

Ekonomická analýza fotovoltaických elektrární podľa inštalovaného výkonu

Peter Tauš¹ a Marcela Taušová

Economical analysis of FV power plants according installed performance

According prognosis of future development of power capacities in Slovakia till 2030 there is assumed increasing of the electrical energy volume, produced from renewable energy sources from present 260 MW approximately to 2100 MW (Petrovič, 2008), that presents almost 800 % increasing! In Slovakia position of photovoltaic in this sector was due to the high investment cost and on the last place due to the low system efficiency. Only possible way for implementation of the photovoltaic to the energetic system of the state is 0donation. Slovakia will go this way also.

Key words: Photovoltaics power plant, Economical analysis, investment profitability

Úvod

Podľa Výnosu Úradu pre reguláciu sieťových odvetví č. 2/2008, ktorým sa ustanovujú postup a podmienky regulácie ceny, podklady a spôsob predkladania návrhu ceny v elektroenergetike, ktorý je v pripomienkovom konaní, sa Slovensko navrhovanými opatreniami, z ktorých jedným je výkupná cena elektrickej energie vyrobenej zo solárnej energie na úrovni 14 až 18,- Sk za kWh, garantovaná po dobu 12 rokov od spustenia elektrárne do prevádzky, približuje štandardu štátov EÚ.

Po zverejnení plánovaných opatrení v oblasti výkupu elektrickej energie enormne vzrástol záujem investorov o výstavbu fotovoltaických (FV) elektrární. Samozrejme, najdôležitejším ukazovateľom pre investora je návratnosť vloženéj investície a s tým súvisiaca výška zisku v dlhodobom horizonte. Cieľom príspevku je ekonomické posúdenie výstavby FV elektrárne v troch výkonových variantoch, v prípade podnikania bez dotácie od štátu a v prípade dotácie vo výške 50 %. Uvedené varianty sú analyzované pre vybrané lokality na Slovensku podľa množstva elektrickej energie, ktorú daný variant FV elektrárne dokáže v mieste výstavby vyrobiť.

Aktuálna situácia na trhu s elektrickou energiou

Výrobu elektrickej energie na Slovensku zabezpečujú predovšetkým jadrové a tepelné elektrárne, zvyšok sa vyrába vo vodných elektrárnach. Podiel uvedených zariadení na celkovej výrobe bol v roku 2006 nasledovný – jadrové 58 %, tepelné 28 % a vodné elektrárne 14 %. Obnoviteľné zdroje energie (OZE) na Slovensku v tomto sektore sú zastúpené v minimálnej miere (Imriš, Horbaj, 2002). Prognóza budúceho vývoja elektrárenských kapacít do roku 2030 podľa MH SR však ráta so scenárom uvedeným v tab. 1.

Tab. 1. Prognóza budúceho vývoja elektrárenských kapacít na Slovensku do roku 2030.

Tab. 1. Prognosis of future development of power plant capacities in Slovakia till the year 2030.

Typ elektrárne	Plánované výkony [MW]					
	Rok					
	2010	2013	2015	2020	2025	2030
Jadrové elektrárne	164	1106	1106	1106	2306	2306
Tepelné el. a kogenerácia	142	204	412	1132	1612	1642
Obnoviteľné zdroje	263	566	700	1000	1400	2100
PVE Ipeľ				600	600	600
Spolu	569	1876	2218	3838	5918	6648

Súčasnú zastúpenie OZE odráža vysoké výkonové ceny elektrickej energie vyrobenej takýmito technológiami. Najvyššie výkonové ceny pritom vykazujú FV elektrárne vzhľadom k najnižšej účinnosti tejto technológie v porovnaní s ostatnými, ktorá je pri technológiách používaných v súčasnosti 14 %! Túto jej

¹ Ing. Peter Tauš, Ing. Marcela Taušová, TU v Košiciach, F BERG, Ústav podnikania a manažmentu, Park Komenského 19, 042 00 Košice, peter.taus@tuke.sk, marcela.tausova@tuke.sk
(Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 13. 3. 2009)

