

ALI SE ZAVEDAMO POSLEDIC DOLGOTRAJNEGA RAZPAD ELEKTROENERGETSKEGA SISTEMA?

RAFAEL MIHALIČ

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana, Slovenija.
E-pošta: rafael.mihalic@fe.uni-lj.si

Sprejeto

14. 12. 2021

Izdano

31. 3. 2022

DOPISNI AVTOR

rafael.mihalic@fe.uni-lj.si

Ključne besede:

elektroenergetski
sistem,
elektroenergetsko
omrežje,
»blackout«,
razpad
elektroenergetskega
sistema,
razpad
omrežja

Povzetek Urad za oceno tehnologije nemškega Bundestaga je pred leti izdal poročilo z naslovom Kaj se zgodi med »blackoutom« (razpadom EE) in podnaslovom Posledice daljšega razpada EES širših razsežnosti. V njem sistematično obdela različne vidike prekinitve oskrbe družbe z električno energijo. Sklep študije je, da pride do popolne degradacije vseh družbenih sistemov ali, z drugimi besedami, do popolnega kolapsa obstoječe družbe. Zanimivo je, da se nekaterih posledic in vidikov največkrat ne zavedamo niti tisti, ki se z elektrotehniko profesionalno ukvarjamo. V prispevku skušamo predstaviti nekatere vidike, vzroke, mehanizme in posledice takega dogodka.



1 Uvod

Verjetno večina prebivalcev modernega sveta ve (čeprav je vprašanje, ali se tega tudi zaveda), da je neprekinjena oskrba z električno energijo danes temelj sodobne civilizacije. Dojemamo jo kot nekaj samoumevnega in se pravzaprav sploh ne zavedamo, da je skoraj ni dejavnosti, kjer ne bi imela »prstov vmes« električna energija. Še posebno to velja za mlajšo generacijo, ki se ne spomni več električnih redukcij v nekih drugih časih. V bistvu od električne energije podobno odvisni, kakor od zraka. Rabimo ga vsak trenutek in se tega sploh ne zavedamo, vse dokler ga ne zmanjka. Takrat nam v trenutku postane jasno, da je prekinitev dostopa do njega hudo neugodna reč.

Podobno velja za električno energijo. Za razliko od drugih dobrin, ki jih ljudje uporabljamo za življenje, velja le za zrak, ki ga dihamo in za električno energijo, da: "Ko zmanjka, res takoj zmanjka in posledice so opazne v trenutku." Če privzamemo, da nam zraka ne more kar tako zmanjkati (če nas ravno nekdo pri kopanju v bazenu ne "potunka"), je torej družba najranljivejša prav na področju oskrbe z električno energijo. Hipotetično si predstavljamo, da bi na primer v trenutku povsod nehali črpati nafto. Kljub temu se vse ne bi takoj ustavilo, saj je nafto mogoče shranjevati (ne nazadnje jo ima vsak avto v rezervoarju), vsaka država pa ima strateške rezerve, s katerimi lahko vsaj vitalne družbene dejavnosti potekajo še najmanj nekaj tednov. Enako velja za plin in druge energente, razen elektrike. Tu je stvar povsem drugačna. Če bi v trenutku nehali delovati viri električne energije, bi prišlo do kolapsa sistema v družbi praktično takoj; skoraj vse bi se ustavilo, in to takoj, tisto sekundo. Električnih virov za napajanje v sili (večinoma t. i. UPS in električnih agregatov) je presneto malo.

Večina je že tudi doživela kratkotrajnejši ali nekoliko daljši izpad elektrike, ki razen nekaj nejevolje ni povzročila česa hujšega. V skrajni sili pač človek sede v avto in se odpelje v sosednjo ulico, mestno četrt ali kraj, tja pač, kjer luči svetijo, k znancem na obisk. V industriji lahko seveda tudi kratkotrajni izpadi elektrike povzročijo veliko gmotno škodo in uničijo cele »šarže« izdelkov, vendar mi ni znano, da bi kdo samo zaradi česar takega bankrotiral. Tudi državni BDP se lahko zaradi tega zniža za odstotek ali dva.

Če povzamemo; tak, geografsko omejen, torej delni, razpad EES, je sicer neugodnost, vendar bi ga težko označili za nacionalno katastrofo. Zato detajle posledic, ki jih ima tak dogodek pustimo ob strani. Zanima nas dogajanje v primeru dalj časa trajajočega popolnega razpada celotnega EES. Temu pa ni več mogoče reči neugodnost, ker so posledice za družbo neprimerljivo hujše. V sklepu okrog 250 strani dolgega poročila analize posledic dolgoročnega obsežnega razpada Elektroenergetskega sistema (EES) Nemčije Urad za oceno tehnologij nemškega Bundestaga (Petermann, P., Bradke, H., Lüllmann, A., Poetzsch, M. in Riehm, U., 2008) pravi (v prostem prevodu avtorja): »Že res, da je verjetnost dolgoročnega obsežnega razpada elektroenergetskega sistema (Nemčije - op. p.) majhna, če pa bi se to vendarle zgodilo, bi bile posledice tega enake nacionalni katastrofi.«

O teh mislih bi se veljalo zamisliti, ko se odločamo glede energetske prihodnosti družbe in ne na vrat na nos pograbitvi idej, ki morda vsečno zvenijo ali so politično in družbeno »in«.

V nadaljevanju analiziramo verjetnost nastopa omenjenih dogodkov, vzroke zakaj, kljub 100 – letnemu razvoju, do njih še vedno prihaja, kaj so vsebinski vzroki, da do njih prihaja in kaj sprožilni dogodki oz. scenariji, ko do njih pride. Na koncu orišemo posledice za družbo, ki so lahko katastrofične.

2 Kaj je "blackout" in kakšna je možnost, da do njega pride?

V splošnem izraz označuje prekinitev napajanja z električno energijo, vendar tako največkrat imenujemo razpad EES širših razsežnosti, npr. mesta, pokrajine, države. Pri tem ne gre za odklop porabnikov iz kakršnegakoli že razloga, marveč EES kot celota (ali njegov iz zaščitnih razlogov odcepljeni del), torej funkcionalno delujoč skupek elektrarn, prenosnega sistema (omrežja, transformatorji) in porabnikov, izgubi zmožnost obratovanja. Omrežne povezave (daljnovode) in/ali transformatorje zaščitne naprave ločijo (izklopijo) iz sistema, elektrarne se odklopijo, porabniki pa ostanejo brez napajanja. Najbolj vidna posledica je seveda zatemnitev predhodno osvetljenih področij. Od tod tudi izraz »**blackout**«.

Ker se omenjenemu scenariju želimo na vsak način izogniti so v EES vgrajeni mehanizmi, s katerimi želimo za ceno "žrtvovanja" delov sistema ohraniti vsaj del obratovanja, saj je potem vzpostavljanje integritete sistema neprimerljivo hitreje oz. enostavnejše. Tako stanje, kjer sistem sicer "preživi", a za ceno namernega odklopa nekaterih delov po navadi imenujejo "**brownout**".

Kakor je bilo že nakazano, je za veliko večino ljudi možnost neomejenega dostopa do električne energije nekaj povsem samoumevnega. Le redkokdo pomisli na to, da se za to »samoumevnostjo« skriva več kot 100 let intenzivnega tehnološkega razvoja in kapitalsko zelo intenzivnih investicij, kar je omogočilo doseganje današnje zanesljivosti delovanja EES. Tako stanje pa je ljudi v razvitih družbah zazibalo v lažni občutek da ne more priti do razmer, ko dostopa do električne energije preprosto ni več. Očitno si razmere izven lastnega izkustva težko predstavljamo in jih ne jemljemo kot nekaj, kar se lahko zgodi ravno nam. Pogled na zabeležene dogodke v preteklosti nas lahko hitro prepriča, da gre resnično za omenjeni lažni občutek. Dovolj je v Wikipedijo vtipkati besedo »Blackout« in pojavi se naslednja tabela, ki je sama po sebi dovolj zgovorna.

