

Ekonomika jadrovej elektrárne s reaktorom EPR

¹ Vladimír GÁLL, ² Alexander MÉSZÁROS

^{1,2} Katedra elektroenergetiky, Fakulta elektrotechniky a informatiky,
Technická univerzita v Košiciach, Slovenska republika

¹ vladimir.gall@student.tuke.sk, ² alexander.meszaros@tuke.sk

Abstrakt — Príspevok sa zaoberá technológiou a ekonomikou jadrovej elektrárne s reaktorom EPR. Sú analyzované výhody a nevýhody jadrových elektrární a súčasne sa vysvetľuje ich príslušná technológia. V článku je uvedená metodika výpočtu ekonomickej efektívnosti aplikovaná na uvažovanú jadrovú elektráreň s reaktorom EPR a zároveň sa poukazuje na ekonomické výhody z výstavby veľkých jadrových elektrární. Výpočty ekonomickej efektívnosti boli riešené variantne pre rozdielne externé náklady. Ukazuje sa, že ekonomické výhody jadrových elektrární s reaktorom EPR sa prejavujú pri veľkom výkone, čo kladie zvýšený dôraz na operatívne riadenie elektrizačnej sústavy v poruchových stavoch.

Kľúčové slová — ekonomická efektívnosť; jadrová elektráreň; reaktor EPR; chladiivo; merné náklady na externalitu

I. ÚVOD

Elektrárne ako zdroje významným spôsobom ovplyvňujú hospodárnosť celej elektrizačnej sústavy [1] [2]. V súčasnosti v oblasti technológií elektrární prebieha rozsiahla diskusia. Z tohto hľadiska ako jeden z kľúčových technologických prelomov sa ukazuje rozvoj elektrární a energetických systémov. V skutočnosti je tento problém podstatne zložitejší, má viacero dimenzií a pravdepodobne ak chceme hovoriť o ekonomickej efektívnosti elektrární a energetickej stratégii, je potrebné poznať nové prístupy pri výrobe a spotrebe elektrickej energie a tiež musíme hovoriť o komplexných vzťahoch a súvislostiach medzi energetikou, ekonomikou, spoločnosťou a prírodou [3]. Použitie elektrickej energie koncom 19. storočia a začiatkom 20. storočia znamenalo obrovský posun, a to jednak v rovine dostupnosti elektrickej energie, a jednak v systémovej aplikácii elektrickej energie na infraštruktúru, produkciu, spotrebu a fungovanie celej spoločnosti. Zároveň je nevyhnutné pripomenúť, že použitie elektrickej energie znamenalo obrovské posilnenie firiem, ktoré poskytovali energetické zdroje. Ak v 19. storočí a na začiatku 20. storočia boli dominantnými zdrojmi suroviny najmä na báze uhlia, postupne sa dostávali do popredia ropa a zemný plyn, ako kľúčové energetické zdroje. S tým súviselo aj posilnenie firiem, ktoré ovládali tieto energetické zdroje a ich obrovskú dominanciu vnútri spoločnosti buď v rámci krajín alebo s cieľom dosiahnutia globálneho vplyvu [4]. Energetika samotná, aj bez ohľadu na zmenu prírodných podmienok, prechádza rôznymi fázami vývoja, ovplyvnenými vedecko-technickým pokrokom, prírodnými podmienkami v jednotlivých lokalitách, stavov zásob energetických surovín v jednotlivých krajinách a podobne. Kým v päťdesiatych a šesťdesiatych rokoch sa hlavným zdrojom na produkciu elektrickej energie javila jadrová energetika, postupne sa vo väzbe na sériu veľkých katastrof jadrových systémov, ako boli katastrofy Three Mile Island v USA (28. 3. 1979), v Černobyle (26. 4. 1986) a vo Fukušime (11. 3. 2011), sa zvýšila neistota a nedôvera verejnosti k jadrovej energetike. Zároveň uhlie ako zdroj energie sa považuje pri súčasnej technológii do budúcnosti za nevyhovujúce z hľadiska produkcie emisií a znečistenia, v nadväznosti na zmeny prírodných podmienok, hlavne v súvislosti s očakávaným ďalším nárastom teploty na planéte. S tým súvisí aj nový rozvoj alternatívnych energetických zdrojov a do popredia sa dostávajú nové obnoviteľné a alternatívne energetické zdroje, u ktorých sa predpokladá, že zabezpečia energetické potreby spoločnosti dlhodobo. Solárna energia, biomasa, biopalivá, fotovoltika, veterná energia a niektoré ďalšie druhy energetických zdrojov, ako sú prílivové elektrárne a podobne, ktoré by boli nie fosílné. V skutočnosti veľkým hýbateľom vo väzbe na tieto zdroje bolo predovšetkým zníženie energetickej závislosti od niektorých kľúčových svetových producentov, ako sú arabské krajiny alebo Rusko, zároveň vytvárajú možnosť získavania energie na ktoromkoľvek mieste. Je snaha vytvoriť možnú novú generáciu energetických zdrojov menej závislých od prírodných podmienok. Rozvoj veternej a solárnej energie bol prvou fázou vývoja. Už v tejto fáze sa však ukázalo niekoľko zásadných limitov [3].