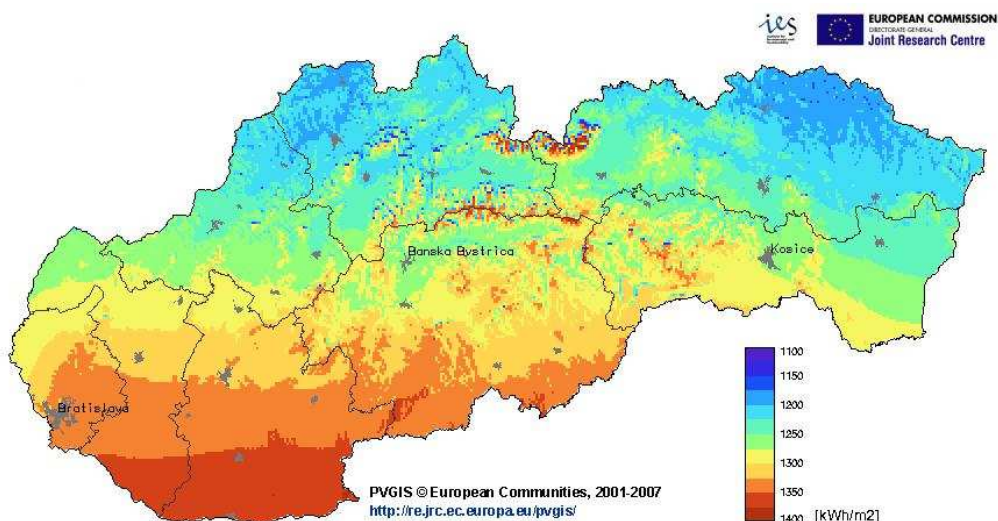
energetikmi nazývanú temnú stránku však na druhej strane vyvažuje skutočnosť, že sa jedná o technológiu čistú, teda neproduktujúcu pri výrobe elektrickej energie žiadne škodliviny, technológiu bezobslužnú (s výnimkou bežných pravidelných údržbárskych činností) a v prípade použitia statických FV panelov aj technológiu bez akýchkoľvek pohyblivých častí! Navyše, životnosť FV elektrárne garantujú dodávatelia po dobu minimálne 25 rokov!

Všetky uvedené pozitíva spôsobili, že vyspelé svetové krajiny sa vydali jedinou možnou cestou, ako využívať tieto technológie vo veľkom – cestou dotácií. Slovensko sa pripravovanými zmenami v energetickej legislatíve, zdá sa, taktiež konečne vydalo touto cestou.

Predmet analýzy

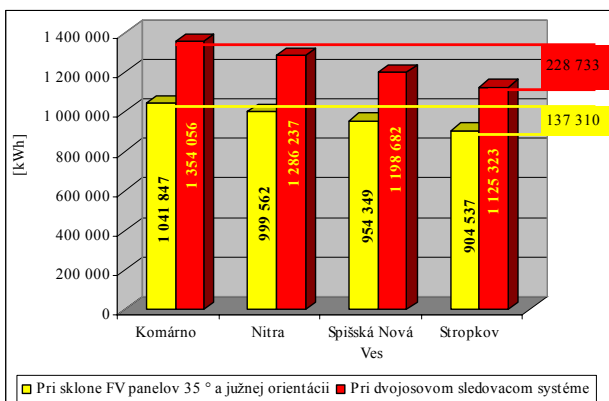
V predmetnej analýze boli posudzované investičné zámery vybudovania FV elektrární s plánovaným inštalovaným výkonom 980 kWp, 720 kWp a 523 kWp. Všetky tri varianty boli posudzované pre vybrané miesta inštalácie podľa dát o ich predpokladaných solárnych ziskoch [3].

Z mapy solárnych ziskov znázornených na obr. 1 je vidieť, že na Slovensku tieto kolíšu v rozmedzí 1100 až 1400 kWh.m⁻² pri optimálnom sklone FV panelov. Úlohou tejto štúdie bolo posúdiť, aký vplyv má miesto inštalácie FV elektrárne a teda rozdiel energetických ziskov na efektívnosť investícií pre jednotlivé varianty.



Obr. 1. Ročná suma globálneho slnečného žiarenia prijatého FV panelom s optimálnou inklináciou.
Fig. 1. Annual sum of global solar radiation received by optimally-inclined PV modules.

