

OSIGURANJE ENERGETSKIH POSTROJENJA OD KATASTROFALNIH RIZIKA

Branko Pavlović, Marija Kerkez

Katastrofalni rizik predstavlja pojedinačnu opasnost koja pretil relativno velikom broju ljudi ili imovine, istovremeno ugrožavajući osiguravačevu finansijsku snagu. Prirodne katastrofe veoma često pokreću tehnološke rizike i štete na energetskim postrojenjima. Međutim, nove tehnologije neminovno donose i nove rizike za osiguravajuća društva. Najgore katastrofe su kombinacije događaja, gde primarna katastrofa izaziva sledeću katastrofu koja je prati. Eskalacija posledica može proizvesti superpoziciju različitih uticaja, posebno posmatrajući složenost samog energetskog sektora.

1. KATASTROFALNI RIZICI

Rast stanovništva u oblastima izloženih katastrofalnim rizicima, povećanje ekstremnih vremenskih prilika i brz, katastrofama sklon, ekonomski razvoj, doprinose povećanju žrtava i ekonomskih gubitaka usled ovih opasnosti. Prema MunichRe, članice Evropske unije pretrpele su ukupne gubitke od 21 milijardu evra u 2013. godini, što je ekvivalentno 0,14% BDP-a, dok će se očekivani godišnji gubici verovatno utrostručiti do 0,4% BDP-a do kraja veka. U ovom kontekstu, posebna pažnja svih učesnika usmerena je na identifikovanje katastrofalnih rizika, njihovu analizu i upravljanje.

Evropska komisija izvršila je podelu katastrofalnih rizika u dve glavne grupe. Prvu grupu čine rizici prirodnih katastrofa, pri čemu su izdvojene podgrupe sa najvišom učestalošću pojavljivanja na području zemalja EU (poplave, loši vremenski uslovi, pandemije/epidemije, šumski požari i zemljotresi). Drugu grupu rizika čine rizici izazvani ljudskom nepažnjom, nemarom ili sa određenom namerom što dovodi do grešaka u ili blizu industrijskih sistema i naselja. Takođe se nazivaju i tehnološkim rizicima.

Rizici prirodnih katastrofa

- Poplave
- Loše vremenske prilike
- Pandemije/epidemije
- Stočne epidemije
- Šumski požari
- Zemljotresi
- Klizišta
- Suša
- Kosmičke oluje
- Vulkanske erupcije
- Štetni mikroorganizmi
- Cunami

Tehnološki rizici

- Industrijski incidenti
- Nuklearni incidenti
- Transportni incidenti
- Sajber napadi
- Teroristički napadi
- Gubitak kritične infrastrukture
- Javni neredi
- Zagađenje mora
- Kontaminacija vode i hrane
- ABH napadi
- Izbeglice
- Zagađenje prirodne sredine

Rizici prirodnih katastrofa (NatCat rizici)

Termin prirodna katastrofa se odnosi na događaj izazvan delovanjem prirodnih sila. Takav događaj generalno rezultuje u velikom broju individualnih gubitaka i uključuje veliki broj polisa osiguranja. Razmere štete, kao rezultat katastrofa zavise ne samo od jačine delovanja prirodnih sila već i drugih faktora kao što su izgradnja, dizajn ili efikasnost kontrole katastrofe u tom regionu, i dovodi do finansijskih, ekoloških i ljudskih gubitaka.

Prirodne katastrofe su podeljene u sledeće kategorije: poplave, oluje, zemljotresi, suše/šumski požari/toplotni talasi, hladni talasi/mraz, grad, cunami i dr.

Broj poplava i teških padavina u Evropi je porastao u poslednjih nekoliko godina. Trenutne projekcije EU ukazuju da će rizik od oluje u Evropi takođe povećati kao rezultat klimatskih promena. Što se tiče suša, do danas, ne postoje sistematske procena rizika sušu na Evropskom nivou.

Prirodne katastrofe veoma često pokreću tehnološke rizike i štete. Oštećenja hemijskih postrojenja ili naftovoda i gasovoda, između ostalog, uzrokuju oslobađanje opasnih materija. Ovi događaji nazivaju se „Natech“ nezgode. Trenutno, postoji malo znanja o dinamici „Natech“ nezgoda i situacija je otežana zbog očekivanog povećanja „Natech“ rizika usled razvoja društva, klimatskih promena i dr.

Podela katastrofalnih rizika u grupe i njihove podgrupe uglavom je standardizovana, međutim različite su metodologije klasifikacije štete u katastrofalne. Događaj je razvrstan u katastrofu ako ispunjava bar jedan od sledećih kriterijuma¹:

- 10 ili više ljudi nastradalo
- 100 ili više ljudi prijavilo da je pogođeno dejstvima
- Proglašeno vanredno stanje
- Upućen poziv za međunarodnu pomoć

Postoje različite metode procene i kombinovanja različitih rizika, odnosno njihovog međusobnog uticaja. Rizici koji nastaju uticajem različitih opasnosti mogu se kombinovati i uporedjivati grafičkim putem. Ukupan rizik može se predstaviti jednostavnom fomulom:

$$P_{tot} = 1 - \prod (1 - P_i)$$

gde je:

P_{tot} ukupna godišnja verovatnoća odstupanja od datog rizika (izražena u evrima),

P_i verovatnoća odstupanja od datog rizika i (na Slici 1. su predstavljeni rizici zemljotresa, oluje i poplava).

Na Slici 1. može se primetiti da je kriva raspodele sva 3 rizika veoma slična krivoj kombinacije rizika poplava i oluja. Razlog tome su dominantni rizici sa visokom verovatnoćom i nižim iznosom šteta. Posmatrajući krivu svih rizika sa štetama od 100 miliona evra, zapažamo da je verovatnoća na kombinovanim krivama značajno porasla, odnosno verovatnoća nastanka takvih šteta je porasla sa 15 na 35% u 50 godina u odnosu na individualni rizik, dok na ukupnoj krivoj ta razlika još značajnija, oko 75% u 50 godina.