Po prvé, veľa štúdií jasne ukazuje, že alternatívne zdroje nedokážu v súčasnej podobe nahradiť fosilné palivá a tradičné zdroje energie, a to ani do roku 2050, či 2060 [5]. Po druhé, existuje štúdia Európskej únie, podľa ktorej reálna možnosť nahradiť súčasnú jadrovú energiu v podmienkach Európskej únie alternatívnymi zdrojmi je možná až po roku 2050 [3]. Zároveň je tu vývoj smerujúci k tzv. mini nuke reaktorom, to znamená k malým nukleárnym reaktorom zabezpečujúcim energetické potreby pre menšie mestá s 50000 až 100000 obyvateľmi, čo znamená lokalizáciu energetických zdrojov [6] [7]. Po tretie, aby bola zabezpečená návratnosť alternatívnych energetických zdrojov, bolo nutné radikálnym spôsobom zvyšovať nákupnú cenu takto vyrábanej elektrickej energie a tú, nanešťastie premietiť do cien energie a to bez ohľadu na dopad liberalizácie trhu v Európskej únii, ktorý mal smerovať k zníženiu cien energie pre koncových užívateľov [3]. Zároveň liberalizácia cenovej politiky v oblasti energetiky dlhé roky viedla nie k posilneniu a budovaniu nových zdrojov, ale k cenovej vojne, ktorá viedla späť k obmedzeniu počtu poskytovateľov služieb. V konečnom dôsledku prežili iba tí, ktorí mali rozsiahle finančné zázemie. V čase cenových vojen však väčšina energetických firiem zastavila investovanie do nových energetických zdrojov, do rekonštrukcie prenosových vedení a podobne. Znamená to, že dlh v týchto energetických systémoch v Európskej únii prevyšuje $1,5 \cdot 10^{12}$ € [7].