Z dát získaných z [3] sme vytvorili zostupný zoznam miest SR podľa množstva energie získanej FV panelmi pri optimálnom sklone pre statické FV pole, ako aj pre FV panely natáčané za slnkom dvojosovými natáčacími zariadeniami. Postupnosť miest je uvedená v tab. 2. Zo všetkých miest boli vybrané štyri modelové mestá – Komárno, Nitra, Spišská Nová Ves a Stropkov. Kritérium výberu bolo jednoduché – mesto s najvyšším a najnižším solárnym príkonom a dve mestá rovnako výkonovo vzdialené od prvého a posledného.



Ako vstupné údaje pre ekonomickú analýzu slúžili priemerné ročné energetické zisky jednotlivých elektrární, následne prepočítané na výnosy v SK. Z týchto sme zostavili graf, ktorý názorne ukazuje rozdiely ročných výnosov medzi vybranými lokalitami. Ako modelový príklad uvádzame výsledky pre elektrárňu s inštalovaným výkonom 980 kWp v grafickej podobe.

Obr. 2. Priemerná ročná množstvo elektrickej energie vyrobenej FV elektrárnou s inštalovaným výkonom 980 kWp vo vybraných lokalitách.
Fig. 2. Average annual volume of electric energy produced by PV power plant with installed performance 980 kWp in selected regions (towns).

Tab. 2. Priemerné ročné množstvo elektrickej energie vyrobenej FV elektrárnou s inštalovaným výkonom 980 kWp [kWh].
Tab. 2. Average annual volume of electric energy produced by PV power plant with installed performance 980 kWp [kWh].

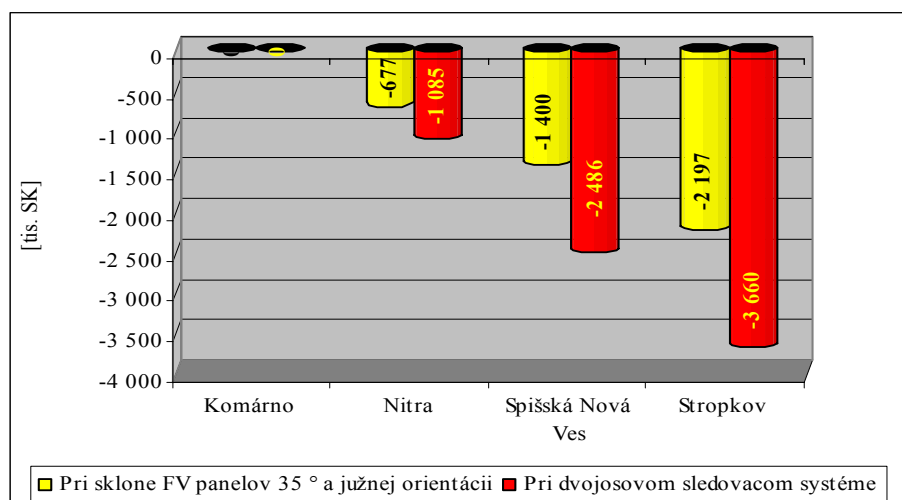
Mesto	1)	2)	Mesto	1)	2)	Mesto	1)	2)
1. Komárno	1041847	1354056	25. Malacky	985399	1266680	49. Kežmarok	943303	1161410
2. Štúrovo	1033384	1336624	26. Detva	976156	1228994	50. Michalovce	941472	1190403
3. Kolárovo	1032365	1338400	27. Topoľčany	975010	1244649	51. Liptovský Mikuláš	938418	1171686
4. Šamorín	1029060	1337899	28. Piešťany	972354	1236986	52. Trenčín	937085	1173995
5. Dunajská Streda	1028464	1334843	29. Rožňava	971744	1218872	53. Prešov	935113	1170585
6. Nové Zámky	1026718	1328258	30. Senica	968412	1239925	54. Ružomberok	932002	1153496
7. Senec	1019765	1324274	31. Partizánske	966326	1228285	55. Nová Dubnica	931999	1170303
8. Šurany	1018494	1316875	32. Myjava	964648	1216096	56. Dubnica nad Váhom	931586	1172916
9. Bratislava	1016903	1304791	33. Košice	962488	1217271	57. Sabinov	930108	1155100
10. Šaľa	1014910	1311973	34. Zvolen	961181	1212110	58. Martin	929657	1149107
11. Galanta	1014093	1312283	35. Žiar nad Hronom	961088	1206967	59. Vranov	929587	1165754
12. Banská Bystrica	1013608	1266570	36. Levoča	960183	1204150	60. Stará Ľubovňa	928603	1155744
13. Banská Štiavnica	1013608	1266570	37. Trebišov	960113	1218242	61. Humenné	923864	1158909
14. Pezinok	1011713	1308066	38. Revúca	960042	1193500	62. Snina	919859	1144732
15. Sereď	1005600	1298309	39. Stará Turá	959004	1216508	63. Dolný Kubín	919084	1115685
16. Veľký Krtíš	1005472	1282908	40. Brezno	958565	1196838	64. Púchov	914639	1139018
17. Levice	1004180	1290203	41. Bánovce nad Bebravou	957129	1212473	65. Považská Bystrica	913190	1131200
18. Fiľakovo	1002210	1276012	42. Poprad	956896	1200483	66. Žilina	908843	1131674
19. Nitra	999562	1286237	43. Nové Mesto nad Váhom	956401	1211558	67. Bytča	908542	1126540
20. Trnava	999389	1288672	44. Handlová	954916	1202718	68. Kysucké Nové Mesto	907772	1123130
21. Rimavská Sobota	993499	1268408	45. Spišská Nová Ves	954349	1198682	69. Bardejov	907418	1120709
22. Hlohovec	992232	1276152	46. Holíč	952809	1217479	70. Čadca	907035	1117086
23. Zlaté Moravce	991396	1267266	47. Skalica	949560	1211997	71. Stropkov	904537	1125323
24. Lučenec	990523	1262337	48. Prievidza	944715	1190374	72. Svidník	896114	1104387