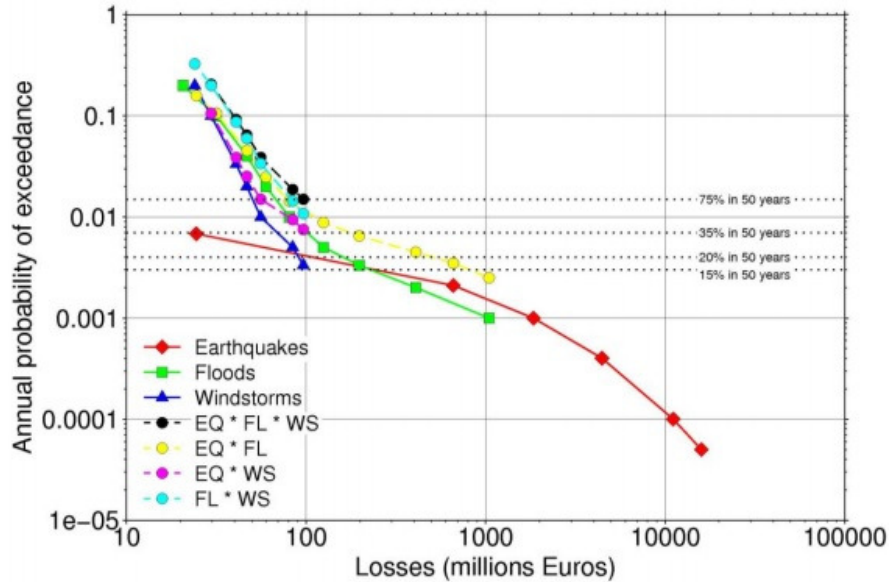
Identifikovani rizici se putem matrice rizika, prikazanoj na Slici 2, mogu proceniti i mapirati, u svrhu njihovog praćenja i redukovanja rizika. Matrica veličine 5x5 prati učestalost i uticaj samog rizika, kao i uticaj na povezane tipove rizika. Matrica prikazuje primer 3 rizika (zemljotres, poplavu i oluju) čiji približni gubitak iznosi 100 miliona evra. Rezultat kombinacije ova 3 rizika prikazan je crnim krugom. Primećuje se da ukupni rizik, njegovim pomeranjem udesno raste sa “Quite likely” do “Likely”. Matrica može pružiti informaciju koje rizike je potrebno dodatno pratiti, sa posebnom pažnjom i detaljnom analizom, prema zoni u kojoj se nalazi u matrici.

U većini evropskih zemalja osiguranje od rizika prirodnih katastrofa prodaje se na dobrovoljnoj bazi uz osnovno osiguranje ili fakultativno. U Rumuniji osiguranje od poplava i zemljotresa je obavezno, dok se u Holandiji ne može osigurati protiv poplava i zemljotresa i u slučaju realizacije ovih rizika vlada preuzima dužnost da nadoknadi štete na ex post osnovi. Za zemlje sa visokom izloženosti ovim rizicima, kao što su Belgija, Francuska i Estonija, postoje paketi osiguranja koji pokrivaju NatCat rizike. Limiti i učešće osiguranika u šteti takođe variraju od zemlje do zemlje. Većinom su to fiksni iznosi ili određeni procenat osigurane sume. Premija osiguranja je veoma heterogena i može biti određena na osnovu konkretnog rizika ili kao ista cene za sve osiguranike.

¹ Baza podataka EMDAT sadrži podatke od 1900. godine do danas o preko 18.000 katastrofa.

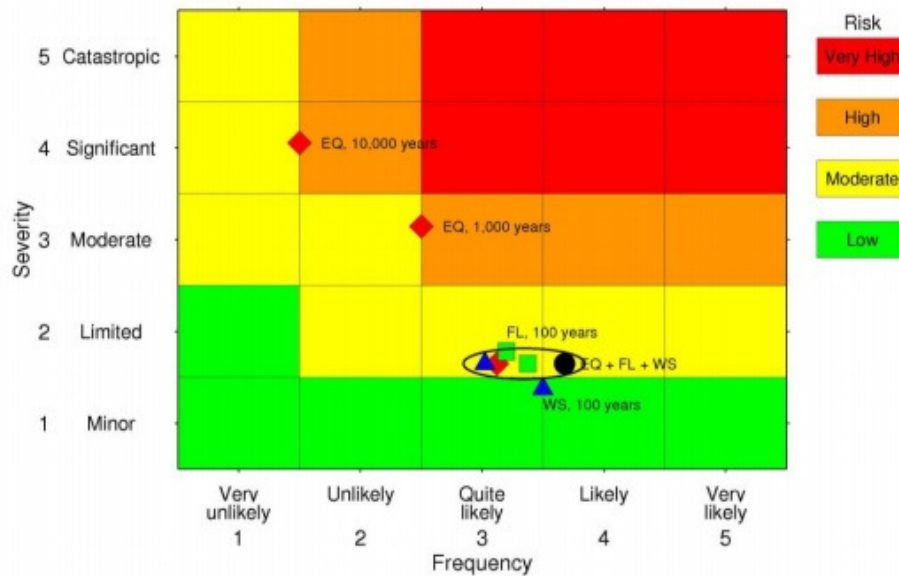
Uloga države varira od zemlje do zemlje. U nekim zemljama država je uključena u ex-ante planiranju, dok u drugima daju novac samo za eks-post naknade. Česti su i posebni fondovi koji pokrivaju određeni deo šteta. Međutim, u poslednjih nekoliko godina primetne su promene u ovom delu i država preuzima veću ulogu u pogledu NatCat rizika.

Slika 1. Individualna kriva rizika za tri glavne NatCat opasnosti



Izvor: MATRIX project, <http://matrix.gpi.kit.edu>

Slika 2. Matrica kombinacije rizika



Izvor: Matrix Report, *New Multi-Hazard and Multi-Risk Assessment Methods for Europe*. European Commission's Seventh Framework Program [FP7/2007-2013], 8.

Uopšteno govoreći, intervencije u pogledu NatCat rizika imaju tri glavna oblika:

- Prevencija - smanjenje verovatnoće i uticaj NatCat (npr. preko barijera, izgradnje i održavanja regulacija od poplava, itd), jačanje svesti građana;

- Osiguranje - regulisanje kompanija koje pružaju NatCat osiguranje, jasne odredbe ovog osiguranja, itd;
- Uloga Vlade - pomoć žrtvama, restauracija javnih usluga, osnivanje fondova, povoljni krediti za ugrožene itd.

Tehnološki rizici

Industrijske nesreće - industrijski objekti obrađuju ili skladište značajne količine opasnih materija i predstavljaju glavni izvor rizika industrijskih šteta kako za ljudsku populaciju tako i životnu okolinu. Supstance se mogu smatrati rizičnim zbog opasnosti po zdravlje (npr. akutne toksične supstance), fizičke opasnosti (npr. eksplozivi, vrlo zapaljive supstance) ili opasnost po životnu sredinu. Od velikog značaja je da se utvrde aktivnosti rukovanja takvim materijama, i obezbede relevantne informacije i mape koje ilustruju moguće posledice bilo koje nesreće koja se može dogoditi u industrijskim objektima. Česti incidenti sa opasnim materijama u hemijskim postrojenjima, petrohemije i rafinerije nafte ukazuju na potrebu za boljom i efikasnijom kontrolom. Prevencija ima za cilj ne samo da spreči velike katastrofe, poput požara u skladištu nafte Buncefield (Velika Britanija, 2005.) ili eksplozija amonijum nitrata u Tuluzu (Francuska, 2001.), već i na manjim incidentima koje ugrožavaju bezbednost zajednice i radnih mesta i čistu životnu sredinu.