II. ČASTI JADROVÉHO REAKTORA

Väčšina štípných reaktorov obsahuje nasledujúce časti: aktívna zóna, chladiivo, radiácie tyče a moderátor. Aktívna zóna je vytvorená zo zväzkov palivových tyčí, ktoré obsahujú pelety z oxidu uránu. Pokiaľ počet zväzkov palivových tyčí dosahuje kritickú hmotnosť, až potom začína reťazová reakcia, jednotlivé palivové zväzky neobsahujú dostatočné palivo na začatie reťazovej reakcie. Chladiivo, plynne alebo kvapalné, prúdi cez aktívnu zónu a odvádza teplo zo štípanej reakcie. Chladiivo neprichádza do kontaktu s používaným palivom, pretože samotný rádioaktívny materiál je hermeticky uzavretý v palivových tyčiach. Reťazová reakcia je riadená pomocou radiacích tyčí, ktoré sú zasúvané do aktívnej zóny a sú vytvorené z materiálu, ktorý ľahko absorbuje neutróny. Tieto tyče sú väčšinou valce alebo dosky z kovu (bórovej ocele alebo kadmia) umiestnené vo vnútri palivovej zostavy. Poloha radiacích tyčí umožňuje reťazovú reakciu spomaliť alebo úplne zastaviť. To umožňuje produkovať teplo zo štípanej reakcie v požadovanom rozsahu alebo zastaviť produkovanie tepla v reaktore úplne. Moderátor je materiál v aktívnej zóne, ktorý slúži na spomalenie neutrónov, ak sa objavia z rozštiepených atómov. To je potrebné, pretože neutróny ak sa pohybujú príliš rýchlo sú ťažšie zachytené a nespôsobujú viac štípných reakcií. Ako moderátor sú obvyčajne použité grafit, voda a ťažká voda. Reaktor je zvyčajne umiestnený v ochrannej obálke, ktorá obsahuje tienenie. Tienenie obklopuje časti reaktora, aby sa zabránilo rádioaktívnemu úniku do okolia. Blok jadrovej elektrárne v podstate pozostáva zo štípného reaktora, z jednotlivých chladiacich slučiek, z turbogenerátora, a kondenzátora. Kritická hmotnosť a usporiadanie reaktora závisí od viacerých faktorov ako sú geometria palivových článkov, čistota štípného materiálu, parogenerátor na odvedenie tepelnej energie z reaktora a kontrolné mechanizmy [8].

III. EPR REAKTOR A JEHO EKONOMIKA

Vývoj jadrových reaktorov je orientovaný na jadrovú bezpečnosť a ekonomiku prevádzky. Z ekonomického hľadiska je podiel nákladov na vývoj nového reaktora taký vysoký, že ich návratnosť sa prejaví až po výstavbe viacerých blokov rovnakého typu. Zároveň najväčšiu položku v náraste nákladov pri vývoji tvoria bezpečnostné systémy zamerané na zníženie pravdepodobnosti tavenia aktívnej zóny a na prípad riešenia ťažkých havárií. V súčasnosti sa javia najperspektívnejšie VVER-640/V407, VVER-1200, ALLEGRO a EPR (Európsky tlakovodný reaktor). Reaktor EPR bol vyvinutý v spolupráci Francúzska a Nemecka. Je to zdokonalená koncepciu reaktora PWR, kde boli implementované najnovšie revolučné technologické riešenia pre zabezpečenie maximálnej bezpečnosti. Aktívna zóna EPR obsahuje 241 palivových kaziet (typ 17 x 17) s maximálnym obohatením 4,9 % ^{235}U . Dĺžka palivovej kampane je 24 mesiacov [1] [9] [10]. Celková pravdepodobnosť tavenia aktívnej zóny reaktora je menšia ako 10^{-5} na rok. Prevádzka jadrovej elektrárne typu EPR je odporúčaná v rozmedzí 60 % až 100 % nominálneho tepelného výkonu. Plánovaná životnosť elektrárne je minimálne 40 rokov (prípadne 60 rokov pre nevymeniteľné časti). Bezpečnostné systémy sú rozdelené do štyroch nezávislých trás, ktoré sú umiestnené v oddelených častiach budov v dôsledku minimalizovania interných rizík. Tento princíp je použitý pri elektrických, radiacích a kontrolných častiach ochranných systémov [11] [12]. Pri výbere a návrhu konkrétneho projektu pre výstavbu elektrárne predpokladáme, že ročné výrobné náklady N_v pozostávajú zo stálej zložky N_{st} a zároveň z pohyblivej zložky N_{po} .

$$N_v = N_{st} + N_{po} \quad (1)$$

Stálu zložku N_{st} , ktorá nezávisí od množstva vyrobenej elektrickej energie si môžeme vyjadriť ako

$$N_{st} = k N_i \quad (2)$$

kde k je ročná kvóta. Investičné náklady N_i vypočítame ako

$$N_i = {}_1N_i P_m \quad (3)$$

kde ${}_1N_i$ sú merné investičné náklady elektrárne na jednotku výkonu a P_m je výkon elektrárne. Ročná kvóta k sa vypočíta podľa nasledujúceho zápisu

$$k = a_{Tz} + k' = a_{Tz} + p_u + p_{mz} + p_{ost} = \frac{q^{Tz} (q - 1)}{q^{Tz} - 1} + p_u + p_{mz} + p_{ost} \quad (4)$$