Poznámka:

1) Pri sklone FV panelov 35 ° a južnej orientácii

2) Pri dvojsovom sledovacom systéme

Grafické zobrazenie ročných výnosov je adekvátne grafu na Obr. 2, keďže výkony sa násobia konštantou, graf na Obr. 3 znázorňuje rozdiely ročných výnosov.



Obr. 3. Rozdiely vo výnosoch FV elektrární s inštalovaným výkonom 980 kWp podľa lokalít.

Fig. 3. Yield differences for PV powerplants with installed performance 980 kWp according to localities.

Obdobne boli vypočítané základné vstupné údaje pre ďalšie dva varianty, slúžiace pre podrobnú ekonomickú analýzu.

Ďalšie faktory ovplyvňujúce vstupnú investíciu

Vstupná investícia fotovoltaiickej elektrárne zahŕňa cenu stavby elektrárne na kľúč (vrátane projektovnej dokumentácie) a cenu pozemku. Jedná sa o bezobslužnú fotovoltaiickú elektráreň, dodávateľia FV elektrární ponúkajú tento typ elektrárne s výkonom 980 kWp za cenu 150 miliónov Sk [7]. Do vstupnej investície budeme rátať aj cenu pozemku, na ktorom bude stáť daná elektráreň, ktorá je odlišná v závislosti od jednotlivých krajov a okresov, do úvahy sme brali priemernú úradnú cenu ornej pôdy vo vybraných lokalitách uvedených v tab. 3.

Výnos sme stanovili ako výkon elektrárne v peňažnom vyjadrení (pri priemernej cene 16 Sk/kWh) v analyzovaných mestách pri sklone panelov 35° a južnej orientácii. Cena za kWh je fixovaná na úrovni 16 Sk na obdobie 12 rokov.

Náklady tvoria, keďže sa jedná o bezobslužnú elektrárňu, len mzdy zamestnancov strážnej služby (kumulovaná funkcia strážnika a údržbára) a to v závislosti od priemernej mzdy v jednotlivých regiónoch [4].

Tab. 3. Ceny ornej pôdy podľa lokalít.

Tab. 3. Prices of mould soil according localities.

Lokalita	Sk.m ⁻²
Komárno	6,70
Nitra	7,70
SNV	4,44
Stropkov	2,58

Tab. 4. Priemerné mesačné mzdy.

Tab. 4. Average monthly wages.

Lokalita	Mesačná mzda [Sk]	
	priemerná	navrhovaná
Komárno	24 730	20 949
Nitra	15 078	12 773
Spišská Nová Ves	17 707	15 000
Stropkov	13 731	11 632

Analýza efektívnosti investície vzhľadom k jednotlivým regiónom

Pri analýze je potrebné vychádzať z viacerých premenných – výnosy, náklady, vstupná investícia.