Nuklearnim nesrećama odgovaraju niske verovatnoće pojavljivanja sa visokim uticajem, i potencijalno visokim ljudskim, ekonomskim i ekološkim posledicama. Zbog mogućih značajnih posledica bilo kog nuklearnog akcidenta, nuklearne elektrane su predmet stroge bezbednosne kontrole i vlasti imaju strogu prevenciju i mere ublažavanja posledica. Nakon nesreće na Fukušima reaktoru (Japan, 2011.) dogovoreno je da sve nuklearne elektrane u EU pregledaju od strane nezavisnih tela i prodju kroz sveobuhvatne i transparentne procene rizika i sigurnosti, odnosno stres testove. Trenutno u EU postoji 131 nuklearni reaktor.

Gubitak kritične infrastrukture je posebno identifikovan kao kaskadni efekat većine drugih rizika. Takođe, postoji dodatni rizik od direktnog zlonamernog, ali i nezlonamernog uplitanja u normalan rad kritične infrastrukture. Efekti koji proizlaze iz gubitka kritične infrastrukture, su poremećaj ili potpuno odustvo, isporuke osnovnih usluga kao što su snabdevanje energijom, vodom, hranom, komunikacije, zdravstvo i usluge hitnih intervencija, transport i finansije. Efekti na građane, koji proističu od poremećaja ili prestanka bilo koje od ovih osnovnih usluga, zavise od trajanje prekida, doba godine i reakcije vlasti. U 2006. godini glavni poremećaj snabdevanja električnom energijom na području Evrope, uticao je na 15 miliona domaćinstava za oko dva sata. Početni povod je rutinsko isključenje jednog dalekovoda u Nemačkoj kako bi brod mogao proći ispod dalekovoda. Međutim, nedovoljna komunikacija između operatera i neočekivano opterećenje rezultirali su gubitakom ključnog interkonektora. Za nekoliko sekundi, u mraku je ostao veliki deo Evrope (Poljska, zemlje Beneluksa, Francuska, Portugal, Španija, Grčka i Balkan).

Makrokatastrofalni rizici

Postoje mnogi drugi ekstremni događaji, pored prirodnih katastrofa, koje predstavljaju rizik od gubitka na globalnom nivou. Ovi katastrofalni rizici još uvek nisu dobro proučeni jer nauka nije dovoljno napredovala u njihovom izučavanju. Poslednjih godina, međutim došlo je do niza pojava događaja koji su bili veoma destruktivni na globalnom nivou, od oblaka vulkanskog pepela, epidemija, do socijalnih nemira, sajber napada, kao i širok spektar drugih geopolitičkih, tehnoloških, finansijskih, i događaja koji su uticali na životnu sredinu i privredu. Kao u svakoj novoj vrsti događaja, društvo ne reaguje proaktivno u prepoznavanju opasnosti i postavci novih mera bezbednosti.

Moglo bi se reći da je globalizacija privrede realan pokretač ovih pojava i čestih štetnih događaja. Kompanije koje su samo deceniju ranije poslovale na regionalnom tržištu i upoznate su sa procesima jednog lokalizovanog dela tržišta, počele su da obavljaju poslovne aktivnosti u stotinama gradova širom sveta oslanjajući se na putnu i komunikacionu infrastrukturu u svojim poslovnim aktivnostima u globalnom sistemu. Ova povezanost čini poslovni sistem ranjivim na veoma drugačiji način od fizičke infrastrukture regionalnih preduzeća iz prošlih generacija. Mnogi makrokatastrofalni rizici su systemske prirode. Imaju sposobnost da utiču ne samo na jednu kompaniju, već i povezane poslovne partnere, u mnogim delovima ekonomskog sistema u isto vreme. Systemska priroda ovih makro pretnji ih čini složenijim za osiguravajuća društva. Tradicionalno, osiguravajuća društva

upravlja rizikom za veliki broj različitih vrsta osiguranja. Rizici su podeljeni i društvo upravlja rizicima pod pretpostavkom da su široko nezavisni. Neke makrokatastrofe mogu prouzrokovati sistemske gubitke u više vrsta osiguranja, izazivaju finansijsku tržišnu krizu, u kojoj osiguravač trpi gubitke istovremeno i u svom investicionom portfelju zbog velikog priliva potraživanja za štete. Osiguravači i globalne korporacije imaju interes da bolje prouče makrokatastrofalne rizike kako bi efikasno diversifikovali i upravljali rizicima. Mogu se identifikovati sledeći makrokatastrofalni rizici:

1. Rastući rizici - uzrokuju potencijalno ekstremne gubitke koji postaju očigledniji ili značajniji nego ranije, bilo zbog toga što sama pretnja raste, ili zato što društvo povećava svoju ranjivost na taj rizik (sajber rizici, klimatske promene, pandemije potekle iz laboratorijskih uslova);
2. Kaskadni ili povezani rizici - jedna vrsta opasnosti dovodi do događaja drugog tipa, koji izaziva više ekstremnih događaja. (veliki zemljotres izaziva cunami koji zatim dovodi do nuklearnog incidenta);
3. Umreženi rizici - događaj koji izaziva gubitke u nekoliko poslovnih linija osiguranja ili prouzrokuje gubitak na neočekivanim mestima ili na više geografskih tržišta zbog međusobne povezanosti poslovnim vezama (poplave u Tajlandu izazivale su gubitke i putem prekida rada na tržištu SAD);
4. Sistemski rizik/egzogeni i endogeni rizici - termin sistemski rizik se često koristi u upravljanju finansijskim rizicima i označava događaj koji može da prouzrokuje posledični efekat u celom finansijskom sistemu (balon cena nekretnina);
5. „Black Swans“/Identifikovani-neidentifikovani rizici - malo verovatni i strateški iznenađujući događaji izvan redovnih očekivanja. Karakterišu ih teškoće u predviđanju pojava zbog određenih preduslova (raspad SSSR);
6. „Dragon King“ događaji - događaj koje se ostvario u većim razmerama od očekivanog (teroristički napad 9/11);
7. Rizici koji se ne mogu modelirati - osiguravajuća industrija koristi ovaj termini za rizike koje su nedovoljno istraženi i nalaze se ispod margine interesovanja osiguranja, ali mogu izazvati velike gubitke. To su rizici sa niskom verovatnoćom, ali velikim posledicama. Ovi rizici su predvidljivi i podložni analizi rizika (vulkanske erupcije sa oblacima prašine, pad meteora).

