razmerah, v katerih grozi popolna onesposobitev ali nedelovanje. Odpornost ima številne oblike. Temelji na predpostavki, da je varnost subjekta odvisna ne le od grožnje, temveč tudi od samega subjekta – njegove odpornosti na grožnje. Poleg tega tudi temelji na predpostavki, da je treba dis-ekvilibrij vključiti med temeljne principe vzpostavljanja organizacije in da je zagotavljanje odpornosti stvar neprekinjene dejavnosti [12].

35

Odporna kritična infrastruktura temelji na institucionalni in sistemski odpornosti ter predstavlja vidik bolj celovitega pojmovanja odzivanja na krize. Krize so procesi in sistemska priprava nanje poteka v daljšem časovnem obdobju. Obvladovanje kriznih dogodkov zahteva zmogljivost oblikovanja kompleksnih rešitev za kompleksne probleme, kar pa je mogoče le, če institucije in sistemi ohranijo dinamičnost in prilagodljivost – institucionalno in sistemsko odpornost. Koncept institucionalne in sistemske odpornosti je v svojem bistvu optimistični pogled na kompleksno prihodnost [13].

Institucionalna in sistemska odpornost zahteva sistematično diagnosticiranje ranljivosti. Vendar pa zaradi pritiskov trga (zahteva po minimalnih stroških) infrastrukturne organizacije pogosto celo zanemarijo opozorilne signale, ki kažejo na določene ranljivosti in pomanjkljivosti. Koncept institucionalne in sistemske odpornosti je tako pogosto v konfliktu s konceptom stroškovne učinkovitosti. Slednja je postala pogosto vodilo reorganizacije številnih infrastrukturnih sistemov. Vendar pa postanejo »vitke organizacije« in sistemi po drugi strani manj fleksibilni, bolj ranljivi in manj odporni ali celo neodporni na prihajajoče krize. Če ni nobenih zalog med proizvodnjo in potrošnjo, potem se stabilnost takšnih sistemov lahko hitro poruši. Vitke organizacije in sistemi običajno v svoji strukturi nimajo rezervnih zmogljivosti, s tem pa se zmanjša njihova varnost. Paradoks vitkih organizacij je v tem, da s sledenjem stroškovne učinkovitosti zmanjšajo svojo sistemsko odpornost [13].

Vsi kompleksni sistemi morajo imeti vgrajene redundance ali nadomestke. Cilj v primeru sistemske napake ali nedelovanja je preprečiti širjenje motnje. Ravno redundanca je eden od ključnih ukrepov preprečevanja širjenja motnje ali grožnje [14]. Zanimivo in upoštevanja vredno pa je tudi mnenje Perenbooma [15], ki pravi, da razvitost rezervnih (backup) sistemov v določenih kritičnih infrastrukturah zmanjšuje soodvisnost. Pomembno je izpostaviti tudi ugotovitev, da je zelena stopnja sistemske odpornosti med drugim tudi stvar »politične« odločitve [12] in s tem tudi posledične odgovornosti za sprejem ali ne sprejem odločitve.

2. Ponudnik rezervne moči kot kritična redundanca za zagotavljanje varnosti delovanja slovenskega elektroenergetskega sistema

36

Slovenija letno porabi 12,9 TWh električne energije (končna poraba v 2015). Gospodinjstva porabijo 25% skupne končne porabe elektrike, ostalih 75% pa je namenjeno gospodarstvu in drugim porabnikom. Na prvi pogled izgleda, da imamo stabilno dobavo te dobrine, saj je proizvodnja električne energije v 2015 na pragu elektrarn skupaj znašala 14,2 TWh (38% iz jedrske elektrarne, 32% iz termoelektarn, 28% iz hidroelektarn in 2% iz sončnih in vetrnih elektrarn), vendar pa polovica proizvedene električne energije iz Nuklearne elektrarne Krško avtomatsko pripade hrvaškemu elektroenergetskemu sistemu. Če odštejemo ta del, izgube v omrežju in porabo v prečrpovalni elektrarni, mora Slovenija 20% svoje končne porabe električne energije uvoziti [17]. Analize [16] so pokazale, da je naš sistem še zlasti ranljiv v obdobju stresnih ur, ko je na voljo najmanj razpoložljivih kapacitet za proizvodnjo elektrike (suša, okvare,...) in ko poraba naraste, uvoz pa je dosledno ne more pokriti. To so razmere, v katerih sistem potrebuje redundanco, v slovenskem primeru ponudbo električne energije za tak primer posebej strukturiranih zmogljivosti. Termoelektrarna Brestanica (TEB) je specializiran ponudnik električne energije v primeru nenadnega večjega kratkoročnega neravnovesja na trgu te dobrine. Instalirana moč plinskih blokov v TEB predstavlja 75% slovenskih zmogljivosti za nudenje te vrste rezerve. Visoka uvozna odvisnost porabe električne energije Slovenije dodatno otežuje morebitno zagotavljanje vsaj dela rezerve iz uvoza.