Iz podatkov v tabeli razberemo, da veliki razpadi EES niso omejeni samo na dežele tretjega sveta. Če mednje lahko štejemo recimo Bangladeš, Pakistan in Indijo, pa za Brazilijo Turčijo Argentino težko rečemo, da gre ravno za tretji svet. Italija ZDA in Kanada pa tako ali tako spadajo v najrazvitejše države. Poleg teh največjih razpadov se je v tem času zgodila še mnogo večja množica manjših, ki pa za tiste, ki so jih prizadeli, ni predstavljala nič manjšega problema.

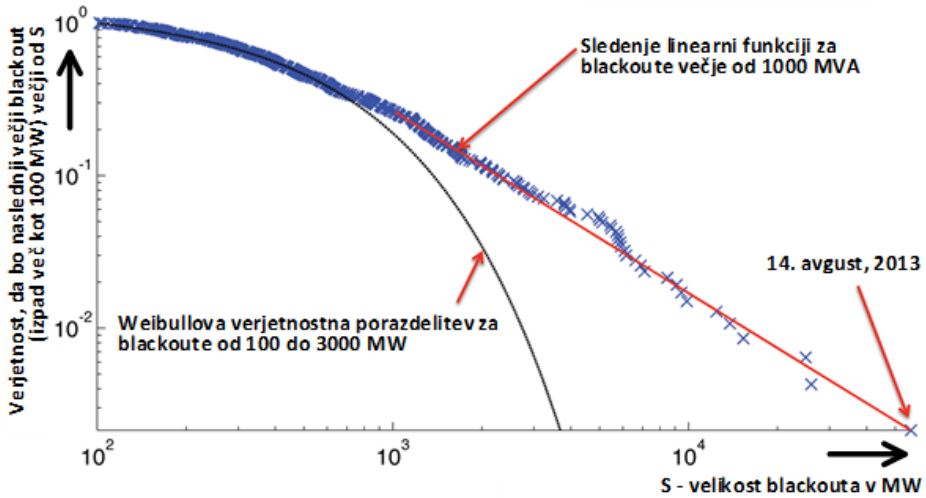
Izkazalo se je, da bolj, kot je država razvita, bolj je odvisna od elektrike in večji problem predstavlja njen izklop. V prihodnosti, ko bo »vse povezano z vsem« bo to dejstvo po vsej verjetnosti samo eskaliralo. Kot primer lahko navedemo izklop približno miliona odjemalcev 9. avgusta 2019 v Veliki Britaniji. Ta dogodek je predstavljal »nekaj nezamisljivega«. O njem so se razpisali vsi evropski mediji, v »elektroenergetski srenji« na Otoku se je sprožil pravi vihar z raznimi analizami, spremembami pravil in regulative, strategij, Pa to v resnici sploh ni bil klasičen blackout, pač pa pravilno delovanje sistemske zaščite, ki je zato, da bi EES obranila pred popolnim razpadom izklopila manjši del porabnikov.

Tabela 1: Največji blackouti v zadnjih letih.

Opis v literaturi	Prizadetega prebivalstva (millioni)	Lokacija	Datum
2012 India blackouts	620	Indija	July 30–31, 2012
2001 India blackout	230	Indija	Januar 2, 2001
2021 Pakistan blackout	200 (90% prebivalstva)	Pakistan	Januar 9, 2021
2014 Bangladesh blackout	150	Bangladeš	November 1, 2014
2015 Pakistan blackout	140	Pakistan	Januar 26, 2015
2019 Java blackout	120	Indonezija	Avgust 4–5, 2019
2005 Java–Bali blackout	100	Indonezija	Avgust 18, 2005
1999 Southern Brazil blackout	97	Brazil	Marec 11–Junij 22, 1999
2015 Turkey blackout	70	Turkey	Marec 31, 2015
2009 Brazil and Paraguay blackout	60	Brazilij, Paraguay	November 10–20, 2009
2003 Italy blackout	56	Italija, Švica	September 28, 2003
Northeast blackout of 2003	55	Kanada, ZDA	Avgust 14–28, 2003
2019 Argentina, Paraguay and Uruguay blackout	48	Argentina, Paragvaj, Urugvaj	Junij 16, 2019
2002 Luzon blackout	40	Filipini	Maj 21, 2002
2001 Luzon blackout	35	Filipini	April 7, 2001
Northeast blackout of 1965	30	Kanada, ZDA	November 9, 1965
2019 Venezuelan blackouts	30	Venezuela	Marec 7, 2019–July 23, 2019
2020 Sri Lanka blackouts	21	Sri Lanka	Avgust 17th, 2020
2016 Sri Lanka blackout	21	Sri Lanka	Marec 13, 2016

Vir: Wikipedia, 2022

Razpadi EES v preteklosti so očitno pokazali, da dogodki sploh niso tako redki, kakor bi pričakovali na podlagi verjetnostne analize. Zlasti to velja za »večje« blackoute. Verjetnostne analize so izpostavile zanimivo dejstvo, in sicer, da majhni (lokalni) blackouti sledijo krivulji, ki jo dobimo s klasično statistično in verjetnostno analzo, »veliki« pa so mnogo pogostejši, kakor bi pričakovali glede na omenjene pristope. Kakor vidimo na naslednji sliki, modri križci, ki označujejo blackoute v preteklost, od približno 1000 MW sledijo rdeči premici. Manjši pa se skladajo s klasično verjetnostno porazdelitvijo.



Slika 1: Verjetnost razpadov v severni Ameriki.

Vir: Hines, O'Hara, Cotilla-Sanchez in Danforth, 2011

Vzrok za to leži v dejstvu, da lahko klasično verjetnostno analizo uporabimo samo za dogodke, ki so med seboj neodvisni. Če npr. v nekem kraju ali lokalnem sistemu izpade nek manjši vod, ki napaja to območje, bo sicer to izgubilo napajanje, vendar ta dogodek ne bo odločilno vplival na ostali del sistema. Pojav dogodka je statistično pogojen. Pri blackoutu večjih razsežnosti pa ne gre več za statistično neodvisne dogodke, pač pa so kasnejši dogodki odvisni od predhodnih. Govorimo o tako imenovanem domino efektu oz. o kaskadnih izklopih, ki lahko povzročijo postopno širitev začetnega blackoutu ali pa sprožijo dogodke na povsem drugih lokacijah in »zasejejo« nove razpade čisto drugje.

Če si to ogledamo s teoretične plati, lahko tako obnašanje EES pripišemo dejstvu, da po eni strani EES lahko obravnavamo kot kaotičen sistem (lastnost nelinearnih sistemov, v katerih lahko že majhna sprememba v začetnih pogojih popolnoma spremeni obnašanje sistema po nekem obdobju) in po drugi strani tako imenovanim samo-organizirajočim se kritičnim sistemom. Gre za relativno nov pojem v statistični fiziki in je značilen za sisteme, kjer se neko splošno urejeno (stabilno) stanje ustvari iz začetnega neurejenega (nestabilnega) stanja - npr. po motnji) na podlagi lokalnih soodvisnosti elementov sistema. Tako urejanje sistema je lahko spontano, torej ne rabi eksterne regulacije, če je le na razpolago dovolj energije (ki doteka v sistem). To, da je kritičen pomeni, da se iz širokega področja začetnih pogojev oz. stanj (iz zelo

različnih situacij) razvije v stanje, ki se nahaja v okolici iste, tako imenovane točke privlačnosti (atraktorja) (Wikipedia, 2022b). V takih sistemih neizogibno prihaja do motenj, vseh velikosti, konkretno za EES, od izklopa najmanjšega elementa do popolnega razpada sistema.

