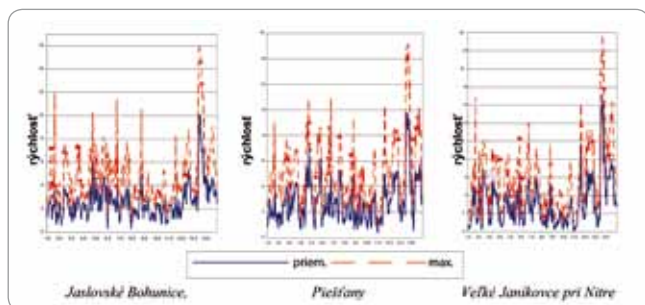


# Energetické hospodárstvo a obnoviteľné zdroje energie

Príspevok je zameraný na analýzu ekonomickej efektívnosti využívania energie vetra v energetickom hospodárstve budov. Obnoviteľné zdroje energie sú síce lacné – z hľadiska získavania primárnej energie, avšak sú náročné na technické zabezpečenie ich využívania. Druhým ich nedostatkom je nepredvídateľnosť (malá predvídateľnosť) ich pôsobenia. V príspevku sú uvedené možné riešenie efektívneho využívania veternej energie. Nestabilita dodávok energie z obnoviteľných zdrojov môže byť veľkou prekážkou pre ich použitie. Aktívne zdieľanie energie a jej produkcia môže priniesť veľký efekt. Tento článok je úvodný materiál pre efektívny rozvoj obnoviteľných zdrojov energie.

Obnoviteľné zdroje energie sú jednou z možností ako znížiť svoju závislosť od neustále meniacich sa cien energie. Využívanie obnoviteľných zdrojov energie si vyžaduje dobrú analýzu ich ekonomickej efektívnosti. Okrem priamych ekonomických prínosov je potrebné brať do úvahy aj zlepšenie životného prostredia, zníženie závislosti na dovoze prvotných energetických zdrojov (ropa, uhlie a pod.). Pri rozhodovaní o investícii do obnoviteľného zdroja je potrebné vypočítať alebo aspoň odhadnúť návratnosť takejto investície, resp. možnosti získania potrebnej energie. Druhým nedostatkom obnoviteľných zdrojov, reč ide o veternej energii, je ich časová nestabilita a nepredvídateľnosť (Obr. 1). Často sa stáva, že energiu z obnoviteľného zdroja dokážeme využiť vtedy, ak práve ju nepotrebujeme.

Významným prínosom pre praktické využívanie veternej energie by bolo jej využívanie v čase jej výroby. Ukladanie vyrobenej elektriny do batérií alebo jej využitie v prečerpávacích staniciach má za následok zníženie efektívnosti celého zariadenia. Samozrejme, že aj takto odložená elektrina je cennejšia ako vyrobená z fosílnych palív alebo atómovej energie.



Obr. 1 Nerovnomernosť vzniku veternej energie

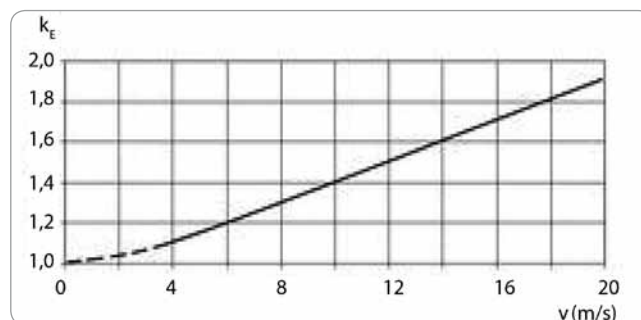
Je možné vysloviť predpoklad, že veterné zariadenia, ktoré sa využívajú hlavne na výrobu elektrickej energie, je možné využívať na získanie tepla (vykurovanie a príprava teplej úžitkovej vody). Vzhľadom na fakt, že získanú energiu môžeme hneď využiť na zohrievanie vody (kúrenie, TUV) môže priniesť vyšší ekonomický efekt. Ďalším faktorom zameraným na zvýšenie efektívnosti získavania energie z vetra a následným vyžitím na vykurovanie a TUV je možnosť zníženia náročnosti na kvalitu vyrobenej elektriny.

Pri dodávaní elektrickej energie priamo do vykurovacieho elektrického kotla alebo zásobníka na prípravu TUV napätie dodávanej elektriny môže mať väčšiu odchýlku od nominálnej hodnoty ako stanovujú súčasné predpisy. Taktiež je možné povoliť aj väčšiu odchýlku frekvencie vyrábanej elektriny, resp. je možné vyrábať jednosmerný elektrický prúd.