V nadaljevanju bomo predstavili tri primere narodnogospodarskih učinkov delovanja TEB v svojstvu redundance slovenskega elektroenergetskega sistema kot kritične infrastrukture. Imenovali jih bomo manjši izpad proizvodnje električne energije, večji izpad proizvodnje električne energije ter razpad elektroenergetskega sistema.

V primeru manjšega izpada proizvodnje električne energije predpostavljamo relativno nizek nivo proizvodnje v hidroelektarnah, ustrezno sušnim letom, in peturni izpad proizvodnje električne energije v bloku 6 Termoelektarne Šoštanj. Ob visoki porabi pride do primanjkljaja moči v višini 500 MW. Od tega 290 MW nadomesti TEB, 110 MW pa dodaten uvoz v okviru uvoznih zmogljivosti. S tem je pokritih 400 MW primanjkljaja, medtem ko ostane 100 MW nepokritega izpada proizvodnih zmogljivosti za 5 ur.

V primeru večjega izpada proizvodnje električne energije tudi predpostavljamo sušno obdobje ter izpad 340 MW proizvodnje v Nuklearni elektrarni Krško in izpad uvoza v višini 350 MW preko daljnovidne povezave s tujino, zaradi česar pride do skupnega primanjkljaja moči v višini 690 MW, motnja pa traja 42 ur. TEB nadomesti 290 MW izpadle dobave, še vedno pa ostane 400 MW primanjkljaja.

V primeru razpada elektroenergetskega sistema predpostavljamo ugoden vodostaj za delovanje hidroelektarn, kar pa ob nekem močnem zunanjem negativnem vplivu ne more

preprečiti razpada našega elektroenergetskega sistema. V tem primeru TEB najprej nastopi kot ponudnik zagona agregatov brez zunanje napajanja (black start), ki omogoči postopno vklapljanje ostalih elektrarn. Ponovna vzpostavitev oskrbe z električno energijo v celoti pa traja tri dni oziroma 72 ur.

V prvih dveh primerih TEB zmanjša izpad dobave električne energije. Ne more ga sicer v celoti nadomestiti, vendar upravljavcu omrežja omogoči prilagajanje porabe električne energije, tako da ne pride do razpada elektroenergetskega sistema. V tretjem primeru pa je vloga TEB ključna za vzpostavitev normalnih razmer.

Povprečno ekonomsko škodo na izgubljeno kWh elektrike izračunamo s posebnim kazalnikom: Value of Lost Load (VoLL). Običajno VoLL izračunamo s kombinacijo t.i. proxy metode (ocena stroškov, ki so vezani na zanesljivost dobave elektrike, npr. izgubljena dodana vrednost – na ta način so pridobljeni podatki za sektor »negospodinjstev«, to je za podjetja in ostale institucije) ter t.i. kontingenčne metode (z anketo na reprezentativnem vzorcu gospodinjstev se oceni koliko bi bili porabniki elektrike pripravljeni plačati, da bi se izognili izpadu dobave te dobrine - Willingness to pay ali s kratico: WTP). Izračun VoLL je ustavljen do te mere, da ga opredeljuje tudi Direktiva 2008/114/EG. Pri oceni koliko potencialne škode pri motnjah v delovanju elektroenergetskega sistema prepreči delovanje TEB v vlogi redundance tega sistema smo uporabili izračune VoLL v Košnjek et al. [18]. Po tej študiji bi stroški krajšega 4-urnega izpada v Sloveniji znašali 26,13 milijonov evrov, za daljši izpad 309,3 milijonov evrov, neposredni strošek nedobavljene električne energije pa znaša v Sloveniji povprečno 6,72 EUR/kWh.