3 In kje so izvorni grehi?

Na dlani je, da ob kataklizmičnih dogodkih (izjemni, obsežno področje zajemajoči vremenski pojavi, tsunami, močan potres, meteor ...) EES ne more ohraniti svoje funkcije. Tega tudi nihče ne pričakuje, saj razen izjem, ni tako zasnovan. Če te primere izvezamo, pa bi pravzaprav tako preizkušena, za družbo življenjsko pomembna in zrela tehnologija (ki odlično deluje), v vseh drugih primerih morala delovati »brez pardona«. Vendar temu še zdaleč ni tako. Kje so izvorni vzroki za to?

3.1 Velike časovne konstante

Eden od vzrokov je nedvomno logika hitrih dobičkov in logika po kateri je horizont dogodkov za večino voljenih funkcionarjev »naslednje volitve«. Oboje pa je v kontradikciji z velikimi časovnimi konstantami, ki se jim pri načrtovanju in izgradnji EES ni moč izogniti. Krilatica: »Ko se v elektroenergetskem sistemu pokažejo problemi je že vsaj 10 let prepozno.« je vsekakor na mestu.

Razlogov za to je kar nekaj.

- Le določene komponente EES je moč izdelovati serijsko in v relativno velikih serijah. Večina ključnih elementov EES še vedno izdelujejo po naročilu in so bolj ali manj unikatni izdelki. Njihovo načrtovanje, izdelava ali popravilo ni trivialno opravilo in praviloma tega ni moč izvesti hitro.
- Življenjska doba ključnih komponent EES je nekje med 30 in 40 leti, za nekatere je celo višja (npr. reaktorska posode v nuklearnih elektrarnah reda 60 ali celo 80 let, jezovi hidroelektrarn s pripadajočo opremo reda 100 let). Temu primerna je zahtevana kakovost (vzdržljivost) teh naprav, iz česar izhaja naslednja alineja.
- Izdelava najkompleksnejših in za obratovanje EES ključnih elementov, ki morajo izpolnjevati zelo ostre tehnične zahteve, je izjemno zahtevna in jo praviloma obvlada le nekaj proizvajalcev. Skoraj vedno imajo ti več let v naprej

načrtovano proizvodnjo in se na izjemne potrebe strank (npr. skok preko vrste za popravilo poškodbe agregata ali transformatorja, zaradi katere stoji cela elektrarna) zelo težko odzovejo oz. je to zaradi pogodbenih obveznosti (visoki penali) zelo drago.

- Razvoj novih rešitev je v primerjavi z drugimi vejami tehnike zelo kompleksen in dolgotrajen (beri: zelo drag).
- Elektroenergetskih objektov ni moč izvesti, tako da bi ti ne imeli večjega ali manjšega vpliva na okolje. Zato je pred njihovo umestitvijo v okolje potrebno proučiti njihove vplive, pridobiti soglasja vseh udeležencev v postopku in potrebno dokumentacijo. Časovni okvir za vse to je lahko od nekaj let do več desetletij. Pri velikih investicijah (beri: vonj po denarju se širi daleč naokoli) se razni »prizadetki« in razne stranke v postopku naenkrat namnožijo kot gobe po dežju, organizirajo se ljudske vstaje, sprožajo se sodni postopki zaradi »ni, da ni« razlogov.

3.2 EES niso vedno optimalno zasnovani

Tehnično gledano je strukturo EES vedno mogoče prilagoditi potrebam in povečati prenosne zmogljivosti sistema tam, kjer nastajajo ozka grla, vendar proces v praksi praviloma traja več desetletij. Ilustrirajmo na kratko, za kaj gre. Vzemimo za primer evropski EES. Ta v osnovi ni bil zasnovan za potrebe Evrope kot celote, niti ni bil zasnovan za koncept trgovanja z električno energijo. Pred njegovo uvedbo je vsaka država zasnovala svoj EES v skladu z lastno strategijo in v skladu z lastnimi potrebami in možnostmi. Tako imenovanega »čezmejnega trgovanja« z elektriko je bilo zelo malo, v primerjavi s sedanjimi razmerami zanemarljivo. Jedro današnjega povezanega EES Evrope je nastalo leta 1951, posamezne države pa so se postopoma pridruževale na podlagi političnih odločitev, vendar šele, ko so njihovi EES izpolnjevale tehnične zahteve, ki pogojujejo stabilno obratovanje interkonekcije, kakor imenujemo skupek sinhrono obratujočih EES.

Takratni EES Jugoslavije se mu je priklopil leta 1974. To je bil takrat velik, ne le tehnični, pač pa tudi politični korak, saj smo se s tem de-facto pridružili zahodnemu svetu. Za kako zahteven projekt gre pri združevanju sistemov ilustrira primer Nemčije, kjer so kljub padcu Berlinskega zidu že leta 1989 in kljub prizadevanjem, da bi čim prej združili EES nekdanjih Zahodne in Vzhodne Nemčije, to lahko uresničili šele leta 1995. Romunija in Bolgarija sta potrebovali še 8 let več in sta se

priklopili leta 2003, torej 13 let po padcu »železne zaves«. Sinhrono obratovanje velikega EES oz. združevanje manjših EES je tehnično in organizacijsko izjemno zahtevna naloga, ki lahko traja desetletja in stabilno obratovanje velikega EES še zdaleč ni samo po sebi umevno, kakor se to zdi na prvi pogled.

3.3 Pomanjkanje investicij v infrastrukturo EES in sistemske elektrarne

V sodobnih EES z večjimi ali manjšimi prekinitvami rastejo sončnih elektrarne (SE) in vetrne elektrarne (VE), kakor gobe po dežju. Količina proizvodnih zmogljivosti se skokovito povečuje. V Nemčiji npr. obratuje ca. 85 GW klasičnih elektrarn (hidro, premog, jedrske, plin - kot rezultat razvoja zadnjih 100 let), od katerih jih bodo do leta 2023 15 GW zaprli v skladu z zakonskimi zavezami, med tem, ko je v zadnjih 15 letih zgrajena količina VE 63 GW in SE čez 51 GW. Na videz torej zveni besedna zveza »pomanjkanje investicij« smešno, vendar je bila zaradi specifik financiranja t. i. obnovljivih virov energije (OVE) cena električne energije, ki so jo dosegale »klasične elektrarne« na borzi v zadnjem desetletju ali dveh daleč podcenjena in mnoge med njimi (recimo TE Trbovlje) so bankrotirale, ker niso mogle s prodajo kriti niti tekočih stroškov. Od velikih sistemskih elektrarn pa je odvisno stabilno obratovanje EES. Ko smo že pri stroških, lahko mimogrede navržemo, da po desetletjih »zatiranja« klasičnih elektrarn in »rinjenja« nezanesljivih OVE v ospredje ni noben čudež, da se je električna energija letos (2021) na borzah podražila za faktor 5 do 10. Temu se res lahko čudijo samo tisti, ki živijo v nekih iluzijah. Seveda opozarjanje stroke, da tako, kot si je to politično zamislila Evropa »razogljichenja« ne moremo doseči, ni pomagalo niti najmanj. Težko je namreč razložiti ljudem, da bi razumeli nekaj, od nerazumevanja česar je odvisna njihova plača (pa to ni zraslo na mojem zeljniku).