Vstupná investícia, ako už bolo spomenuté, pozostáva z ceny za stavbu elektrárne a z ceny za nákup pozemku, na ktorom sa elektrárňu postaví. Cena pozemku je viazaná na región, pričom západoslovenský kraj má rádovo vyššiu cenu za m² ornej pôdy ako východoslovenský (tab. 3), čo v konečnom dôsledku ovplyvní aj vstupnú investíciu. Pre FV elektrárňu s inštalovaným výkonom 980 kWp je potrebné počítať s pozemkom o rozlohe min 22 000 m². Vstupné investície pri úradných cenách pozemkov sú uvedené v tab. 5.

Tab. 5. Vstupná investícia do FV elektrárne vrátane ceny pozemku.

Tab. 5. Input investment to the PV powerplant including ground price.

Lokalita	Inštalovaný výkon [kWp]		
	980	720	523
Komárno	150 147 400	110 312 376	80 129 684
Nitra	150 169 400	110 328 539	80 141 425
Spišská Nová Ves	150 097 680	110 275 847	80 103 150
Stropkov	150 056 760	110 245 783	80 081 312

Tab. 6. Ročné výnosy FV elektrární.

Tab. 6. Annual yield of PV powerplants.

Oblasť výskumu	Ročná produkcia elektrárne [Sk]		
	980 kWp	720 kWp	523 kWp
Komárno	16 669 552	13 267 600	9 865 648
Nitra	15 992 992	12 729 104	9 465 232
Spišská Nová Ves	15 269 584	12 153 344	9 037 104
Stropkov	14 472 592	11 519 008	8 565 408

Tab. 7. Ročné náklady na pracovníkov.

Tab. 7. Annual cost per employee.

Oblasť výskumu	Priemerná mesačná mzda v regióne	Ročné mzdové náklady
Komárno	20 949	754 156
Nitra	12 773	459 815
Spišská Nová Ves	15 000	540 000
Stropkov	11 632	418 735

Výnosy sa viažu na výkon elektrárne, ktorý závisí do značnej miery od prírodných podmienok, akými sú množstvo solárnej energie prijatej FV panelmi, dostatočne veľká a čo najmenej členitá plocha potrebnej veľkosti, sklonu a južnej orientácie. Z tohto hľadiska má značnú výhodu, ako môžeme vidieť v tab. 6, západoslovenský kraj.

Ďalšie náklady tvoria mzdy pracovníkov zabezpečujúcich strážnu službu, uvažuje sa s trojzmennou prevádzkou, mzda sa odvíja od priemernej mzdy v regiónoch. Z tohto hľadiska najvyššie náklady možno očakávať v Komárne a najnižšie v Stropkove, čo znázorňuje tab. 7.

Všetky dané premenné ovplyvňujú rôznym spôsobom tvorbu zisku elektrárne. Okrem týchto premenných tu vstupuje ešte jedna, a síce najdôležitejšia premenná, ktorá výrazným spôsobom ovplyvní hodnotenie návratnosti investície. Tou je možnosť získania dotácie od štátu vo výške 50 %. Výsledky analýzy (pomocou čistej súčasnej hodnoty) ukazujú, do akej miery vstupné podmienky ovplyvnia konečnú ziskovosť danej investície a poukážu na dostatočnosť (nedostatočnosť) zásahu štátu pri vyrovnávaní nerovnosti regiónov tab. 8.

Tab. 8. Výpočet návratnosti investície metódou čistej súčasnej hodnoty.

Tab. 8. Calculation of investment profitability by the way of net present value.

Metóda čistej súčasnej hodnoty s dotáciou	Rok prevádzky												
Ukazovateľ v tis. Sk	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Vstupná investícia (50% dotácia)	75 000												
Výnos = Ročná produkcia elektrárne	15 270	15 270	15 270	15 270	15 270	15 270	15 270	15 270	15 270	15 270	15 270	15 270	15 270
Náklady (bezobslužná elektrárň)	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540
Ročné cash flow	14 730	14 730	14 730	14 730	14 730	14 730	14 730	14 730	14 730	14 730	14 730	14 730	14 730
Diskont	0,93	0,87	0,82	0,76	0,71	0,67	0,62	0,58	0,54	0,51	0,48	0,44	0,41
Diskontované ročné cash flow	13 766	12 865	12 024	11 237	10 502	9 815	9 173	8 573	8 012	7 488	6 998	6 540	6 112
Kumulované cash flow	-61 234	-48 369	-36 345	-25 108	-14 806	-4 791	4 382	12 955	20 967	28 454	35 452	41 992	48 105
Zisk po úhrade investície	265133												