V primeru manjšega izpada proizvodnje električne energije smo ocenili, da TEB prepreči 9,7 milijona evrov škode, ne more pa preprečiti preostalih 3 milijonov evrov škode. V primeru večjega izpada proizvodnje električne energije smo ocenili, da TEB prepreči 81,9 milijona evrov škode, ne more pa preprečiti preostalih 112,9 milijonov evrov škode. V primeru razpada elektroenergetskega sistema pa smo ocenili, da TEB prepreči 140,3 milijona evrov škode, ne more pa preprečiti preostalih 562,2 milijona evrov škode.

Narodnogospodarski učinki posameznega dogodka, ki povzroči škodo (izpad dobave električne energije,...) ali pa na drugi strani poveča dohodke in povpraševanje niso le direktni pač pa tudi posredni. Na ostale gospodarske subjekte se širijo preko povpraševanja po dobrinah (blagu ali storitvah) najprej do prvih dobaviteljev, nato pa naprej na dobavitelje teh gospodarskih subjektov in tako dalje. Tak celoten vpliv dane spremembe v gospodarstvu ocenjujemo z različnimi ekonometričnimi modeli. V našem primeru smo uporabili input-output analizo. Skupen neposredni in posredni učinek škode zaradi izpada dobave električne energije smo ocenili ločeno za gospodinjstva (osebna poraba) in za gospodarstvo (reprodukcijska poraba), tako da smo skupno direktno škodo po posameznih scenarijih razporedili glede na porabo električne energije v gospodarskih panogah in v gospodinjstvih. Deleže smo preračunali iz porabe storitev panoge 24 (»Oskrba z električno energijo, plinom in paro«) po vseh sektorjih slovenskega gospodarstva v 2010 in iz ustrežne

porabe v gospodinjstvih (osebna poraba). Pri učinku upada dobave električne energije za gospodinjstva nastalo škodo upoštevamo kot izpad dohodka, ki bi se sicer namenil za financiranje osebne porabe. Pri tem je verjetno večino neposrednega upada porabe v obdobju, ko gospodinjstva nimajo električne energije, nekaj tega učinka pa nastopi kasneje, ko se gospodinjstva prilagajajo nastalim razmeram. Nekatere električne naprave se trošijo neracionalno, nekaterim električnim napravam se morajo gospodinjstva odpovedati, da bi se izognila škodi v prihodnje spremenijo nakupovalne navade; zmanjšajo na primer zaloge živil, ipd. Pri spremembi potrošnikove košarice ter znižanju osebne porabe zaradi nestabilne oskrbe z električno energijo upoštevamo, da del izgubljenega dohodka gospodinjstev predstavljajo izgubljeni prihranki [19]. Pri tem upoštevamo 6,7% nagnjenost k prihrankom (v celotni porabi električne energije – gospodarstvo ter gospodinjstva skupaj – predstavljajo prihranki gospodinjstev 2,08%). Ta del izgube dohodka ne vpliva na potrošnjo, pač pa ga upoštevamo le kot direktno izgubo dohodka. Opazujemo torej le kratkoročen učinek nastale škode brez nadaljnjega vpliva na investicije. Gospodinjstva namreč privarčevana sredstva običajno preko posredovanja finančnega sektorja (banke, zavarovalnice, borzni posredniki, skladi,...) plasirajo v investicije.