3.4 Obratovanje EES bliže stabilnostnim mejam

Tehnologije povezane z obratovanjem sodobnih EES so v zadnjih desetletjih naredile kvantni skok naprej. Pri tem velja omeniti zlasti informacijsko-komunikacijske tehnologije (IKT) in naprave, ki temeljijo na močnostni elektroniki (naprave FACTS, HVDC). Te omogočajo do pred kakim desetletjem nezamisljivo spoznavnost (observability) in vodljivost (controllability) EES. Vendar pa ne morejo delati čudežev in vedno nadomestiti klasičnih prenosnih zmogljivosti ali klasične proizvodnje v EES. Omogočajo sicer, da je mogoče iz obstoječe infrastrukture »iztisniti« več, vendar za ceno, da EES obratujejo z manjšim stabilnostnim

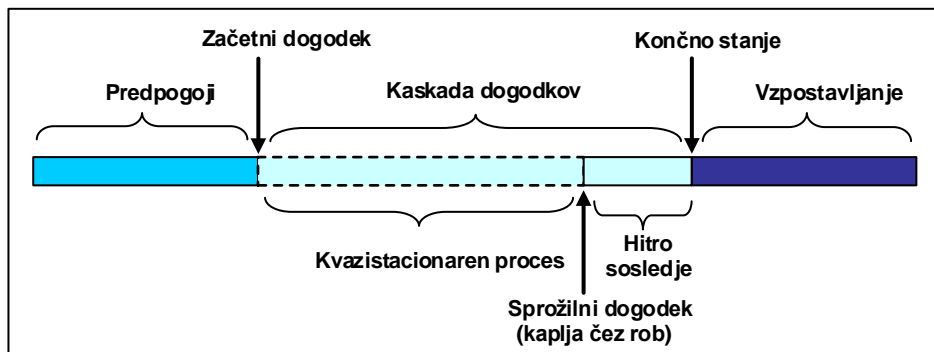
»varnostnim robom«. Izkušenj s tem, kako tak sofisticiran sistem odreagira v kritičnih razmerah ali kako tak sistem vzpostaviti znova »iz teme« po popolnem razpadu skoraj ni.

4 Kako stvar poteka

Do sedaj je bilo malo povedanega o tem, kaj se dejansko dogaja neposredno pred razpadom EES in kaj so sprožilni dogodki scenarija, ki do tega privede. Ukvarjali smo se s tem, kaj se dogaja »za sceno«. Vse skupaj si lahko ponazorimo z ledeno goro in tragedijo Titanika.

Dogajanje ob trku Titanika in posledice tega namreč ne moremo zadovoljivo osvetliti, če si predhodno ne pojasnimo, da ledene gore dejansko plavajo po morju, in da do bližnjih srečanj med njimi in ladjami prihaja (je prihajalo), ter da je izvorni vzrok za trk očem skrit. Sodobna merilna oprema sicer omogoča zelo natančno spremljanje dogajanja v EES, vendar kljub temu znaten del dogajanja ostaja naši zaznavi skrit in včasih zelo težko razpoznamo dogodke (simptome), za katere se kasneje, ko je že prepozno, izkaže, da so botrovali tragediji. Izvornih greh, zakaj je Titanik potonil je bila prevelika količina žvepla v železu iz katerega je bila izdelana oplata trupa. Že res, da je trčil v ledeno goro, vendar kljub temu ne bi smel potoniti, kot kamen. Pa je, ker je železo s preveliko količino žvepla krhko in se ob mehanskih obremenitvah prelomi, namesto da bi se zvililo in v trupu je zaradi tega zazevala prevelika luknja tudi za »nepotopljivi« Titanik.

Skušajmo potegniti analogijo s predhodno razlago, torej scenarij plovbe Titanika, izdelanega iz neustreznega materiala proti ledeni gori, njegov trk z ledeno goro, nekajurno potapljanje in na koncu hitro potopitev z dogajanjem v EES, ki privede do blackouta.



Slika 2: Tipičen potek dogodkov ob razpadu EES.

Vir: lasten

Kot je bilo omenjeno, »izvorni greh« pri Titaniku ni bil trk z ledeno goro, pač pa slab material iz katerega je bil izdelan. Šele to in dejstvo, da je plul proti ledeni gori, sta ustvarila predpogoje za tragedijo.

Podobna situacija je v EES. Ta bi moral biti zasnovan in izveden tako, da ga nek dogodek, do katerih v EES pač prihaja, ne bi smel tako »vreči iz tira«, da bi prišlo do blackoutu. Za »enkratni dogodek« bi moral biti »nepotopljiv«. Zato pa obstaja »sveto« pravilo načrtovanja in obratovanja EES, to je t. i. tako imenovani » $n - 1$ kriterij«. To pomeni, da izpad kateregakoli elementa (ali elektrarne) EES v normalnem obratovanju (in to kljub oz. dodatno k remontom elektrarn, vodov, transformatorjev ...) ne sme povzročiti motnje za uporabnika. Resnici na ljubo to velja le za prenosni EES, na distribucijskem nivoju je napajanje radialno in izpad napajanja kratkotrajno lahko pomeni prekinitev oskrbe, dokler uporabnikov ne preklopijo na rezervni vod. Iz tega razmišljanja so kataklizmični dogodki seveda izvzeti. Če izbruhne vulkan in eksplodira pol otoka, ni mogoče zahtevati, da bo EES otoka to »preživel«. Konec koncev pri tem hkrati izpade množica elementov EES in ne le eden.

Torej morata biti za »Predpogoje« na Slika 2 izpolnjena dva pogoja, in sicer EES mora imeti neko hibo (analogija slabemu železu Titanika) in nahajati se mora v stanju, v katerem se ne bi smel (plovba Titanika proti ledeni gori). Seveda se načeloma niti za prvo, niti za drugo ne ve, dokler ni prepozno.

Nato pride do začetnega dogodka, ki sproži nadaljnji scenarij dogodkov, ki privedejo do tragedije. Pri Titaniku je bil to trk z ledeno goro, v EES pa je to lahko okvara in temu sledeč izklop elementa (npr. kratek stik na daljnovodu in takojšnji izklop voda) ali samo izklop elementa iz kakršnegakoli razloga ali preprosto nastop obratovalnih razmer, ki jih EES ne prenese (npr. hitro povečanje porabe, hitro zmanjšanje moči virov – recimo velika proizvodnja sončnih elektrarn in sončni mrk ali npr. močan veter, ki se še ojača, kar pomeni, da vetrne elektrarne delujejo »na polno« ob prekoračitvi določene hitrosti vetra pa se vetrnice zaradi varnosti ustavijo in zablokirajo.) itd.

Temu sledi neko lažno zatišje, ko se razmere na prvi pogled niti ne zdijo posebno kritične, vendar se ladja kljub temu potaplja. S pravočasno *in ustrezno* reakcijo operaterjev ali zaščitnega sistema je v tej fazi velikokrat še mogoče rešiti potapljajočo se ladjo, vendar se velikokrat bodisi sploh ne zavedamo, da se ladja potaplja, bodisi z neustrezno reakcijo (operaterja) rešujemo lokalne probleme, ne da bi s tem reševali globalno situacijo ali pa to celo poslabšamo.

Tako stanje lahko traja kar nekaj časa, dokler s počasnim »drsenjem v pogubo« ne trčimo ob neko omejitev, ki sproži nek dodatni dogodek, ki predstavlja kapljo čez rob in temu sledi plaz nadaljnjih dogodkov in blackout.