kde a_{Tz} je pomerná anuita počítaná pre čas životnosti T_z , k' sú pomerné stále prevádzkové náklady, p_u sú pomerné náklady na údržbu, p_{mz} sú pomerné náklady na mzdy pracovníkov, p_{ost} sú ostatné stále pomerné náklady a q je činiteľ času. Pohyblivá zložka N_{po} závisí od množstva vyrobenej elektrickej energie A za jeden rok

$$N_{po} = n_{elpo} A = n_{elpo} P_m \tau \quad (5)$$

kde τ je čas využitia maximálneho výkonu. Náklady na jednotku vyrobenej elektrickej energie z elektrárne n_{elpo} vypočítame ako súčet merných pohyblivých nákladov n_{po} a merných nákladov na externalitu n_{ex} .

$$n_{elpo} = n_{po} + n_{ex} \quad (6)$$

Pre jednotlivé elektrárne je potrebné posúdiť minimálne a maximálne hodnoty merných nákladov na externalitu n_{ex} , pretože ich výška sa počas životnosti elektrárne môže meniť.

Tabuľka 1
 Základné technické parametre reaktora EPR

Parameter	EPR
Tepelný výkon (MW)	4900
Elektrický výkon (MW)	1650
Počet slučiek primárneho okruhu	4
Počet palivových kaziet v aktívnej zóne	241
Spôsob usporiadania paliva v aktívnej zóne	(17x17)-25
Aktívna dĺžka paliva (mm)	4200
Celková dĺžka palivových kaziet (mm)	4800
Lineárne výkonové zaťaženie palivového prútika ($W \cdot cm^{-1}$)	178,6
Počet regulačných kaziet	89
Prietok chladiva cez aktívnu zónu ($kg \cdot s^{-1}$)	23148
Teplota na výstupe z reaktora ($^{\circ}C$)	330,2
Teplota na vstupe do reaktora ($^{\circ}C$)	292,8
Teplovýmenná plocha parogenerátora (m^2)	8171
Tlak pary (MPa)	7,46

Tabuľka 2
 Vstupné ekonomické parametre

Názov parametra	Parameter	Hodnota
Ročná kvóta	k (rok^{-1})	0,1
Pomerná anuita	a_{Tz} (rok^{-1})	0,032353396
Čas životnosti	T_z (rok)	60
Pomerné stále prevádzkové náklady	k' (rok^{-1})	0,067646604
Pomerné náklady na údržbu	p_u (rok^{-1})	0,033
Pomerné náklady na mzdy	p_{mz} (rok^{-1})	0,027646604
Ostatné stále pomerné náklady	p_{ost} (rok^{-1})	0,007
Činiteľ času	q (-)	1,025
Merné investičné náklady	${}_1N_i$ ($€ kW^{-1}$)	7200
Inštalovaný výkon	P_m (kW)	1650000
Čas využitia maximálneho výkonu	τ ($h rok^{-1}$)	8000
Pohyblivé náklady	n_{po} ($€ kWh^{-1}$)	0,007
Minimálna hodnota merných nákladov na externalitu	$Min n_{ex}$ ($€ kWh^{-1}$)	0,00001
Maximálna hodnota merných nákladov na externalitu	$Max n_{ex}$ ($€ kWh^{-1}$)	0,007

Z údajov podľa tabuliek 1 a 2 sme získali závislosť ročných výrobných nákladov N_v od množstva tejto energie A za jeden rok. Návrh je závislý od množstva energie A , ktorú potrebujeme vyrobiť, od času využitia maximálneho výkonu τ a od pásma, v ktorom elektrárne pracuje.

$$N_v = N_{st} + N_{po} \quad (7)$$

$$N_v = k N_i + n_{elpo} A \quad (8)$$

$$N_v = k N_i + (n_{po} + n_{ex}) A \quad (9)$$

Ak predelíme rovnicu pre ročné výrobné náklady N_v množstvom energie A získame rovnicu pre merné náklady na výrobu n_v .