Neposreden in posreden vpliv, ki ga ima na slovensko gospodarstvo nastop rezervnih zmogljivosti iz TEB kot redundance elektroenergetskega sistema, prikazujemo v spodnji tabeli. Najprej podajamo vpliv na prihodek (označeno kot »Produkcija«), nato na dodano vrednost, sredstva za zaposlene (plače in vse ostalo vezano nanje), porabo stalnega kapitala (amortizacija), poslovni presežek (dobiček), na zaposlenost, angažma kapitala (sredstva), na investicije v razvojno ter raziskovalno dejavnost (»sredstva za R&D«) ter na uvoz blaga in storitev. V drugem stolpcu tabele vidimo, da bo v primeru manjšega izpada proizvodnje električne energije TEB gledano z narodnogospodarske ravni preprečila izgubilo 15 milijonov evrov prihodka, 7 milijonov evrov dodane vrednosti, 4 milijone evrov plač in drugih prejemkov zaposlenih ter po dober milijon evrov amortizacije in poslovnega presežka. Prav tako ne bo začasno brez dela ostalo 173 zaposlenih (na letni ravni), ne bo se zmanjšala izkoriščenost osnovnih sredstev v vrednosti 49 milijonov evrov, investicije v R&D pa se ne bodo znižale za okoli 100 tisoč evrov. Bolj normalno delovanje gospodarstva, kot bi bilo v primeru, da se ponudba električne energije s pomočjo TEB ne bi povečala, bo na drugi strani omogočilo skoraj 3 milijone evrov višji uvoz blaga in storitev.

Neposreden in posreden vpliv izpada dobave električne energije iz TEB na slovensko gospodarstvo (milijoni evrov)

	Manjši izpad proizvodnje električne energije	Večji izpad proizvodnje električne energije	Razpad elektroenergetskega sistema
Produkcija	15	126	216
Dodana vrednost	7	56	96
Sredstva za zaposlene	4	33	57
Poraba stalnega kapitala	1	11	19
Poslovni presežek	1	12	20
Delovno aktivni (število)	173	1458	2499
Osnovna sredstva	49	414	710
Sredstva za R&D	0,1	1	1,5
Uvoz blaga in storitev	3	25	42

39

V kolikor bo prišlo do večjega izpada proizvodnje (dobave) električne energije, takšnega kot ga predpostavljamo v našem drugem primeru (srednji stolpec tabele), bo TEB s povečano ponudbo električne energije preprečila izpad 126 milijonov evrov prihodka, 55 milijonov evrov dodane vrednosti, 33 milijonov evrov plač in drugih prejemkov zaposlenih, 11 milijonov evrov amortizacije ter 12 milijonov evrov poslovnega presežka. Če se TEB ne bi intenzivno vključila v dobavo električne energije bi začasno brez dela ostalo okoli 1500 zaposlenih (na letni ravni), izven uporabe bi bila osnovna sredstva v vrednosti 414 milijonov evrov, investicije v R&D pa bi se zmanjšale za slab milijon evrov. Zaradi relativno normalnejšega delovanja gospodarstva bi bil uvoz 25 milijonov evrov večji kot, če TEB ne bi nastopil s svojo proizvodnjo električne energije.

Če bi, v skladu s predpostavkami naše analize, razpadlo delovanje slovenskega elektroenergetskega sistema, bi TEB preprečila zgubo 216 milijonov evrov prihodka, 95 milijonov evrov dodane vrednosti, 57 milijonov evrov plač in drugih prejemkov zaposlenih, 19 milijonov evrov obračunane amortizacije ter 20 milijonov evrov izgubljenega poslovnega presežka. Če se TEB ne bi intenzivno vključil v dobavo električne energije, bi začasno brez dela ostalo skoraj 2500 zaposlenih (na letni ravni), izven uporabe bi bila osnovna sredstva v vrednosti 710 milijonov evrov, investicije v R&D pa bi se zmanjšale za 1,5 milijona evrov. Zaradi relativno normalnejšega delovanja gospodarstva bi bil uvoz 42 milijonov evrov večji kot, če TEB ne bi nastopil s svojo proizvodnjo električne energije.

Rezultati kažejo, da TEB v vlogi redundance slovenskega elektroenergetskega sistema v skladu s slovenskimi predpisi [10] izpolnjuje kriterije kritične infrastrukture, saj:

- zaradi nedelovanja vpliva na izvajanje gospodarske ali druge dejavnosti v obsegu povzročene škode ali izpada dohodka več 10 milijonov evrov na dan;
- zaradi nedelovanja vpliva na izpad dobave električne energije, ki povzroči za 3 dni nezmožnost vzpostavitve oskrbe z električno energijo za delovanje na območju z več kot 100.000 prebivalci;
- zaradi nedelovanja povzroči informacijski ali komunikacijski izpad podpore delovanja drugih kritičnih infrastruktur do 24 ur (od nemotene delovanja elektrogospodarstva je odvisna večina ostale infrastrukture, zlasti pa sektor komunikacij).