Upravljanje katastrofalnim rizicima

Uobičajena praksa u upravljanju rizikom je da se pripreme jasni scenariji. Koriste se za razvijanje elastičnosti u sistemima kojima se upravlja. Scenario ne može i neće precizno predvideti sledeće buduće krize, tako da je izbor scenarija vežba i izbegavanje ad hoc scenarija. Obično se tvrdi da su budući krizni događaji nepredvidivi, a da kompleksnost katastrofalnih događaja i poremećaji koji nastaju su slučajni sa previše potencijalnih budućih permutacija koje treba razmortiti. Stres test scenariji su često korišćen metod istraživanja uticaja i upravljanja rizikom. Stres testovi poboljšavaju otpornosti na različite vrste štetnih događaja. Pri izboru scenarija za svaki od različitih pretnji, važno je da su uporedivi i standardizovani na istoj verovatnoći nastanka. Probabilističko katastrofalni modeli i stohastičko-matematičko modeliranje koristi se u ove svrhe.

Veoma niske verovatnoće događaja zahtevaju temeljno teorijsko razumevanje u nedostatku statističkih podataka i istorijskih posmatranja. Postoji konačan broj osnovnih uzroka makrokatastrofe. Gotovo svi makrokatastrofalni rizici su uzrokovali proces koji se već dogodio ranije, obično u drugačijem obliku, drugoj lokaciji, ali je retko katastrofa bez presedana. Malo je incidenata nekog potpuno novog fenomena. Karakteristike bilo kog makrokatastrofnog događaja je da je drugačiji i jedinstven na lokaciji, po okolnostima koje su vladale u tom trenutku, kao i tehnologiji i sredstavima koje su korišćene u tom periodu istorije.

Sadašnja generacija modela katastrofalnih rizika fokusirana je na određeno geografsko područje i uglavnom na direktne gubitke koji mogu biti naneti toj regiji. Postoje ekstremni događaji koji mogu izazvati indirektno gubitke i posledični uticaj na poslovne sisteme i čak izloženosti daleko izvan geografskih područja pogođenih događajima (poremećaj u poslovanju, lancima snabdevanja, trgovinskih vezama, komunikaciji, itd.). Novi modeli razvijaju se u cilju procene rizika na globalnom nivou i njihovih efekata. Holistički opis potencijalnih pretnji je od suštinskog značaja za novu generaciju modela.

Centar za rizike Univerziteta Kembridz je u svojoj studiji² identifikovao osnovne kategorije makrokatastrofalnih pretnji, od kojih je svaka podeljena na podtipove, sa između tri i šest tipova u svakoj kategoriji. Najgore katastrofe su kombinacije događaja, gde primarna katastrofa izaziva sledeću katastrofu koja je prati. Eskalacija posledica može biti gora nego da su odvojeno nastale. Na primer u Japanu Tohoku katastrofa marta 2011. zemljotres magnitude 9,0 izazvao je cunami visine 20 metara, koji je izazvao incident na nuklearnoj elektrani INES stepena 7.

Slika 3. Matrica makrokatastrofalnih rizika

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Finansijski šokovi	Uslovi trgovine	Geopolitički konflikti	Politička nasilja	Prirodne katastrofe	Klimatske katastrofe	Kat. životne sredine	Tehnološke kat.	Epidemije	Humanitarne krize	Zagađenje	Ostalo
1	Finansijski šokovi	4	3	2	2	1	1	1	1	1	2	1	1
2	Uslovi trgovine	3	4	2	3	1	1	1	1	1	1	1	1
3	Geopolit. konflikti	3	2	4	3	1	1	1	1	1	2	1	1
4	Politička nasilja	2	2	3	4	0	0	0	3	3	2	1	1
5	Prirodne katastrofe	2	2	2	1	4	2	3	3	2	2	1	1
6	Klimatske katastrofe	3	2	3	2	3	4	3	2	2	3	1	1
7	Kat. životne sredine	3	2	2	2	3	3	4	2	2	2	1	1
8	Tehnološke kat.	2	2	2	2	2	2	0	4	1	1	1	1
9	Epidemije	3	2	1	1	1	1	1	2	4	2	1	1
10	Humanitarne krize	2	2	3	3	1	1	1	1	2	4	1	1
11	Zagađenje	3	2	2	1	3	3	3	3	2	2	1	1

- 0 Dve pretnje nisu u korelaciji, njihove posledice su uglavnom iste kao da su zasebno nastupile.
- 1 Jedna pretnja ne izaziva direktno drugu, ali su moguće posledice slučajnog događaja. Na primer, oslabljeni mehanizmi za uklanjanje posledica.
- 2 Postoji potencijalni događaj koji bi uticao na pojavu pretnje drugog tipa.
- 3 Događaj ovog tipa potencijalno izaziva događaj drugog tipa.
- 4 Događaj direktno izaziva drugi događaj iz iste grupe pretnji (pod kategorija)

Izvor: Coburn A, et al, (2013) *Taxonomy of Threats for Macro-Catastrophe Risk Management, Working Paper 201307.20 Centre for Risk Studies, Cambridge University, page 13.*

Utvrđeni su kriterijumi koji se koriste za kvalifikovanje tipa pretnje i to da se događaj ovog tipa dogodio u poslednjih 1.000 godina, ili bi se mogao negde pojaviti u svetu sa godišnjom verovatnoćom većom od 1% i uticajima u jednoj godini iznad bar jednog od sledećih minimalnih pragova:

- Ljudski gubici: poginulo više od 1.000 ljudi ili povredjeno ili ozbiljno obolelo više od 5.000 ljudi;
- Poremećaj: za velike regije ili za međunarodni poslovni proces, normalni tokovi su prekinuti duže od 7 dana;
- Trošak: fizički uništena imovina i infrastruktura košta 10 milijardi dolara za zamenu, ili sličan nivo gubitka vrednosti imovine;
- Ekonomski uticaj: najmanje jedna zemlja gubi najmanje 1% BDP.

² A Taxonomy of Threats for Macro-Catastrophe Risk Management, Centre for Risk Studies, Cambridge University, 2013.