Na základe uvedenej analýzy je možné získať prehľad o mozhnej výrobe energie v závislosti od poveternostných podmienok pri predpokladaných parametroch energetických zariadení. Pre analýzu vhodného zariadenia je potrebné vypočítať možný ekonomický efekt v závislosti od zníženia spotreby. Pre účely rozhodovania nie je veľmi dôležité vypočítať celkovú disponibilnú energiu z obnoviteľného zdroja, ale celkovú využiteľnú energiu určenú na zníženie súčasnej ekonomickej náročnosti spotreby energie.

## Veterná energia a energetická náročnosť budov

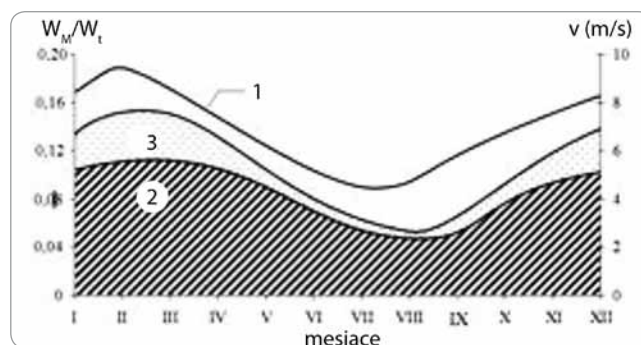
Na základe analýzy mnohých výskumov, prieskumov a skúseností je možné jednoznačne povedať, že v prípade silných vetrov vzniká zvýšená náročnosť na energiu a to hlavne v zimných mesiacoch. Na obrázku (Obr. 2) je uvedená závislosť koeficientu spotreby energie v závislosti od rýchlosti prúdenia vetra. Štruktúra domov, ich rozloženie v priestore a umiestnenie okien sú hlavnými atribútmi, ktoré určujú množstvo strát energie v závislosti od prúdenia vetrov. Touto problematikou by sa mali zaoberať architekti pred výstavbou budovy. Avšak aj v tých najlepších prípadoch je možné namerať určitú závislosť nárastu strát tepla v budovách v závislosti od rýchlosti vetra. V uvedenom grafe je vidieť, že merateľné zvýšenie koeficientu zvýšenia odberu energie a začína približne pri rýchlosti vetra 4 m/s, čo je rýchlosť, pri ktorej začína vyrábať energiu väčšina zariadení.



Obr. 2 Závislosť tepelných strát od rýchlosti vetra

Na základe uvedeného je možné vysloviť predpoklad, že spotreba energie v už postavených obytných domoch a priemyselných budovách závisí od základných parametrov – teploty vonkajšieho prostredia a rýchlosti vetra prúdiaceho v danom čase. Na základe viacerých pozorovaní a meraní bol zobrazený priebeh (Obr. 3) mesačnej spotreby tepla v závislosti od vonkajšej teploty a priemernej rýchlosti vetra.

Na základe daného grafu je vidieť, že priemerná rýchlosť vetra je menšia v letných mesiacoch ako v jesenných až jarných. Práve táto vlastnosť vetra podporuje myšlienku využívania veternej energie na výrobu tepla v závislosti od zvýšenej tepelnej náročnosti budov. Zníženie priemernej rýchlosti vetra v letnom období má za následok nižšie využívanie veterných zariadení v letných mesiacoch.



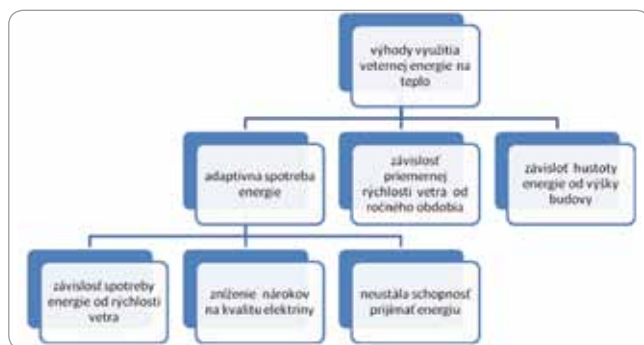
Obr. 3 Zmena priemernej mesačnej rýchlosti vetra (1), spotreby tepla závisiaci od vonkajšej teploty (2) a spotreba tepla závisiaci od vetra (3)

Pri realizácii veterných zariadení je potrebné si uvedomiť, že rýchlosť vetra je premenlivá nielen v závislosti od času ale aj od výšky umiestnenia veterných zariadení. Pri umiestňovaní veterných zariadení priamo na zemi je potrebné budovať stožiar, ktorým vydvihneme veternú turbínu do potrebnej výšky. K beriem do úvahy výšku 12 – 15 poschodovej budovy približne 10 – 50m, potom nie je potrebné budovať stožiare ale iba upevniť dané zariadenie pomocou vhodných konštrukcií na strechu domu.