40

3. Metodologija

V analizi učinkov izpada dobave električne energije na slovensko gospodarstvo smo ocenili direkten in posreden (preko dobaviteljev reprodukcijskega materiala in ustreznih storitev ter preko nadaljnega reprodukcijskega povpraševanja teh dobaviteljev) vpliv prekinitve dejavnosti elektroenergetskega sistema na slovensko produkcijo, dodano vrednost, sredstva za zaposlene (bruto prejemke zaposlenih), porabo stalnega kapitala (amortizacijo), neto poslovni presežek, zaposlenost dela, angažma osnovnih sredstev, izdatke za R&D ter uvoz blaga in storitev. Analizo smo izvedli na podatkih input-output matrike slovenskega gospodarstva v letu 2010 [19]. Direkten in posreden vpliv danega obsega in strukture porabe na omenjene ekonomske spremenljivke smo ocenili z:

$$\mathbf{M} = (\mathbf{I} - \mathbf{Ad})^{-1} * \mathbf{Y}$$

$$\mathbf{H} = (\text{diag BDP/X}) * (\mathbf{I} - \mathbf{Ad})^{-1} * \mathbf{Y}$$

$$\mathbf{G} = \mathbf{Au} * (\mathbf{I} - \mathbf{Ad})^{-1} * \mathbf{Y}$$

$$\mathbf{Z} = (\text{diag F/X}) * (\mathbf{I} - \mathbf{Ad})^{-1} * \mathbf{Y}$$

\mathbf{M} je globalen vpliv dane strukture izpada porabe (\mathbf{Y}) na produkcijo po panogah (milijoni evrov), vsota pa kaže vpliv te spremembe na celotno gospodarstvo; \mathbf{Ad} je matrika tehničnih količnikov - stolpec domačega inputa v dan sektor deljen z njegovo produkcijo; \mathbf{I} je enotna matrika, $(\mathbf{I} - \mathbf{Ad})^{-1}$ pa je matrični multiplikator.

\mathbf{H} je globalen vpliv dane strukture izpada porabe (\mathbf{Y}) na dodano vrednost, kjer je diag BDP/X diagonalizirana matrika direktnih količnikov dodane vrednosti (\mathbf{BDP}) oziroma

njenih delov (v našem primeru sredstev za zaposlene, amortizacije in poslovnega presežka). **X** je produkcija panoge.

G je globalen vpliv dane strukture izpada porabe (**Y**) na uvoz. **Au** je uvozna komponenta tehnološke matrice, pridobljene z deljenjem uvoza v panoge z njihovo produkcijo.

Z je globalen vpliv dane strukture izpada porabe (**Y**) na angažma produkcijskih faktorjev **F** (števila zaposlenih, vrednosti osnovnih sredstev in razvojne dejavnosti merjene z izdatki za R&D), **diag F/X** pa je diagonalizirana matrika direktnih količnikov produkcijskega faktorja **F** v panožni produkciji (**X**).

41

Naša ocena izpada porabe električne energije na dejavnost, dodano vrednost, sredstva za zaposlene, amortizacijo, poslovni presežek, uvoz, zaposlenost dela in izkoriščenost kapitala ter izdatke za R&D v slovenskem gospodarstvu temelji na Leontijevi proizvodni funkciji in predpostavlja konstantne donose produkcijskih faktorjev, elastičnost substitucije enako 0 in homogenost produkcije znotraj sektorjev. Rezultate input-output analize lahko pojmujeemo kot začetne tendence z nakazano smerjo.

4. Sklep

Kritično infrastrukturo predstavljajo tisti objekti, katerih nedelovanje bi povzročilo veliko škodo in morebiti celo krizne razmere. Sektorji kritične infrastrukture se delijo na številne sektorje, ki pa so med seboj povezani. Motnje v delovanju posameznega sektorja se prenašajo na druge. V omrežju kritičnih infrastruktur igra elektroenergetski sektor centralno vlogo, kar pomeni, da se motnje v njegovem delovanju hitro prenesejo na celotno družbo.