Osiguravajuća industrija priznaje promenu i zahteve za zaštitu od makrokatastrofalnih pretnji, kao što su sajber rizik, poslovni prekid zbog pandemije, odnosno potencijalnog poslovnog prekida iz povezanih pretnji. Neke katastrofalne rizike nije lako smestiti u tradicionalne proizvode osiguranja. Postoji potencijal za nove klase osiguranja i novi pristup dizajnu proizvoda koje mogu proizaći iz rizika koji su međusobno povezani i zavisni od savremenih poslovnih sistema.

2. UTICAJ TERMOENERGETSKIH POSTROJENJA NA POVEĆANJE RIZIKA OD PRIRODNIH KATASTROFA

Eksploatacija termoenergetskih postrojenja ima za posledicu emisiju i imisiju, uz odlaganje otpadnih produkata u vazduh, vodu i zemljište. Kolateralna šteta njihovog rada predstavlja smanjenje kvaliteta životne sredine i povećanje učešća kratkotrajnih i dugotrajnih uticaja ispuštanja zagađivača. Energetika ima posebno dominantan uticaj na životnu sredinu. Posebno je aktuelan problem globalnog zagrevanja, čemu termoenergetika najviše doprinosi enormnim količinama CO₂. Ugljen-dioksid, kao najznačajniji gas u atmosferi, teži je od vazduha 1,5 puta. Zato će se CO₂ pušten u vazduh koncentrisati na nižim visinama. Njegove emisije su posledica energetskih transformacija, u kojima se sagorevanjem fosilnih goriva, hemijska energija pretvara u toplotnu, koja se kasnije može koristiti direktno kao toplota ili za proizvodnju električne energije, ili u transportu, gde se hemijska energija goriva pretvara u mehaničku energiju.

Termoelektrane su energetska postrojenja koja energiju dobijaju sagorevanjem goriva, čime proizvodi paru koja pokreće turbine, a zatim i generatore električne energije. To je postrojenje u kome se hemijska ili nuklearna energija goriva (ugalj, nafta, gas, uranijum) pretvara u toplotnu energiju, koja se pomoću turbine pretvara u mehaničku, koja se koristi za pokretanje generatora električne energije. Termoenergetska postrojenja utiču na okolinu emisijom gasovitih i čvrstih produkata sagorevanja i otpadne toplote. Sa više od 1600 GW proizvedene struje u 2010. godini, prema analizama Međunarodne agencije za energetiku (IEA od engl. International Energy Agency), termoelektrane koje proizvode električnu energiju pomoću uglja, izbacile su u atmosferu više od 8,5 gigatona ugljen-dioksida, i to se dešava svake godine. Ovo predstavlja oko jednu četvrtinu svetske antropogene emisije CO₂. Ukoliko se u budućnosti nastavi potrošnja uglja nesmanjenom brzinom, to bi moglo da predstavlja veliku opasnost za globalnu klimu.

Klima na zemlji se stalno menja. Termin klimatske promene vrlo često se koristi samo za promene nastale kao posledice ljudske delatnosti. Klimatske promene na Zemlji su posledice:

- spoljnog uticaja, kao što su varijacije u Zemljinj orbiti oko Sunca,
- vulkanske erupcije i
- koncentracije gasova sa efektom staklene bašte u atmosferi.

Termin globalno zagrevanje je često prisutan u javnosti sa značenjem povećanja prosečne temperature, čije su posledice svakog dana sve vidljivije. Globalno zagrevanje je trenutno na delu i za posledicu ima porast prosečnih i maksimalnih letnjih temperatura, sve učestalije suše i šumske požare na severnoj hemisferi i sve učestalije poplave na južnoj hemisferi, kao i učestale uragane, tajfune, tropske oluje i cunami.

Obnovljivi izvori energije predstavljaju energetske resurse koji se koriste za proizvodnju električne ili toplotne energije, odnosno svaki koristan rad, a čije su rezerve konstantne ili se ciklično obnavljaju. Obnovljivi izvori energije pružaju znatan potencijal za budućnost, ali trenutno su vrlo ograničenih mogućnosti i energija koja se dobija njihovom upotrebom trenutno je skuplja. Zbog toga će proći još neko vreme pre nego što dođe do značajnije upotrebe tih izvora energije. Razvoj obnovljivih izvora, posebno od vetra, vode, sunca i biomase, važan je zbog nekoliko razloga. Prvo, obnovljivi izvori imaju vrlo važnu ulogu u smanjenju emisije CO₂ u atmosferu. Drugo, povećanjem udela obnovljivih izvora energije povećava se energetska održivost sistema i smanjuje zavisnost od uvoza energetskih sirovina i električne energije. Treće, očekuje se da će ovi izvori energije postati ekonomski konkurentni konvencionalnim izvorima energije.

Osiguravajuće kompanije u razvijenim zemljama se bore za poništavanje uticaja elektroenergetskih postrojenja na porast rizika od prirodnih katastrofa. Švedska državna elektroenergetska kompanija Vattenfall i švedska privatna osiguravajuća kompanija Skandia zajedno ulažu gotovo 264 miliona dolara za izgradnju četiri polja sa vetrenjačama u Švedskoj, sa ukupnom snagom od 141 MW. Ovaj dogovor predstavlja prvi put da jedna švedska osiguravajuća kompanija direktno finansira postrojenja koje će proizvoditi električnu energiju pomoću vetra u Švedskoj. Dve strane će imati podjednako vlasničko učešće u zajedničkoj kompaniji. Četiri projekta koji se bave korišćenjem snage vetra zovu se Hjuleberg, Hege Vag, Juktan, Hegabjar-Kersas. Hjuleberg je već u upotrebi i predat je Vattenfall/Skandia kompaniji 1. januara 2015. godine. Ostala polja sa vetrenjačama gradi Vattenfall i biće sagrađeni početkom 2016. godine.

3. ODREĐIVANJE PREMIJE ANALIZOM POUZDANOSTI

Pri analizi rizika velikih sistema, kao što su termoelektrane ili nuklearne elektrane, za preuzimanje u osiguranje jedan od važnih parametara je provera pouzdanosti sistema. Pod pouzdanošću se podrazumeva verovatnoća da sistem funkcioniše kako je projektovan. Obično se sistem posmatra u nekom određenom vremenu, npr. u toku jedne godine i u regularnim uslovima, npr. bez sabotaža.