Na základe výpočtu čistej súčasnej hodnoty možno stanoviť návratnosť investície bez dotácie od štátu na 16 rokov v Komárne a až 21 rokov v Stropkove (tab. 9). Je to dosť dlhá doba (tak ako u väčšiny investícií v oblasti alternatívnych zdrojov energie), no vzhľadom k tomu, že životnosť elektrárne je minimálne 25 rokov, možno hodnotiť investíciu ako efektívnu, keďže ešte minimálne 9 rokov v Komárne (po uhradení vstupnej investície) bude elektráreň produkovať zisk.

V tomto prípade by sa jednalo o čiastku viac ako 143 miliónov Sk, avšak je potrebné uvažovať s faktorom času, teda diskontovaný zisk bude cca 35 miliónov Sk. Hodnotením FV elektrárne v Stropkove sme dospeli k výsledkom, ktoré síce poukazujú, že investičná akcia bude zisková, no výška zisku bude „len“ na úrovni 13 721 000 Sk. Prehľad ziskov FV elektrární je uvedený v tab. 10.

Tab. 9. Návratnosť FV elektrární bez dotácie.
Tab. 9. Profitability of PV powerplants without grant.

Lokalita	FV elektráreň s inštalovaným výkonom		
	980 kWp	720 kWp	523 kWp
Komárno	16	15	15
Nitra	17	15	15
SNV	19	17	16
Stropkov	21	18	18

Tab. 10. Zisky a diskontované zisky analyzovaných FV elektrární bez dotácie [tis. SK].
Tab. 10. Profit and discounted profits of analyzed PV power plants without grant [thousand SK].

Lokalita	Elektráreň s výkonom					
	980 kWp		720 kWp		523 kWp	
	Kumulovaný zisk	Kumulovaný diskontovaný zisk	Kumulovaný zisk	Diskontovaný kumulovaný zisk	Kumulovaný zisk	Diskontovaný kumulovaný zisk
Komárno	143 239	35 324	125 134	35 514	91 115	26 052
Nitra	124 265	30 848	122 693	32 653	90 054	24 804
Spišská Nová Ves	88 378	21 555	92 907	25 061	76 474	18 919
Stropkov	56 215	13 721	77 702	19 112	57 027	14 857

Iná situácia nastane, ak vezmeme do úvahy dotáciu od štátu. S jej pomocou sa nielen skráti návratnosť investície takmer o 2/3 času, ako ukazuje tab. 11, ale podstatné je zistenie, že s jej pomocou sa takmer vyrovnajú doby návratnosti v jednotlivých regiónoch, čo napomôže preklenúť rozdiely medzi regiónmi. Pre investora je určite najdôležitejší pohľad na zisk, ktorý sa pri variante s dotáciou zdvojnásobil, v prípade Stropkova dokonca štvornásobne zvýšil. Prehľad ziskov a diskontovaných ziskov v prípade dotácie od štátu vo výške 50 % je uvedený v tab. 12.

Tab. 11. Návratnosť FV elektrární s dotáciou.
Tab. 11. Profitability of PV powerplants with grant.

Lokalita	FV elektráreň s inštalovaným výkonom		
	980 kWp	720 kWp	523 kWp
Komárno	6	6	6
Nitra	7	6	6
SNV	7	6	6
Stropkov	7	7	7

Tab. 12. Zisky a diskontované zisky analyzovaných FV elektrární v prípade 50 % dotácie od štátu [tis. Sk].
Tab. 12. Profit and discounted profits of analyzed PV power plants in case of 50 % state grant [thousand SK].