Osnovni in sektorski kriteriji za opredeljevanje kritične infrastrukture v Sloveniji določajo pragove, ki bi jih morale preseči posledice nedelovanja ocenjevane infrastrukture. V sektorju energetike velja kriterij, ki postavlja prag razpada elektroenergetskega sistema Republike Slovenije v primeru nedelovanja objekta, in kriterij, ki postavlja prag tridnevne nezmožnosti vzpostavitve oskrbe z električno energijo na območju z več kot 100.000 prebivalci. Osnovni kriteriji pa postavlja pragove škode ali izpada dohodka za več 10 milijonov evrov na dan.

Pri določanju položaja objektov v omrežjih kritične infrastrukture je tudi pomembna sistemska odpornost in redundanca. Odpornost sistema je v tem smislu opredeljena kot njegova zmožnost, da preživi večjo motnjo in se obnovi v sprejemljivem času in s sprejemljivimi stroški. To pomeni, da elektroenergetski sistemi, ki nimajo vgrajene redundance in ustreznih sistemov, ne morejo zagotavljati nemotene dobave električne energije na dolgi rok. Za delovanje elektroenergetskega sistema je ključna sprotna izravnava med proizvodnjo in porabo električne energije. Za normalno delovanje sistema je potrebno aktivno vodenje z nujnim zagotavljanjem zadostne zanesljivosti. Ključno funkcijo tukaj

mora odigrati sistemski operater omrežja, ki zagotavlja sistemske storitve. Izjemnega pomena pri tem je TEB z zmogljivostjo hitrega povečanja dobave električne energije, nadomestitve manjkajoče električne energije in sposobnostjo preprečiti razpad slovenskega elektroenergetskega sistema.

42

Pri načrtovanju in analizah zanesljivosti elektroenergetskega sistema je eden izmed osnovnih vhodnih podatkov razpoložljivost proizvodnih enot. Pri načrtovanju obratovanja elektroenergetskega sistema moramo računati na možne izpade posameznih proizvodnih enot in ostalih elementov ter na dejstvo, da v nekaterih trenutkih porabe ne bo mogoče pokriti v celoti. Ob izpadu napajanja odjemalcev nastane neposredna in posredna škoda, ki ob daljših izpadih dosega izredno visoke vrednosti.

Za analizo vloge TEB kot kritične infrastrukture smo ocenili tri možne primere. Obdelani so izpadi ključnih elementov proizvodnje in prenosa električne energije, ki vplivajo na izpade dobave in s tem povezano gospodarsko škodo. Predvideni so bili izpadi posameznih enot, več enot hkrati in tudi razpad celotnega elektroenergetskega sistema. Upoštevali smo slovenske potrebe po električni energiji, zmožnosti proizvodnje elektrarn v Sloveniji ter potrebni uvoz.

V prvem primeru je prikazana manjša narodnogospodarska škoda, kakršno v desetinah motenj elektroenergetskega sistema letno s svojo dejavnostjo preprečuje TEB. V drugem primeru gre za izpad Nuklearne elektrarne Krško in za motnje na prenosnem omrežju (nemožnosti uvoza električne energije), ko TEB s povečano ponudbo prepreči izpad 126 milijonov evrov prihodka in 55 milijonov evrov dodane vrednosti ter začasno izgubo dela za 1500 oseb. V tretjem primeru gre za razpad našega elektroenergetskega sistema. V kolikor ta ne bi imel na voljo rezervnih zmogljivosti sposobnih za zagon brez zunanjšega napajanja (angleško: »black start«), kakršno nudi TEB, bi naše narodno gospodarstvo izgubilo 216 milijonov evrov prihodka in 96 milijonov evrov dodane vrednosti, začasno pa bi bilo brez dela ostalo 2500 ljudi.

Povsem možen analiziran primer večjega izpada dobave električne energije, še bolj pa seveda do neke mere možen analiziran primer razpada elektroenergetskega sistema kažeta, da TEB s svojim delovanjem (v vlogi sistemske redundance) potencialno preprečuje precej večjo narodnogospodarsko škodo, kot pa jo med kriteriji za kritično infrastrukturo predvidevajo veljavni predpisi. V tej luči bi bilo treba premisliti obstoječe kriterije za določanje kritične infrastrukture v Sloveniji.