U analizi se polazi od modeliranja pouzdanosti pojedinačnih komponenti sistema. Zamor materijala komponente se kumulira, tako da će ponavljani ili ciklični stres posle izvesnog vremena dovesti do otkaza proučavane komponente, odnosno ceo sistem će prestati da funkcioniše. Neka se pojavljuju šokovi za sistem sa slučajnom veličinom magnitude $A(i)$ i slučajnim vremenom između šokova $B(i)$. U aktuarskoj matematici $A(i)$ predstavlja veličinu i -te štete, a $B(i)$ vreme između dva štetna događaja. U ovoj inercijaciji analizira se vreme do prvog dešavanja k uzastopnih velikih šteta i maksimalna veličina šteta tokom tog perioda. Analiza pouzdanosti je vrlo korisna u određivanju visine premije za rizike koji nastaju na osnovu retkih događaja, a povezani su sa velikim tehnološkim sistemima. Svi sistemi se sastoje od komponenti koje su povezane manje ili više kompleksne. Pretpostavimo da se sistem koji ćemo proučavati sastoji od n komponenti sledeće slučajne promenljive $X_i(t)$ za $i = 1, \dots, n$, čije se vrednosti definišu na sledeći način:

$X_i(t) = 1$ ako i -ta komponenta funkcioniše ispravno u trenutku t ;
 $X_i(t) = 0$ ako i -ta komponenta ne funkcioniše ispravno u trenutku t .

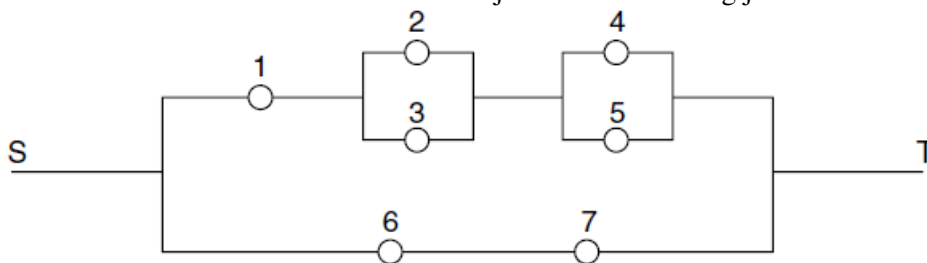
Neka je vektor $\mathbf{X}(t) = (X_1(t), \dots, X_n(t))$. Stanje sistema je sada jedinstveno definisano vektorom $\mathbf{X}(t)$ na sledeći način:

$\phi(\mathbf{X}(t)) = 1$ ako sistem funkcioniše u trenutku t ;
 $\phi(\mathbf{X}(t)) = 0$ ako sistem ne funkcioniše u trenutku t .

$\phi(\cdot)$ se naziva strukturna funkcija.

Neka je glavni sistem za snabdevanje električnom energijom nuklearne elektrane prikazan na Slici 4.

Slika 4. Snabdevanje električnom energijom nuklearne elektrane



Sistem se sastoji od dve paralelne linije za snabdevanje strujom. Sistem funkcioniše ako i samo ako je ispravna bar jedna od te dve linije snabdevanja, odnosno ako postoji bar jedna konekcija između tačaka S i T. Komponente sistema su:

1 – priključak napajanja sa javne električne mreže koji se nalazi van objekta elektrane

2, 3 – transformatori

4, 5, 7 – kablovi i prekidači

6 – dizel generator struje za napajanje za hitne slučajeve

Sada se strukturna funkcija sistema može napisati na sledeći način:

$$\begin{aligned} \phi(\mathbf{X}(t)) &= 1 - \{1 - X_1(t) \\ &\quad \times [X_2(t) + X_3(t) - X_2(t)X_3(t)] \\ &\quad \times [X_4(t) + X_5(t) - X_4(t)X_5(t)]\} \\ &\quad \times \{1 - X_6(t)X_7(t)\} \end{aligned}$$

Neka je za $i = 1, \dots, n$, pouzdanost i -te komponente u trenutku t obeležena sa $p_i(t)$:

$$p_i(t) = P(X_i(t) = 1) = EX_i(t),$$

Pouzdanost celog sistema u trenutku t , $h_\phi(t)$ se izračunava analogno:

$$h_\phi(t) = P(\phi(\mathbf{X}(t)) = 1) = E\phi(\mathbf{X}(t))$$

Ako su slučajne promenljive $X_1(t), \dots, X_n(t)$ stohastički nezavisne, uvođenjem vektora $\mathbf{p}(t) = (p_1(t), \dots, p_n(t))$ dobija se sledeća jednakost:

$$h_\phi(t) = h_\phi(\mathbf{p}(t))$$

Sada se pouzdanost celog sistema, na osnovu prethodne četiri jednakosti, može prikazati na sledeći način:

$$\begin{aligned} h_\phi(t) &= 1 - \{1 - p_1(t)[p_2(t) + p_3(t) - p_2(t)p_3(t)] \\ &\quad \times [p_4(t) + p_5(t) - p_4(t)p_5(t)]\} \\ &\quad \times \{1 - p_6(t)p_7(t)\}. \end{aligned}$$

Ako slučajne promenljive $X_1(t), \dots, X_n(t)$ nisu stohastički nezavisne, $h_\phi(t)$ će takođe zavisiti od toga kako komponente sistema funkcionišu simultano. U ovom slučaju, ako je samo informacija o $\mathbf{p}(t)$ dostupna, mogu se samo odrediti donja i gornja granica $h_\phi(t)$. Zavisnost između stanja komponenti može se javiti npr. usled zajedničkog okruženja u kome se one nalaze.

U analizi pouzdanosti procena funkcionisanja tehnološkog sistema je komplikovana, ali izvodljiva. Iskustvo iz nekoliko velikih nuklearnih katastrofa, kao što su Ostrvo tri milje 1979. godine i Černobil 1984. godine nas uči da je nepouzdanost ljudskog faktora mnogo više doprinela katastrofi nego problemi sa tehnologijom. Do sada su sistemi bili projektovani tako da su tehnološke komponente vrlo pouzdane, ali su ljudi koji su rukovali tehnologijom ili je nadzirali, bili nedovoljno pouzdani. Uprošćavanje komponenti tako da ljudi mogu lakše i pouzdanije da njima rukuju je jedan od načina za povećanje pouzdanosti. Drugi način je uvođenje softvera u upravljanje i nadziranje hardvera, što povećava pouzdanost, ali dodatno komplikuje analizu pouzdanosti, u koju pored tehnoloških komponenti i ljudskog faktora, uvodi i procenu pouzdanosti softvera.

Za povećanje pouzdanosti sistema postoje dva pristupa. Kod prvog se traži najslabija karika i ta komponenta se na neki način unapređuje. Kod drugog pristupa se poboljšava komponenta čiji prestanak rada najviše doprinosi skraćenju očekivanog trajanja rada celog sistema. Prvim pristupom se smanjuje rizik od incidenta, dok drugi pristup poboljšava očekivani životni vek sistema.