$$n_v = \frac{k N_i}{A} + n_{elpo} \quad (10)$$

$$n_v = \frac{k N_i}{A} + (n_{po} + n_{ex}) \quad (11)$$

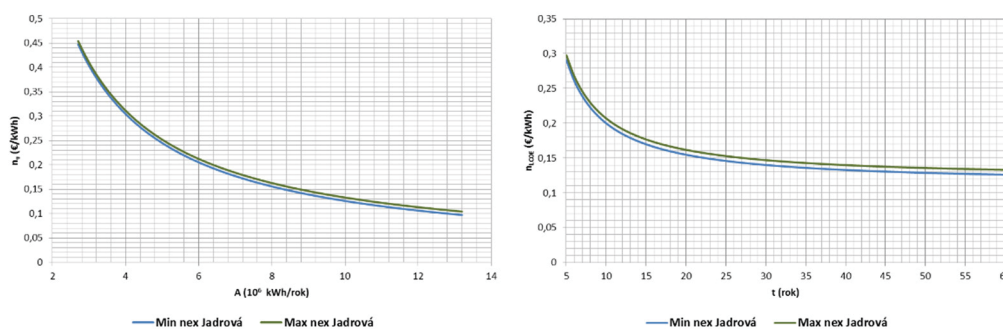
Za predpokladu konštantných ročných výrobných nákladov elektrárne, alebo uvažovaním ich priemernej ročnej hodnoty, možno vyjadriť súčasnú hodnotu výrobných nákladov počas jej predpokladanej životnosti. Ekonomicky najvýhodnejší je samozrejme ten projekt, ktorého súčasné náklady N_{PWC} sú najnižšie.

$$N_{PWC} = N_i + \sum_{t=1}^{T_z} N_{vt} q^{-t} \quad (12)$$

Pomocou metódy súčasných nákladov N_{PWC} môžeme definovať tzv. úrovňové náklady n_{LCOE} . Táto metóda vypočítava aktualizované merné náklady na elektrickú energiu vyrobenú v rôznych elektrárňach ako zdrojoch. Jedná sa o posúdenie investičných nákladov N_i a priemerných ročných výrobných nákladov N_v počas životnosti T_z , predelené priemerným a aktualizovaným množstvom vyrobenej elektrickej energie A počas životnosti T_z . Touto metódou možno určiť minimálne náklady, za ktoré sa musí elektrická energia predať v záujme výnosnosti projektu.

$$n_{LCOE} = \frac{N_i + \sum_{t=1}^{T_z} N_{vt} q^{-t}}{\sum_{t=1}^{T_z} A_t q^{-t}} \quad (13)$$

Na nasledujúcich obrázkoch 1 sú ukázané merné náklady n_v v závislosti od množstva energie A a úrovňové náklady n_{LCOE} v závislosti od času t až po dobu životnosti T_z ak uvažujeme minimálne a maximálne merné náklady na externalitu n_{ex} s činiteľom času $q = 1,025$ [13] [14].



Obr. 1 Merné náklady n_v v závislosti od množstva energie A a úrovňové náklady n_{LCOE} závislosti od času t

Pokiaľ potrebujeme použiť ziskové metódy, okrem výrobných nákladov elektrárne je potrebné vypočítať ročný príjem z predaja elektriny, to znamená Cash flow na jeden rok C_{CF} . Ročný príjem C_{CF} určíme ako rozdiel ročných tržieb C_v a ročných nákladov N_v podľa nasledujúcej rovnice

$$C_{CF} = C_v - N_v \quad (14)$$

$$C_{CF} = c_{st} P_m + c_{po} A - N_v = c_{st} P_m + c_{po} \tau P_m - N_v \quad (15)$$

$$C_{CF} = \left(\frac{c_{st}}{\tau} + c_{po} \right) A - N_v = \left(\frac{c_{st}}{\tau} + c_{po} \right) \tau P_m - N_v \quad (16)$$

kde P_m je maximálny výkon, A je energia, τ je čas využitia maximálneho výkonu, c_{st} je stála zložka platby za elektrickú energiu a c_{po} je pohyblivá zložka platby za elektrickú energiu. V nasledujúcej tabuľke 3 sú uvedené ročné tržby C_v , ročné náklady N_v a ročné príjmy C_{CF} ak uvažujeme minimálne a maximálne náklady na externalitu n_{ex} .