Temu sledi restavracija sistema. Če gre za lokalni blackout večinoma integriteto EES po navadi vzpostavimo v nekaj desetih minutah ali nekaj urah. Pri večjem sistemu pa to lahko traja nekaj dni, v primeru popolnega razpada celo tednov, saj izkušenj s tem ni in naloga še zdaleč ni preprosta. Če bi letos EES v Texasu popolnoma (ne le delno) razpadel, bi po predvidevanju sestavljanje »iz teme« (t. i. black start, ko ni na razpolago nobene elektrike) lahko trajalo tedne (Maloney, 2021).

Tipičen primer nastanka blackoutu predstavlja razpad EES Italije 28. IX. 2003. »Izvirnih grehov« tega, da je dogajanje po tem privedlo do blackoutu, je kar nekaj (ekvivalent krhkega železa, iz katerega je bila oplata Titanika). Eden od njih je vsekakor (kronično) pomanjkanje prenosnih poti (daljnovodov) v Evropi in neoptimalna struktura EES, ki kot celota ni bil zasnovan za pogoje evropskega prostega trga z električno energijo. Zato tudi ni dovolj povezav med EES posameznih držav. Drug »izvirni greh« je bil napačno zasnovan koncept systemske zaščite in koncept primarne regulacije frekvence italijanskega EES.

V trenutku, ko je ta prešel v otočno obratovanje, bi se moral »ujeti« na določeni stopnji (pomeni, da bi določen delež porabnikov pač odklopili in uravnotežili proizvodnjo in porabo preden bi električni parametri »zdrsnili« izven dovoljenega območja), se na tej stopnji umiriti, nato električne parametre (frekvenco, napetost in tako imenovani fazni kot) počasi uskladiti (dovolj približati) parametrom evropskega EES in se v primernem trenutku (ko se parametri »ujamejo« - mimogrede to ni trivialna naloga) priklopiti nazaj.

Če gremo po vertikali odgovornosti še malo više, je takemu stanju italijanskega EES v bistvu botrovala neustrezna zakonodaja in neustrezna porazdelitev kompetenc in odgovornosti. Elektrarne so imele namreč »preveč svobode« pri nekaterih odločitvah in nastavitvah sistema zaščite je sledila logika, da obratujejo tako, da ščitijo sebe in dobičke svojih lastnikov, za sistem pa jim je »figo mar«. Rezultat take logike je bilo kasnejše zaporedje prepoznih izklopov črpalnih elektrarn in preuranjenih izklopov sistemskih elektrarn. Prve so izkoriščale stanje poceni energije na vzhodu Evrope in so delovale, kot velike črpalke (veliki porabniki energije) ter polnile svoje akumulacijske bazene z namenom proizvodnje kasneje, ko bo elektrika na borzi bistveno dražja. Sistemske elektrarne pa so imele podfrekvenčno zaščito nastavljeno preveč konzervativno in so se zato, da so »varovale sebe«, izklopile, ko se sploh še ne bi smele.

Nadalje kot »izvirni greh« smatramo tudi neusposobljene operaterje v italijanskem in švicarskem centru vodenja prenosnega sistema (TSO – *Transmission System Operator*). Taki situaciji preprosto niso bili kos (nanjo jih očitno nihče ni pripravil v programu usposabljanja in treninga), saj so imeli dovolj časa, da bi z intervencijo lahko preprečili najhujše.

Kot zadnjega omenimo neustrezne protokole obveščanja med TSO-ji. Komunikacija med švicarskim in italijanskim TSO-jem je bila očitno neustrezna oz. pomanjkljiva.

Situacija, ki je v kombinaciji z »izvirnimi grehi« privedla do razpada (ekvivalent smeri plovbe Titanika proti ledeni gori) je bila zelo obremenjeno omrežje zaradi t. i. »bele noči« - ena noč v letu, ko so v Italiji celo noč brez vstopnine odprti muzeji in galerije. Zaradi tega je bila poraba zelo visoka. To samo po sebi še ne bi bilo tragično, a k tej že tako povečani porabi so se pridružile še črpalne elektrarne, ki so zelo poceni kupile nočno elektriko na vzhodu Evrope, kjer so imeli presežke in »na polno« črpale vodo

v svoje bazene. Imeli so sicer zakupljene prenosne poti (to se določi za dan v naprej, preračuna, preveri itd.), vendar so dogovorjene kvote precej presegle. Pač malo po Italijansko: »La dolce vitta, bo že kako.« Uvažali so 6700 MW, kar je bilo ca. $\frac{1}{4}$ porabe, to pa je očitno preveč, da bi bil sistem »n-1 siguren«. No in potem se je zgodil ta »1« iz kriterija »n-1«.

Sprožilni dogodek, je predstavljal izklop 380 kV daljnovoda med Švico in Italijo, kot posledica pravilnega delovanja zaščite. Na območju trase je namreč divjala nevihta in prišlo je do preboja med fazo daljnovoda in drevesom (trajni zemeljski stik).

Temu je sledilo navidezno zatišje (»kvazistacionaren proces«), ki je trajalo nekaj manj kot 25 minut. Breme, ki je predhodno teklo po izklopljenem daljnovodu se je prerazporedilo na že tako zelo obremenjene paralelne prenosne poti. Največ dodatnega bremena je prevzel električno najbližji paralelni vod Sils – Soazza. Ta je postal preobremenjen, vendar nihče ni ustrezno odreagiral. 25 minut je več, kot dovolj časa, da bi v Italiji operater ukazal zaustavitev velikih porabnikov (črpalnih elektrarn) in aktiviranje dodatnih elektrarn (bodisi plinskih, bodisi spremembo režima črpalnih elektrarn iz črpalnega v generatorskega, torej iz porabnika v proizvajalca) in porabniki sploh ne bi zaznali, da se je kaj zgodilo. Pa ni. Še naprej so »vlekli« preko Švice preveč energije. Zaradi preobremenjenosti se je omenjeni paralelni vod pričel pregrevati nad dovoljeno mejo in se je v skladu s tem tudi podaljševal. To pomeni, da se je razpetina nižala in na neki točki se je pač vodnik preveč približal rastlinju pod traso in prišlo je do preboja.

To je bila kaplja čez rob. Zaščita je pravilno zaznala okvaro in izklopila vod. Sedaj se je še pretok energije tega voda prerazporedil na sosednje daljnovode in prišlo je do tako imenovanega *kaskadnega izkloppljanja vodov*, kar je pojav, ki skoraj vedno privede bodisi do ločitve dela EES, bodisi do delnega ali popolnega blackouta sistema.

Kaskada hitrih izklopov, ki se začne z izklopom voda Sils - Soazza se manifestira v majhni motnji frekvence, saj je bila Italija še povezana z močnim evropskim omrežjem. Nekaj sekund kasneje je prišlo do strmega padca frekvence, kar pomeni, da je italijanski EES prešel v otočno obratovanje. Strm padec frekvence je posledica močnega presežka porabe nad proizvodnjo.

Sistemska zaščita mora čim prej vzpostaviti med njima ravnovesje s povečanjem proizvodnje elektrarn (t. i. primarna regulacija frekvence, ki odreagira v nekaj sekundah) in izklopom bremen (t. i. podfrekvenčno razbremenjevanje, ki je odvisno od padanja frekvence), če naj se otok obrži. V skladu s tem je prišlo do izklopa črpalnih elektrarn (~ 3500 MW), kar je za nekaj časa padanje frekvence zaustavilo, vendar se je nekaj sekund za tem izklopilo za ca. 1700 MW elektrarn na distribuciji (male HE, vetrnice), ki so imele »za vsak slučaj« zelo konzervativno nastavljeno podfrekvenčno zaščito, saj niso bile obvezane sodelovati pri »potrebah sistema« - beri: »jih ne briga« (to je sedaj povsod po Evropi drugače urejeno). Seveda je bila to reakcija v napačno smer, ki je v veliki meri izničila ukrep izklopa črpalnih elektrarn.