Katastrofa u Černobilu je obezbedila nove podatke o radu komponenti i celog sistema nuklearne elektrane. Pre toga karakteristike komponenti i sistema su proučavane samo na osnovu inženjerskih procena tehnoloških komponenti i psiholoških procena zaposlenih radnika, što je dovelo do subjektivističkih verovatnoća i Bajesove statistike. Polazna tačka Bajesovog pristupa u određivanju pouzdanosti sistema je korišćenje ekspertskog iskustva i procene pouzdanosti svake komponente sistema. Te informacije su ažurirane korišćenjem eksperimenata i na osnovu podataka iz realnih incidenata. Zatim se na osnovu pouzdanosti komponenti izvodi pouzdanost celog sistema, koja se modifikuje na osnovu inženjerskih mišljenja i ažurira na osnovu podataka iz eksperimenata i stvarnih incidenata. Od nedavno se Bajesov hijerarhijski model koristi zajedno sa Markovljevim lancima i Monte Karlo simulacijama. Osnovni problem ovog načina procene pouzdanosti je u izboru eksperata koji daju mišljenje o pouzdanosti komponenti, s obzirom na visok nivo subjektivnosti mišljenja u oblasti energetike.

Na kraju, treba napomenuti izazove koji se javljaju tokom analize pouzdanosti velikih tehnoloških sistema kao što su elektroenergetska postrojenja raznih tipova:

- nedovoljno znanje o funkcionisanju sistema i njegovih komponenti,
- nedostatak relevantnih podataka,
- nedovoljno znanje o pouzdanosti ljudskog faktora,
- nedovoljno znanje o kvalitetu softvera koji upravlja komponentama,
- nerazumevanje međuzavisnosti rada komponenti.

Čak i kada navedene teškoće otežavaju procenu pouzdanosti velikih sistema, analiza pouzdanosti će uvek unaprediti upravljanje rizikom i bezbednost sistema.

4. ODMERAVANJE RIZIKA OD KATASTROFA NA ENERGETSKIM POSTROJENJIMA

Analiza potencijalnih gubitaka od velikih katastrofa koje se retko događaju, veoma je važna kako za osiguravače tako i za reosiguravače. Čak i sa dostignućima i razvojem današnje tehnologije, to još uvek predstavlja težak zadatak osiguravajućim kompanijama. Potrebna je izvesna učestalost rizika da bi se mogla utvrditi verovatnoća njegovog budućeg ostvarenja. Katastrofalni rizik predstavlja pojedinačnu opasnost koja pretilo relativno velikom broju ljudi ili imovine, istovremeno ugrožavajući osiguravačevu finansijsku snagu.

Za modeliranje prirodnih katastrofa koriste se specijalizovani kompjuterski alati u cilju stohastičkog simuliranja šteta, koje se mogu desiti u stvarnosti. Četiri grupe podataka moraju biti uključene u model:

- Hazard: gde, koliko često i sa kojom jačinom se dešavaju štetni događaji?
- Ranjivost: kolika je šteta nastala događajem određenog intenziteta?
- Izloženost: gde se nalaze različiti tipovi osiguranih objekata i kolika je njihova vrednost?
- Uslovi osiguranja: kolika proporcija štete je osigurana?

Ovaj pristup može biti primenjen na sve vrste rizika koji dovode do prirodnih katastrofa: zemljotres, oluje, poplave, itd.

Pri preuzimanju rizika u osiguravajućoj kompaniji, veličina elektroenergetskog objekta, upravljanje rizikom i istorija šteta, svakako će biti prvi koraci u odmeravanju cene rizika. Osiguravajuća kompanija će takođe razmotriti i premiju iz prethodne godine, pravila struke, kao i administrativne troškove obezbeđenja polise osiguranja. Stručni timovi u okviru društava za osiguranje proceniće verovatnoću i troškove mogućih šteta, ali i očekivanu buduću izloženost prirodnim katastrofama poput zemljotresa, cunamija i oluja. Uloga aktuara postaje vodeća u procesu formiranja cena za sve linije poslovanja osiguranja, a naročito u ovoj oblasti.

Kada broker sazna koji je procenjeni iznos premije jedne osiguravajuće kompanije, iz iskustva će znati da li je ona realna, koliko se cena razlikuje od drugih kompanija, kao i da li je osiguranik finansijski dovoljno sposoban da plati potraživanja bez komplikacija ili kašnjenja. Broker je bitan instrument za obezbeđivanje povoljnog

ugovora o osiguranju za energetske kompanije, i zato su snaga, iskustvo i stručnost brokera od izuzetne važnosti. Iskusan broker će pronaći najbolje rešenje za sve zainteresovane strane, uštedeti vreme i troškove.

Nove tehnologije neminovno donose i nove rizike za osiguravajuća društva. Međutim, postoje i brojni rizici koji se stalno menjaju kada osiguravajuća kompanija vrednuje rizike u elektroenergetskoj industriji. Jedan od primera novog rizika, rizik od sajber napada, već je jako uticao na elektrane npr. Iranu, gde je kompjuterski virus Stuxnet privremeno onesposobio nuklearna postrojenja. Ovaj slučaj pokazuje na opasnost za elektrane od zlonamernog softvera. Zbog toga, kompjuterske kontrole na elektranama su trenutno uključene u nadgledanje i praćenje procesa, ali ne i u upravljanje hardverom. Ipak, sva elektrooprema će uskoro biti automatizovana i kompjuterizovana kako bi se poboljšala efikasnost, potencijalno dovodeći proizvodnju električne energije u opasnosti od kompjuterskih virusa. U ovom trenutku osiguravajuća društva ne pokrivaju oštećenja ili gubitke prouzrokovane kompjuterskim virusima, jer sve polise imaju "sajber isključenost". Osiguravajuće kompanije trenutno nemaju puno interesovanja za ovo pokriće, ali se očekuje da će u budućnosti, napretkom tehnologije, javiti mnogo veća tražnja.

5. STUDIJA SLUČAJA: TENT

U najvećem delu naše zemlje dogodile su se zaista rekordne količine padavina od 12. do 18. maja 2014. godine. Palo je između 50 i 100 l/m², u zapadnoj Srbiji od 170 do 220, a u okolini Valjeva i više od 300 l/m², a nezabeležene količine kiša, uzrokuju nezabeležene nivoe voda u rekama i potocima, odnosno rekordne poplave.