Pri určení ročného príjmu C_{CF} sme uvažovali stálu zložku platby za elektrickú energiu $c_{st} = 0 \text{ € kWh}^{-1}$ a pohyblivú zložku platby za elektrickú energiu $c_{po} = 0,16 \text{ € kWh}^{-1}$ (čiže stálu zložku platby sme zanedbali).

Tabuľka 3
 Ročné tržby C_v , ročné náklady N_v a ročný príjem C_{CF}

$C_v (\text{€ rok}^{-1})$	-	2112000000
$N_v (\text{€ rok}^{-1})$	Min n_{ex}	1280532000
$N_v (\text{€ rok}^{-1})$	Max n_{ex}	1372800000
$C_{CF} (\text{€ rok}^{-1})$	Min n_{ex}	831468000
$C_{CF} (\text{€ rok}^{-1})$	Max n_{ex}	739200000

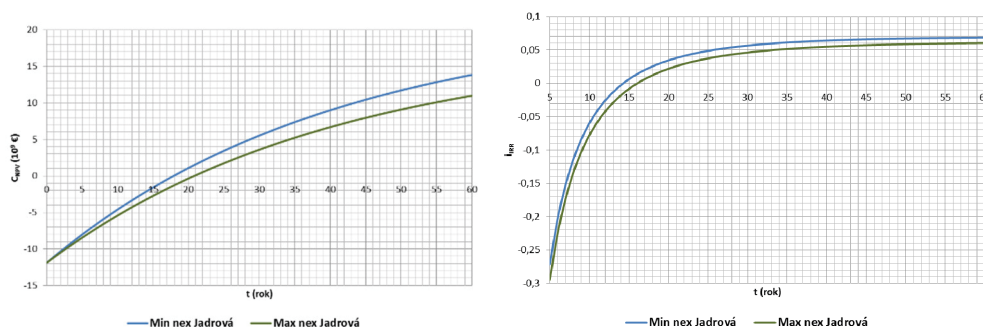
Čistá súčasná hodnota C_{NPV} podáva absolútny výsledok o výhodnosti investície. Odporúča sa ako základná metóda hodnotenia efektívnosti investícií. Jej podstatou je porovnanie všetkých nákladov a prínosov vyplývajúcich z realizácie príslušného investičného projektu. Na strane nákladov sa kalkuluje tak s investičnými, ako aj s prevádzkovými nákladmi. Kalkulácia všetkých prínosov investície C_{CF} je niekedy problematická, čo súvisí hlavne s otázkou ich ocenenia.

$$C_{NPV} = \sum_{t=1}^{T_z} C_{CFt} q^{-t} - N_i = C_P - N_i \quad (17)$$

Metóda vnútorné výnosové percento i_{IRR} považuje za efekt z investície peňažný príjem z projektu a rešpektuje časové hľadisko. Zároveň táto metóda predstavuje takú úroveň očakávanej výnosnosti, pri ktorej súčasná hodnota toku peňažných príjmov z projektu je rovná investičným nákladom N_i . Zoberme do úvahy pohľad na priebeh čistej súčasnej hodnoty C_{NPV} pre taký prípad, keď sa čistá súčasná hodnota C_{NPV} projektu rovná nule. Z tohto pohľadu ide vlastne o hľadanie percenta očakávanej výnosnosti i_{IRR} , pri ktorej projekt dosahuje prahovú hodnotu. Nasledujúci vzťah hľadá hodnotu vnútorného výnosového percenta i_{IRR} (v pomernej hodnote), pri ktorej čistá súčasná hodnota C_{NPV} toku očakávaných príjmov z investície sa rovná hodnote nákladov na investíciu N_i , podľa vzťahu

$$N_i = \sum_{t=1}^{T_z} C_{CFt} q_{IRR}^{-t} = \sum_{t=1}^{T_z} C_{CFt} (1 + i_{IRR})^{-t} \quad (18)$$

Na nasledujúcich obrázkoch 2 je ukázaná čistá súčasná hodnota investície C_{NPV} v závislosti od času t až po dobu životnosti T_z s činiteľom času $q = 1,025$ a vnútorné výnosové percento i_{IRR} (v pomernej hodnote) v závislosti od času t až po dobu životnosti T_z ak uvažujeme minimálne a maximálne merné náklady na externalitu n_{ex} [13] [14].