Sledil je izklop bremen s strani sistemske zaščite podfrekvenčnega razbremenjevanja (za vsakih 100 mHz padca ca. 600 MW), ki bi padanje frekvence, kakor izgleda, celo zaustavil, če se ne bi v nasprotju z vso logiko hkrati izklapljalje tudi velike elektrarne (ko jih sistem najbolj potrebuje). Frekvenca okrog 49 Hz je začela počasi »pobirati«, nakar so se vedno znova izklopile velike elektrarne, čemur je sledil nov upad frekvence. Zakaj so imele te zaščito tako nastavljeno zame ostaja misterij, saj bi morale vztrajati do v Evropi »magične meje« 47,5 Hz. Pri prekoračitvi te meje je pa res »game over«.

Restavracija sistema je kljub temu, da ga ni bilo treba vzpostavljati »iz teme«, torej breznapetostnega stanja, pač pa so lahko elemente, ki so mejili na preostanek evropskega EES, »lepili« nanj enega za drugim, trajal kar nekaj časa. V severnih regijah so vzpostavili sistem v dveh urah, v večini velikih mest tekom dopoldneva, 95 % porabnikov v dveh dneh, zadnje pa šele po približno tednu dni.

Posledice niso bile zelo hude, ker je bila ravno nedelja. 110 vlakov je bilo preklicanih, 30.000 ljudi je ostalo v vlakih, kjer so se ti pač ustavili. Policija je poročala o kaosu, a večjih izgredov ni bilo. Je pa pomenljivo, da je industrija tožila italijanskega dobavitelja električne energije Enel za ca. 100 milijard € škode.

5 Kaj se pa dogaja, ko pride do razpada EES

Situacijo najkrajše opišemo s frazo »ustavi se vse«. Verjamem, da ima vsaka sodobna država službe, proučene različne krizne scenarije, načrte za delovanje v krizi in kar je takega. Ugibam, da podobno velja tudi za mnoga podjetja. Nisem pa še slišal, da bi kdo pri nas naredil res celovito analizo družbenega dogajanja in funkcioniranja države, če ne bi bilo elektrike recimo 2 tedna ali mesec dni. Ne trdim, da ustrezni dokumenti ne obstajajo, vendar do sedaj še nisem nobenega videl. Sem pa zasledil tak dokument na internetu (pravzaprav ga je našel prijatelj) za Nemčijo, in sicer raziskavo za potrebe nemške vlade (Petermann, P., Bradke, H., Lüllmann, A., Poetzsch, M. in Riehm, U., 2008). Gre za poročilo na 256 zgoščenih straneh, kjer so proučili res skoraj vse vidike od posledic, obnašanja ljudi, delovanja pristojnih služb, strukture in organiziranost služb, dogajanja v različnih segmentih gospodarstva itd. Skratka »ni, da ni«. Verjetno to, kaj se dogaja med takim dogodkom v Nemčiji, poda boljši splošni uvid v situacijo, kakor bi bilo to v primeru Slovenije, ki je reda 50 krat manjša po prebivalstvu, površini in infrastrukturi in že zato nekoliko specifična. Tudi naš EES je nekoliko specifičen.

5.1 Sedaj pa lepo po vrsti – prvi dan

Seveda 250 strani zgoščenega teksta ni mogoče stlačiti v en članek, zato so v nadaljevanju posledice oz. dogajanje bolj ali manj naštetih, nekatera najbolj zanimiva dejstva pa so na kratko opisana. Ob tem tega, da bi se velik del gospodarstva povsem sesul, sploh ne omenjamo. Če se npr. strdi talina stekla v peči v steklarni Hrastnik je peč samo še za razbiti in treba je postaviti novo. Podobno je npr. pri proizvodnji aluminija (če se talina v peči strdi je peč zanič) in še marsikje drugje. V nadaljevanju se osredotočamo samo na najosnovnejše družbene dejavnosti in dogajanje.

V prvih urah po nastopu blackouta so razmere kaotične.

Električni vlaki se ustavijo kjerkoli že tisti trenutek so (»sredi ničesar«, na mostu, v tunelu), sem lahko vključimo tudi metro, ki obstane nekje pod zemljo. Ustavijo se tudi dvigala in žičnice (obviseti v mrzlem vetru in s smučkami na nogah na sedežnici 30 metrov nad globeljo ni ravno nekaj, kar bi si želel doživeti). Ker se to zgodi povsod naenkrat lahko reševanje »ujetih« ljudi traja zelo dolgo. In seveda, ubogi tisti s klavstrofobijo v natrpanem dvigalu.

Cestni promet se v mestih praktično ustavi. Kdor se skozi Ljubljano prebija v petek popoldne mora imeti zvrhano mero potrpljenja. V primeru blackouta, ko postane očitno, da ne bo tako hitro »nazaj elektrike«, vsi želijo čim prej domov. Verjetno je proti temu, ljubljanska petkova gneča mačji kašelj. In v teh razmerah prometna signalizacija izpade. Razen tega se predori zaradi varnosti zaprejo (Nič domov skozi tunel pod ljubljanskim gradom ali po avtocesti čez Trojane!). Tudi parkirišča in garaže ostanejo zaprte. »Ticketavtomati« in »rampe« namreč delajo samo, če je elektrika.

Komur zmanjka goriva je opelel. Brez elektrike črpalke ne delajo. Tudi če jih zaženeš z agregatom, zadeva ne gre, ker ne dela plačilni promet, beri blagajna, kar pomeni, da ni mogoče odblokirati črpalke, da bi lahko točil naslednji. Avti brez goriva se začnejo kopičiti na cestah in bencinskih črpalkah. Njihovi potniki se naselijo na bencinskih servisih.

Nakupi potrebščin, hrane ali česarkoli že, na običajen način niso možni, ker plačilni promet ne dela. S kartico ni mogoče plačati, tudi blagajna ne dela. V malih privatnih trgovinah dobiš morda kaj za gotovino, na črno brez računa.

Telekomunikacije se sesujejo. Kot prvo želijo takoj vsi telefonirati (kar tako, ali kdo bo šel po otroka v vrtec in kako), sistem pa za to ni dimenzioniran. Pride do preobremenitve. Razen tega imajo bazne postaje v Nemčiji energetska avtonomija samo 15 minut do 1 ure. Zato se najkasneje po eni uri telefonija preseli na klasično omrežje, ki pa je za ta take razmere povsem neprimerno in zelo hitro pride do preobremenitve. Tovrstna omrežja imajo v Nemčiji avtonomija od 15 minut do 8 ur. Edini način množičnega enosmernega komuniciranja postane radio, ki se obdrži zelo dolgo. Seveda za to rabimo radijske sprejemnike na baterije (če ravno ne sedimo v avtu). Včasih je bilo tega, kolikor hočeš v vsaki hiši, danes pa so postali maltene muzejska redkost, pa še od teh so večini verjetno baterije stekle in jih nepopravljivo okvarile.