Bujične poplave su potpuno predvidive. U Obrenovcu je to bilo moguće najmanje šest sati ranije³. Kada za jedan sat padne više od 50 litara kiše po kvadratnom metru javlja se razorni efekat bujične poplave, a kada takva kiša pada dva, tri ili više sati rezultat je katastrofalna bujična poplava. Razorni bujični talas, takozvana "bujična pesnica", nastao je na gornjim tokovima Kolubare, Ubače i Tamnave. Pritoke Kolubare su, bujičnim pesnicama razorile regulacije i udružene nastavile nizvodno. U Nacionalnoj strategiji zaštite i spasavanja u vanrednim situacijama, piše: "Bujične poplave spadaju u grupu predvidivih pojava, koje brzo nastaju i kratko traju, a iza sebe ostavljaju ruševine. Jedini način za smanjivanje šteta je organizovanje pravovremene najave mogućih bujičnih poplava i uklanjanje ljudi i pokretnih dobara sa puta bujične poplave"

Prema podacima RHMZ-a o vodostaju, Kolubara je počela da raste u noći između 13. i 14. maja, od kada je za 24 sata, dakle do ponoći 15. maja, porasla sedam metara na mernoj stanici Beli Brod, blizu Lajkovca. Još je dramatičniji podatak o ogromnom povećanju protoka vode, čak 11 puta u roku od samo 24 sata: sa 84,5 m³/s, koliki je bio protok Kolubare 14. maja u 8 ujutru, na 932 m³/s 15. maja u 8 ujutru.

Rad Termoelektrane Nikola tesla (TENT) najpre je ugrozilo potapanje površinskih kopova Kolubare, a potom i prodor vode u Obrenovac. Rukovodstvo TENT-a niko nije upozorio da postoji opasnost po TENT, kao ni na potrebu da termoelektranu pripremi za odbranu od poplava. Koliko su poplave mogle da koštaju TENT, odnosno građane Srbije, najbolje ilustruje svedočenje direktora Ponoćka o tome kako je na svoju ruku isključio blok A1 u TENT-u. Takvu odluku doneo je, u trenutku kada je vodi nedostajalo još desetak centimetara da izazove kratak spoj na trafostanici. Samo mali talas je tada bio dovoljan da ugrozi blok A1, u kom se nalazi turbina koja bi, u slučaju isključenja usled kratkog spoja, postala neupotrebljiva. Turbina košta oko 30 miliona evra i rok isporuke za novu je dve godine.

Opasnost je bila je čak i veća od katastrofe koja se na kraju dogodila. Dva događaja koja su se zbila slučajno, spasila su Obrenovac i TENT od još veće katastrofe, odnosno od još višeg nivoa vode. Prvi je probijanje nasipa na Savi u Hrvatskoj i Bosni i Hercegovini, a drugi pucanje nasipa na Savi kod Obrenovca koji je voda probila sa unutrašnje strane, što je dovelo do odlivanja vode iz tog dela Obrenovca u Savu.

³ Zavod za zaštitu od bujica i erozije Instituta Jaroslav Černi

Odbrana od bujica mora da bude trajna i drugačije organizovana. Jedino sredstvo odbrane su kvalitetni nasipi pored obala reke, eventualno ojačani džakovima sa peskom, kao i kasete, napravljene da prime vodu koja se izliva iz korita. Kasete, odnosno akumulacija Paljuvi-Viš, izgrađena 1988. godine, bila je predviđena da štiti najveći rudnik u Srbiji, ali nije uspela da prihvati poplavni talas. Kad naiđe voda, ona puni akumulaciju, ali se tu ne zadržava. Postoji odvodni tunel kojim voda otiče u malu reku Vraničinu. Na tunelu su zatvarači i oni su uvek bili delimično otvoreni da se voda ne bi zadržavala. Paljuvi-Viš može da prihvati poplavni talas hiljadugodišnje vode, ako se voda ispušta iz akumulacije čim pređe dozvoljeni nivo. Do sredine dvehiljaditih, akumulacija se uvek držala praznom. Sada je zatvaračnica, koja ima opremu za podizanje ustava na tunelu, bila razvaljena, sve je korodiralo, oprema je demontirana i ustave spuštene. Zatvarače ustava su ribari zavarili da bi imali bolji ulov.

240 miliona kubika vode koja se ulila u kop Tamnava – Zapadno Polje došla je iz Kolubare, njenih pritoka Peštana i Kladnice, kao i iz jezera Paljuvi-Viš. Sistem odbrane kolubarskih kopova nije zakazao samo u slučaju jezera Paljuvi-Viš. Vodenu bujicu nisu izdržali ni odbrambeni nasipi na Kolubari, iako su nasipi oko termoelektrane ojačani sa 20.000 džakova, ni njenim pritokama Vraničini i Peštanu. Stepenn zaštite korita Kolubare nivelisan je za stogodišnje vode sa rezervnim nadvišenjem do nivoa hiljadugodišnjih voda. Hidrološkim proračunima projektant je izračunao da velika voda hiljadugodišnjeg perioda ima protok od 940 m³/s. Nasipi na Kolubari ipak nisu izdržali nešto veći maksimalni protok od 954 m³/s.

Štete

Najveću štetu pretrpeli su najizdašniji kop Tamnava – Zapadno polje, kao i najmlađi, Veliki Crljeni, na kojima se vrši eksploatacija dve trećine kolubarskog lignita. Delimično su potopljene i najstariji aktivni kopovi – Polje B i Polje D. U prilog značaju kolubarskog basena najbolje govori činjenica da lignit RB Kolubara pokriva nešto više od 50 odsto električne energije Elektroprivrede Srbije. Na TENT-u je došlo i do razvoja požara nakon ispadanja jednog osigurača iz strujnog kola, te su određeni deo spasilačkih ekipa iz vazduha bio usmeren na sanaciju tog problema, jer se požar nije mogao gasiti sa zemlje.

Da bi se sanirala direktna šteta koju su poplave nanele kopovima Kolubara potrebno je 105 miliona evra.⁴ Indirektna šteta meri se cenom dnevnog uvoza električne energije. Na osnovu podataka Elektroprivrede Srbije, od 15. maja do 15. septembra, za uvoz struje potrošeno je 47,4 miliona evra, što je u proseku oko 385.000 evra dnevno. Troškovi uvoza struje koja bi pokrila razliku između proizvodnje i potrošnje iznose oko 180 miliona evra. Za ispumpavanje najvećeg kolubarskog kopa je namenjena suma od 23 miliona evra.

Zanimljiv detalj je da je posle višegodišnjeg osiguranja od poplava koje su kopovi Kolubara imali, 01.03.2012. godine precrtano sa polise osiguranje od rizika poplave kao elementarne nepogode, tako da potopljene bageri vredni 70 miliona evra nisu bili osigurani.

⁴ Izjava koordinatora tima za sanaciju štete dr Vladimira Pavlovića