Obr. 2 Čistá súčasná hodnota investície C_{NPV} a vnútorné výnosové percento i_{IRR} v závislosti od času t

IV. DISKUSIA K DOSIAHNUTÝM VÝSLEDKOM

Ak jadrová elektráreň s reaktorom EPR s výkonom $P_m = 1,65 \cdot 10^6 \text{ kW}$ pracuje s časom využitia maxima $\tau = 8000 \text{ h rok}^{-1}$, množstvo vyrobenej elektrickej energie je $A = 1,32 \cdot 10^{10} \text{ kWh rok}^{-1}$. Pre toto množstvo elektrickej energie A pri minimálnych merných nákladoch na externalitu n_{ex} dosahujú merné náklady $n_v = 0,09701 \text{ € kWh}^{-1}$. Pri maximálnych merných nákladoch na externalitu n_{ex} dosahujú merné náklady $n_v = 0,104 \text{ € kWh}^{-1}$. Ak uvažujeme so životnosťou $T_z = 60$ rokov a činiteľom času $q = 1,025$ pri minimálnych merných nákladoch na externalitu n_{ex} sú úrovňové náklady $n_{LCOE} = 0,12613 \text{ € kWh}^{-1}$, súčasná hodnota investície $C_{NPV} = 1,382 \cdot 10^{10} \text{ €}$. Pri

maximálnych merných nákladoch na externalitu n_{ex} zistíme úrovňové náklady $n_{LCOE} = 0,13312 \text{ € kWh}^{-1}$, súčasná hodnota investície $C_{NPV} = 1,097 \cdot 10^{10} \text{ €}$. Ak uvažujeme so životnosťou $T_z = 60$ rokov pri minimálnych merných nákladoch na externalitu n_{ex} dosahuje vnútorné výnosové percento $i_{IRR} = 0,06869$. Pri maximálnych merných nákladoch na externalitu n_{ex} dosahuje vnútorné výnosové percento $i_{IRR} = 0,06038$.

ZÁVER

Súčasný rýchly proces premien sveta okolo nás sa premieta do zmien v samotnom pohľade na príčiny, dôsledky, ale aj celý mechanizmus fungovania ekonomiky a spoločnosti. Svetová ekonomika v posledných rokoch mení zaužívané postupy a zasahuje do všetkých oblastí spoločenského života nielen pozitívne, ale aj negatívne. S cieľom zabezpečiť ekonomický rast, rastú požiadavky na výrobu a služby, surovínové a energetické zdroje. Obrovské protiklady, kumulácia pôsobiacich faktorov, rovnako aj otázka morálneho hazardu, privatizácia ziskov, socializácia strát, príjmová polarizácia, nová úroveň spájania geopolitiky a ekonomiky predstavujú veľkú výzvu z morálno-etického hľadiska tak pre vedu, ako aj pre bežného občana. Stále viac sa príjmová polarizácia stáva nielen fenoménom spoločnosti ako celku, zároveň je výrazným spôsobom prehlbovaná vo väzbe na príjmovú polarizáciu v jednotlivých teritóriách. V súčasnosti sa už často stretávame aj s pojmom energetická chudoba, ale rozhodujúca už je aj schopnosť vitálneho prežitia v jednotlivých teritóriách. Množstvo tvrdení, polopráv, ale aj účelových a skreslených vysvetlení komplikuje možnosť zorientovať sa v tomto svete, pričom zlyhávajú tradičné parciálne postupy [3].