Zdravstvene ustanove kolabirajo, saj število poškodb v kaotičnih razmerah eksplodira. Zaloge krvi, inzulina, posebne prehrane je samo za nekaj dni. Zmožnost celotnega zdravstvenega sistema je že po enem dnevu bistveno okrnjena (tako pravijo za Nemčijo). V domovih za ostarele je situacija podobna.

Negotovinski plačilni promet ne dela. Karkoli lahko kupiš samo še z gotovino. Gotovino je možno dobiti samo še na bančnih okencih, pa še za to ne vem, kako bi šlo, če računalniški sistem banke ne bi deloval (Če še kdo ni opazil, na banki sploh več nimajo gotovine in je ne menjavajo. Če kaj plačuješ uslužbenka položi bankovce na nek preštevalnik denarja, ta jih preveri in pogoltne in izpljune preostanek). Tudi, če bi zadevo uredili, je gotovine, glede na celotno vrednost plačilnega prometa, katerega večina so samo izmenjava informacij med računalniki, zelo malo in bi je v Nemčiji v nekaj dneh zmanjkalo.

5.2 Par dni kasneje

Predvidoma se kaotične prometne razmere tekom prvih 24 ur bolj ali manj umirijo. Ljudje nekako pridejo domov z avti ali brez njih, otroke na nek način poberejo v vrtcih in nastopi navidezno zatišje. Gorivo je na razpolago samo še za intervencijska vozila in nujne prevoze. Nekaj ga ima vsak avto še v rezervoarju. Po železnici lahko vozijo samo dieselske lokomotive (kjer jih pač še imajo). Vse skupaj je podobno nekakšnemu taborjenju.

Tudi s hrano prvih par dni nekako še gre. Zamrznjeno hrano pač treba na nek način narediti »nepokvarljivo« ali pojesti, saj se počasi odtali in po nekaj dneh pokvari. Slednje ni enostavno saj električne pečice, plošče in mikrovalovke pač ne delajo. Samo še roštiljada pride v poštev. To gre na deželi, kaj pa sredi velemesta? Problem je, da se ne odtali samo hrana v domačih zmrzovalnikih, pač pa prej ali slej tudi v supermarketih, hladilnicah, mesnicah, skratka povsod. Za Nemčijo so podatki naslednji. Hladilnice imajo rezervno napajanje nekako za 2 dni, trgovine pa še manj. Doma rezervnega napajanja seveda ni. Rezerva s hrano povprečnega nemškega gospodinjstva znaša med 3 in 5 dni. Ko začne hrana gniti jo je treba že zaradi nevarnosti okužb odstraniti. Praktično vse na roke, noben električni stroj ne dela.

Ščasoma problem postane transport živil. Na deželi še nekako gre, v velikih mestih pa predstavlja transport živil za tako veliko število ljudi bolj zapleteno logistiko, kakor si sploh predstavljamo. »Na roke razdeliti tako količino blaga je skoraj nemogoče, goriva za transportna vozila v nekaj dnevih zmanjka. Čeravno bi to nekako uspelo, je v Evropi relativno malo držav prehransko samozadostnih, pa še tisto, kar imajo shranjeno v hladilnicah v nekaj dneh propade. Hrana postane zelo iskana dobrina. Na videzno rešitev predstavlja uvoz oz. transport z ladijskim prometom. Morda bi to kje po svetu še šlo, ne pa v modernih pristaniščih. Vse blago

pride na paletah, v kontejnerjih in tega v večjem obsegu ni mogoče raztovarjati »na roke«. Vsa pristaniška infrastruktura z dvigali vred dela na elektriko.

Pridelava mleka kolabira. Danes se velika večina mleka pridelava v farmah z več sto govedi. To so zelo ozko specializirane farme. Krave ves čas jejo in »delajo« mleko, in sicer reda neverjetnih 70 l na dan. Te živali je nujno potrebno molzti, sicer v nekaj dneh v hudih mukah poginejo. Molzni stroji so pa na elektriko. Lahko bi jih sicer molzli »na roke«, vendar je 70 l na dan ogromna količina in vsaka krava bi morala imeti svojega »molznika«. Koliko ljudi pa še danes zna to početi na roke? Razen tega je v največjih farmah hranjenje, napajanje z vodo in čiščenje avtomatizirano (beri: na elektriko). Morebitnega napajanja z agregati je po nekaj dneh bolj ali manj konec. Pa čeravno vse te ovire nekako premagamo; kako bomo predelali mleko v mlekarnah?

Svinjereji se ravno tako ne piše dobro. Gojenje prašičev v velikih farmah je skoraj povsem avtomatizirano (beri: na elektriko). Če pustimo vodo, hrano in čiščenje ob strani je tu pomembna še ena specifičnost. Gostota živali je tako velika, da je prostore nujno treba prezračevati z ventilatorji in jih hladiti. Brez tega se pujsi bodisi zadušijo, bodisi pregrejejo in poginejo. Tudi prašičje farme lahko preživijo največ nekaj dni.

Podobno velja za perjad. Tudi tu je brez umetnega prezračevanja (ki seveda dela na elektriko) v velikih farmah z živadjo po nekaj urah konec.

Vsi smo že slišali, da je npr. na Nizozemskem pridelava v rastlinjakih postala prava vesoljska znanost. Posebna svetloba, posebna atmosfera, računalniška on-line analiza potreb rastlin in dovajanje hranil, tekoči trakovi za transport iz rastlinjaka do obdelave, avtomatska obdelava pridelkov (sortiranje, kontrola kakovosti, pranje, sušenje, pakiranje) vse robotizirano. In potem zmanjka elektrike!

Predstavljeni primeri so bolj za občutek. Seveda ni vedno in povsod tako hudo in je možno improvizirati. Vendar ne v razvitih družbah in ne v velemestih. Tam hrana postane v nekaj dneh hud problem. Razvitejša je družba, huje je. Banalen primer; kako si boš v stolpnici sredi velemesta v 15. nadstropju brez elektrike skuhal fižol ali krompir? V sili seveda lahko oboje pogoltaš tudi surovo. Ampak surova sta oba strupena.

Na samoumevnost vodovoda smo se tako navadili, kakor na samoumevnost elektrike. Vendar je energetska avtonomnost vodovodnega sistema v velikih mestih reda en dan in nič več. Pritisk hitro pade, v višjih nadstropjih iz pipe samo klokota, ko jo odpreš, v nižjih pa kaplja (in ob tem klokota). V vsakem primeru je oskrba motena, zaukazano je varčevanje z vodo. Če so v bližini naravni viri vode (reke, potoki) si ljudje pomagajo s tem. Ampak za pitje je tako vodo in prej ali slej tudi morebitno vodo iz vodovoda (saj se možnost onesnaženja le-te močno poveča) potrebno prekuhavati. Ampak, kako?

Ker ni vode se osebna higiena močno poslabša, to pa, če zanemarimo »eksotične« vonjave, pri ozko nagnetenih populaciji v mestih, zelo poveča izbruh nalezljivih bolezni in razne golazni (uši in stenice še zdaleč niso iztrebljene).

Zanimiva je tudi zadeva s kanalizacijo. Sodobni kanalizacijski sistemi v mestih so narejeni tako, da morajo biti ves čas splakovani s presežkom vode. Če temu ni tako, se ponekod v sistemu »gosta materija« zaustavi in ščasoma strdi in postane prepreka, ki narašča, ker se vsak trd delec »spotakne« ob njo in prej ali slej zamaši sistem. Rezultat je, da uporaba stranišča v 10. nadstropju pomeni vodometa (pravzaprav »fekalijemet«) iz stranišča v 1. nadstropju. Vse skupaj postane magnet za bacile tifusa, kuge, kolere, pa še kaj bi se našlo. Izbruh epidemije je zelo verjeten. Tem bolj, ker tudi odvoza smeti prej ali slej ni več. Te se kopičijo in predstavljajo raj za potepuške domače ljubljence, podgane, miši, ščurke in kar je tega.