5. Literatura, viri podatkov in programska oprema

1. Knight, John & Sullivan, Kevin (2000): *On the Definition of Survivability*, Department of Computer Science, University of Virginia:pp 1.
2. Ellison, Robert et all (1999): *Survivability: Protecting Your Critical Systems*, CERT Coordination Center, Carnegie Mellon University, Pittsburgh.
3. Koubatis, Andrew & Schonberger, Jorge Yerena (2005): *Risk Management of Complex Critical Systems*, *International Journal of Critical Infrastructures*, vol. 1, no.2/3: pp 212.
4. Dunn, Myriam (2005): *The Socio-political Dimensions of Critical Information Infrastructure Protection*, *International Journal of Critical Infrastructures*, vol. 1, no.2/3: pp 264, 287.
5. Schulman, Paul & Roe, Emery (2006): *Future Challenges for Crisis Management in Europe*, Paper presented at the workshop "Protecting Critical Infrastructures: Vulnerable Systems, Modern Crises, and Institutional Design, Conference on Future Challenges for Crisis Management in Europe, 4-5 May.
6. Boin, Arjen, Lagadec, Patrick, Michel-Kerjan, Erwann in Overdijk, Werner (2003): *Critical Infrastructures under Threat: Learning from the Antrax Scare*. *Journal of Contingencies and Crisis Management* (let. 11, št. 3): 99–104: pp 100, 101.
7. Peerenboom, James (2001): *Infrastructure Interdependencies: Overwies of Concepts and Terminology*. Research paper, Infrastructure Assurance Center, Argonne.
8. Le Grand, Gwendal, Springinsfeld, Franck & Riguidel, Michel (2003): *Policy Based Management for Critical Infrastructure Protection*, ACIP Project, funded by the European Commission.
9. Hellstrom, Tomas (2006): *Critical Infrastructure and Systemic Vulnerability: Towards a Planning Framework*, *Safety Science*: pp 5.
10. Sklep Vlade RS (2012), 17.10.2012, 80200-1/2012/5; Sklep Vlade RS (2014), 9.1.2014, 80200-2/2013/3.
11. Haines, Yacov (2009) *On the complex definition of risk: A systems-based approach*. *Risk Analysis* 29(11): pp 1647-1654, 1649.
12. Dunn, Myriam C., Kaufmann, Mareile in Kristensen, Kristian S. (2015): *Resilience and (in)security: Practices, Subjects, Temporalities*, *Security Dialogue*, vol. 46, no. 1:pp 3-14.
13. Rosenthal, Uriel in Kouzmin, Alexander (1996): *Crisis Management and Institutional Resilience*, *Journal of Contingencies and Crisis Management*, vol. 4, no. 3, September:pp 119-124.
14. Perrow, Charles (1999): *Norma Accidents: Living with High-Risk Technologies*, Princeton University Press, Princeton: pp 94, 362.
15. Peerenboom, James (2001): *Infrastructure Interdependencies: Overwies of Concepts and Terminology*, Infrastructure Assurance Center, Argonne.
16. Bole V., Volčjak R., Jere Ž, (2015): »Možnosti uvedbe z EU skladnih finančnih podpornih mehanizmov v RS z namenom ohranitve delovanja trga in zanesljive oskrbe končnih odjemalcev v RS«, EIPF, Ljubljana.
17. Statistični urad Republike Slovenije, Podatkovni portal SI-STAT, *Okolje in naravni viri*, Energetika.
18. Košnjek Z. Kopše D., Kragelj A., Verdnik J., Batič D., Kuzmič B, (2011): *Analiza pripravljenosti na kompenzacijo oz. na dodatno plačilo uporabnikov omrežja zaradi slabše oz. boljše razpoložljivosti storitve distribucije električne energije*, 10. Konferenca slovenskih elektroenergetikov, Ljubljana.
19. Statistični urad Republike Slovenije, Podatkovni portal SI-STAT, *Ekonomsko področje, nacionalni računi; Raziskovanje in razvoj, znanost in tehnologija; Demografsko in socialno področje – Trg dela*.
20. *Programska oprema EViews 7.1.*