Zároveň je tu aj rastúce znepokojenie verejnosti, pokiaľ ide o rozsah, v akom sú výskumné fondy sústredené na jadrové štiepne reaktory a dôsledky rozsiahleho užívania jadrového štiepenia ako zdroja pre výrobu elektrickej energie. Toto znepokojenie obsahuje riziká, špeciálne možnosť viacerých vážnych nehôd reaktorov, ťažkosti so zabezpečením štiepných materiálov použitých v reaktore a stále je potrebné riešiť otázku dlhodobého uskladnenia rádioaktívneho odpadu. Pravdepodobnosť technologického zlyhania, zemetrasenia a nepredvídaných prírodných katastrof a ľudskej činnosti od neopatrnosti až po úmyselné poškodenie sa javí byť obzvlášť významné pre jadrové energetické systémy. Kvôli následkom pre človeka ako aj prírodu z uvoľnenia rádioaktívnych látok, jadrové štiepenie považuje mnoho ľudí za riskantný spôsob pre výrobu elektrickej energie. Mimoriadna bezpečnosť a spoľahlivé systémy kontroly reaktora sú požadované aby sa zaistilo verejné akceptovanie jadrových štiepných reaktorov [8] [15]. Avšak jadrové štiepenie má podstatné výhody oproti ostatným zdrojom energie. Jadrová elektrárň neprodukuje emisie a znečistenie ako elektrárne na fosílné palivá. V prípade paliva do jadrovej elektrárne sú menšie požiadavky na ťažbu a tak je možné dosiahnuť menšie narušenie prírodného prostredia. Podpora verejnosti sa však zhoršuje, pretože mnohí otvorení oponenti vyjadrili svoj názor na verejnosť, ktorá sa usiluje o dosiahnutie dostatočného množstva energie, ale zároveň neovplyvňuje prírodné prostredie [15] [16].

POĎAKOVANIE

Tento príspevok vznikol vďaka podpore Vedeckej grantovej agentúry Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky a Slovenskej akadémie vied VEGA 1/0132/15 a VEGA 1/0372/18.

LITERATÚRA

- [1] M. Kolcun, L. Beňa, A. Mészáros, "Optimalizácia prevádzky elektrizačnej sústavy", Technická univerzita Košice, 2009, ISBN 978-80-553-0323-9
- [2] A. Mészáros, "Ekonomika elektroenergetiky", Technická univerzita Košice, 2013, ISBN 978-80-553-1512-6
- [3] P. Staněk, P. Ivanová, "Súčasná tendencie ekonomickej globalizácie", Bratislava 2015, ISBN 978-80-970135-7-8
- [4] P. Staněk, D. Doliak, P. Ivanová, "Globálne zdroje hrozba alebo šanca", Bratislava 2017, ISBN 978-80-8168-676-4
- [5] P. Staněk, P. Ivanová, "Spoločnosť 5.0 ekonomika budúcnosti", Bratislava 2017, ISBN 978-80-8168-678-8
- [6] P. Staněk, P. Ivanová, "Štvrtá priemyselná revolúcia a piaty civilizačný zlom", Bratislava 2016, ISBN 978-80-970135-8-5
- [7] P. Staněk, P. Ivanová, "Európska únia na križovatke postrehy a inšpirujúce riešenia", Bratislava 2016, ISBN 978-80-8168-482-1
- [8] C. R. Dorf, "Energy, resources and policy", Addison Wesley Publishing Company Inc., 1978, ISBN 0-201-01673-7
- [9] V. Slugeň, M. Florek, P. Uhrík, J. Markuš, J. Tomek, "Jadrové zariadenia, jadrová bezpečnosť", Slovenská nukleárna spoločnosť, Trnava, 2009
- [10] <http://www.orano.group/#section-edito>
- [11] S. Raju M. V. Ramana, "Cost of Electricity from the Jaitapur Nuclear Power Plant", 2013
- [12] U. Mast, P. Y. Le Carrer "The EPR layout design"
- [13] A. Mészáros, "Ekonomika elektroenergetiky", Technická univerzita Košice, 2013, ISBN 978-80-553-1512-6
- [14] "Cost report, cost and performance data for power generation technologies", 2012
- [15] N. Bocard, "The Cost of Nuclear Electricity: France after Fukushima", 2013
- [16] S. Thomas, "The EPR in Crisis", University of Greenwich, London, 2010