Nevarnost izbruha epidemij predstavlja tem večjo grožnjo, ker zaradi motnje v oskrbi in pomanjkanja osebja velika večina zdravstvene oskrbe in lekarniške dejavnosti preprosto ne funkcionira več. Oboleli so prepuščeni sami sebi, ponekod dobimo srednjeveške razmere iz obdobja kuge.

5.3 Teden dni in naprej

Družbena organizacija se sesuje in začne se boj za golo preživetje. Ljudje, ki so ostali brez bencina na avtocesti sredi ničesar pač pojejo in popijejo, kar je najti na bencinskem servisu in se odpravijo v okolico. O kakem plačevanju in normalnem funkcioniranju družbe ni več ne duha, ne sluha. Če ti majhen otrok joka, da je lačen in žejen, se kot starš ne boš ustavil pred ničemer. Verjetno so ponekod ljudje deležni pomoči, vendar ima tudi ta pri grožnji obstoja sebe in družine svoje meje. Lačni in

prezebli ljudje začnejo v skupinah kot kobilice pustošiti po osamljenih kmetijah. Seveda lastniki nad tem niso navdušeni in privlečejo na plano kake lovske puške, krepelca, stare »flinte« in kar je tega. Do apokaliptičnega scenarija sploh ni daleč.

Morda scenarij ne bi bil tako apokaliptičen, čeprav po tednu ali dveh država de-facto ne bi funkcionirala več. Tudi policija in vojska ne moreta vzdrževati reda, ko postanejo ljudje lačni, zmanjkuje vsega, tako rekoč ni zdravstvene oskrbe. Nenazadnje tudi vojaki in policisti morajo nekaj jesti. Kljub temu pa se dejansko vzpostavi nek drugačen družbeni red, obnašanje ljudi se v razmerah, ko se morajo zanesti le nase, lahko popolnoma spremeni. Družba se razsloji, nastanejo bolj ali manj zaprte skupnosti (neke vrste »plemena«), katerih funkcioniranje je zelo odvisno od tega, kake vrste karakterji prevladajo. Karakterji se zelo izrazijo tako v pozitivnem, kot v negativnem smislu. Kot smo tisti, ki na srečo vojne nismo doživeli, to videli v množici filmov na tematiko vojne. Od najodvratnejših zločinov pa do junaških dejanj in žrtvovanja za druge.

Tudi, če se po nekaj tednih EES vzpostavi, poti nazaj na prejšnje stanje ne bi bilo. Taka katastrofa bi družbo zaznamovala vsaj za kako generacijo. Ker država kot taka ne bi bila več sposobna zagotavljati javnega reda in miru in predvsem ne bi bila sposobna zagotoviti integritete človeškega življenja, bi se trajno porušilo zaupanje ljudi v državo, kot institucijo. Razen tega, da bi tak kolaps uničil gospodarstvo družbe, bi pustil mnoge težko zaceljive rane na mnogih ljudeh. Nenazadnje bi se verjetno tudi število prebivalcev znatno zmanjšalo.

6 Sklep

Na srečo smo v večini držav v preteklih 100 letih uspeli EES res dobro zasnovati, izgraditi in se ga naučili »šofirati«. Zlepa ga ni mogoče »vreži iz tira«, pa še takrat, ko se to zgodi, se zna EES zelo dobro braniti in tu in tam začasno »žrtvovati« določene dele, da se jedro ohrani. Izkušnje iz 2. svetovne vojne kažejo, da je tudi v takih razmerah, kjer je bila katastrofa največja in bombardiranja na dnevnem redu, bila oskrba prebivalstva z elektriko relativno dobra in ni prihajalo do kompletnih razpadov EES po, recimo, celi Nemčiji.

V današnjih razmerah se mi nehote vsiljuje naslednja misel: »Če v 2. svetovni vojni bombnikom ni uspelo povsem sesuti delovanja EES, ga bo pa morda z združenimi močmi delujočim novodobnim politikom, iskalcem profita za vsako ceno, sanjačem in okoljsko-religioznim verskim gorečnejšem.« Ljudi, in še zlasti mladino, pa izrabljajo v vlogi »koristnih bedakov«, kakor so to počele vse totalitaristične ideologije v zgodovini. Po principu »Aprés nous le deluge« – za nami potop.

Upam, da se motim, da sem pretiran pesimist, in da nas bo na koncu vendarle bodisi »srečala pamet« ali, da bo prišlo do ključnega tehnološkega preboja. Ni pa nujno. Do sedaj so še vse civilizacije, teh pa ni bilo malo, razen trenutne, propadle. Večinoma zaradi neracionalnih dogem in vztrajanju pri za družbo uničujočem vzorcu obnašanja (Jared Diamond, Propad civilizacij - Kako družbe izberejo pot do uspeha ali propada). Naj zaključim z naslednjim (Petermann, P., Bradke, H., Lüllmann, A., Poetzsch, M. in Riehm, U., 2008): »Eno ali dvotedenski razpad EES v naši moderni industrijski družbi tako trajno poškoduje (uniči) vse veje gospodarstva, da lahko računamo z družbenogospodarsko škodo, ki nas premakne gospodarsko 10 – 15 let nazaj... Govorimo lahko o obsegu reda svetovne vojne. Povsem brez uporabe konvencionalnega orožja pride do uničenja nacionalnega gospodarstva.



Slika 3: Za nami potop! Louis XV. je vedel za kaj gre, zavedeni demonstranti pa verjetno ne.

Vir: Wikipedia, 2022a

Literatura

- Comcast. (2018). What our tech habits reveal about the future of smart homes. Pridobljeno s <https://qz.com/1482503/what-our-tech-habits-reveal-about-the-future-of-smart-homes/>
- Hines, P. D. H., O'Hara, B., Cotilla-Sanchez, E. in Danforth, C. M. (2011). Cascading Failures: Extreme Properties of Large Blackouts in the Electric Grid. Pridobljeno s <https://ww2.amstat.org/mam/2011/essays/complexsystemsHines.pdf>
- Johnston, E. (2020). Japan's smart cities. Pridobljeno s <https://www.japantimes.co.jp/news/2020/06/04/national/smart-cities-questions/>
- Maloney, D. (2021). Black stars. Pridobljeno s <https://hackaday.com/2021/07/15/black-stars-how-the-grid-gets-restarted/>
- NASA. (2016). La notte del grande blackout. Pridobljeno s <http://air-radorama.blogspot.com/2016/09/fm-27-28-settembre-2003-la-notte-del.html>
- Palka, M. (2018). The Character Iceberg. Pridobljeno s <https://medium.com/@mattpalka/the-character-iceberg-c5ea1e210c5e>
- Petermann, P., Bradke, H., Lüllmann, A., Poetzsch, M. in Riehm, U. (2008). Hazards and vulnerability in modern societies – using the example of a large-scale outage in the electricity supply. Pridobljeno s <https://www.tab-beim-bundestag.de/en/publications/books/petermann-et-al-2011-141.html>
- Wikipedia. (2022). List of major power outages. Pridobljeno s https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_major_power_outages
- Wikipedia. (2022a). Louis XV. Pridobljeno s [Louis XV - Wikipedia](https://en.wikipedia.org/wiki/Louis_XV)
- Wikipedia. (2022b). Self-organized criticality. Pridobljeno s https://en.wikipedia.org/wiki/Self-organized_criticality