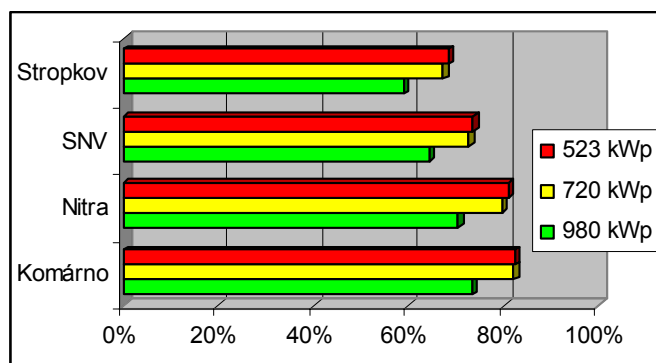
Lokalita	FV elektráreň s inštalovaným výkonom					
	980 kWp		720 kWp		523 kWp	
	Kumulovaný zisk	Kumulovaný diskontovaný zisk	Kumulovaný zisk	Diskontovaný kumulovaný zisk	Kumulovaný zisk	Diskontovaný kumulovaný zisk
Komárno	302 393	110 398	237 755	90 670	173 118	66 117
Nitra	279 597	105 932	233 116	87 817	171 103	64 875
Spišská Nová Ves	265 133	96 604	220 654	80 199	161 445	58 970
Stropkov	252 969	88 749	199 805	74 235	146 640	54 897

Variety elektrární s menším výkonom 720 kWp a 523 kWp potvrdili výsledky prvej varianty – aj v týchto prípadoch najslabšie výsledky boli v Stropkove a najlepšie v Komárne, a to aj z hľadiska doby úhrady investície a dosiahnutia zisku, pričom však doby návratnosti investície sa skrátili. Dôležité je posúdiť, ktorý typ investície je výhodnejší – investovať do elektrárne s vyšším výkonom, a teda aj s vyšším investičným zaťažením, alebo s nižším, ako je to napríklad pri výkone 523 kWp.

Zodpovedať tieto otázky pomôže výpočet rentability kapitálu, na základe ktorého najlepšie výsledky dosiahla stavba elektrárne v Komárne s výkonom 523 kWp, ako je uvedené v tab. 13 a pre názornosť aj v grafe na Obr. 4.

Tab. 13. Rentabilita vloženého kapitálu FV elektrární v prípade získanej 50 % dotácie.
Tab. 13. Rentability of the input capital to the PV power plant with 50 % grant.

Lokalita	Rentabilita vloženého kapitálu		
	523 kWp	720 kWp	980 kWp
Komárno	82,5%	82,2%	73,5%
Nitra	81,0%	79,6%	70,5%
SNV	73,6%	72,7%	64,4%
Stropkov	68,6%	67,3%	59,1%



Obr. 4. Rentabilita vloženého kapitálu FV elektrární v prípade získanej 50 % dotácie.
Fig. 4. Rentability of the input capital to the PV power plant with 50 % grant.

Záver

Záverom teda môžeme povedať, že rentabilita investovaného kapitálu **súvisí** s množstvom solárnej energie získanej FV panelmi, a teda aj s lokalitou plánovanej výstavby elektrárne. Veľkou výhodou pri tejto analýze bolo, že inštitút *Joint Research Centre* zverejňuje výsledky dlhodobých meraní na svojej www stránke [3], pričom však interaktívne mapy vybraných území obsahujú už aj všetky potrebné energetické prepočty, teda zahŕňajú i napríklad faktor znečistenia ovzdušia, nadmorskej výšky a pod. Samozrejme, presné prognózne výpočty produkcie FV elektrárne nie je možné vykonať nikdy, nakoľko táto technológia veľmi úzko súvisí s počasím, ale výsledky dlhodobých meraní dávajú investorovi práve v tejto oblasti podnikania – výrobe a predaji energie z obnoviteľných zdrojov energie – slušný základ pre jeho rozhodovací proces. (Analýze výberu pozemku pre FV elektrárne na základe ekonomickej analýzy bude venovaný ďalší príspevok autorov).

Literatúra

- [1] Petrovič, J.: Návrh stratégie energetickej bezpečnosti SR, Valné zhromaždenie SNUS, *Častá Papiernička*, 2008.
- [2] Horbaj, P., Imriš, I.: Quo vadis palivá a energetika? Datapress s.r.o., *Prešov*, 2002.
- [3] <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>
- [4] www.ueos.sk/mvrr.sk/isvov/s1/m3/cate.asp
- [5] www.economy.gov.sk
- [6] www.rokovania.sk
- [7] www.solartec.cz