Klasifikácia hustoty energie vetra v závislosti od výšky umiestnenia					
Výška	10 metrov		50 metrov		
	trieda energie vetra	hustota energie vetra W/m <sup>2</sup>	rýchlosť m/s	hustota energie W/m <sup>2</sup>	rýchlosť v m/s
1	< 100	< 4,4	< 200	< 5,6	< 5,6
2	100 - 150	4,4 / 5,1	200 – 300	5,6 / 6,4	5,6 / 6,4
3	150 - 200	5,1 / 5,6	300 – 400	6,4 / 7,0	6,4 / 7,0
4	200 - 250	5,6 / 6,0	400 – 500	7,0 / 7,5	7,0 / 7,5
5	250 - 300	6,0 / 6,4	500 – 600	7,5 / 8,0	7,5 / 8,0
6	300 - 400	6,4 / 7,0	600 – 800	8,0 / 8,8	8,0 / 8,8
7	400 <	7,0 <	800 <	8,8 <	8,8 <

Tab. 1 Závislosť hustoty energie vetra od rýchlosti a výšky

Je štandardne známe, že pre výpočet veľkosti potrebného veterného zariadenia je nevyhnutné poznať hustotu veternej energie (Tab. 1) v závislosti od rýchlosti vetra a výške nad okolitým terénom. Jedná sa o výkon, ktorý je možné získať z jedného metra štvorcového plochy určenej veternou turbínou. Pomocou tejto veličiny je možné vypočítať potrebný rozmer veternej turbíny.



Obr. 4 Aspekty využívania veternej energie na výrobu tepla

Na základe uvedenej analýzy je možné vytvoriť štruktúru (Obr. 4) jednotlivých kladných aspektov využívania veternej energie na výrobu tepla. Využívanie získanej elektriny na výrobu tepla môže napomôcť efektívnejšiemu využitiu daných zariadení. Prínosom pre zvýšenie využívania tepla z veternej energie by bolo pripojenie tepelného čerpadla priamo na hriadeľ veternej turbíny. V tomto prípade by sa odstránili dve etapy transformácie energie.

### Straty tepelnej energie v budove

Jedným z veľkých problémov ľudí, hlavne v oblastiach s nízkou priemernou hodnotou teploty vzduchu, je zabezpečenie teplom. Tepelná energia spotrebúvaná v budovách môže byť určená pomocou počítačov plynu, elektrickej energie, alebo na základe spotrebovaného kvapalného paliva, dreva alebo uhlia.

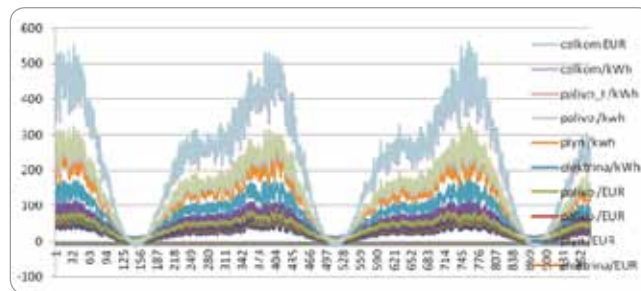
### Ročný graf spotreby energie

Na základe hodnôt uvedených zariadení je možné zobraziť graf spotreby. Využívanie viacerou

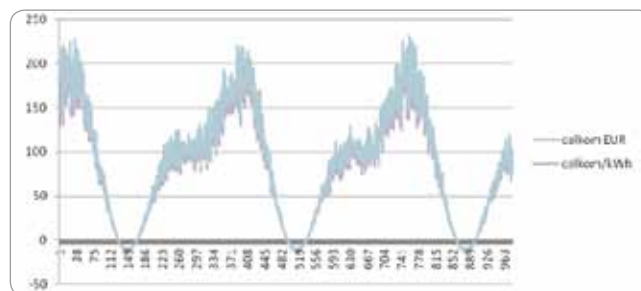
druhov energie zvyšuje zložitosť analýzy, ale na druhej strane kombinovaná spotreba zlepšuje možnosti riadenia danej spotreby s cieľom minimalizácie jej ceny.

Daný graf obsahuje údaje o spotrebovanej energii v priebehu niekoľkých rokov. Základnými jednotkami merania sú prirodzené jednotky danej energie, získané množstvo energie v kWh a ich cenový ekvivalent v EUR.

Pre návrh vhodného technického zariadenia je potrebný hlavne graf celkovej spotreby energie a finančný ekvivalent spotrebovanej energie (Obr. 6).



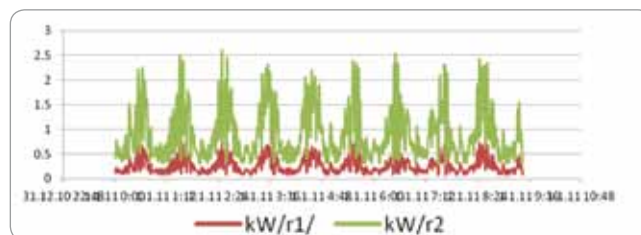
Obr. 5 Graf spotreby energie v prirodzených jednotkách, kWh, EUR



Obr. 6 Graf celkovej spotreby a ceny za energiu

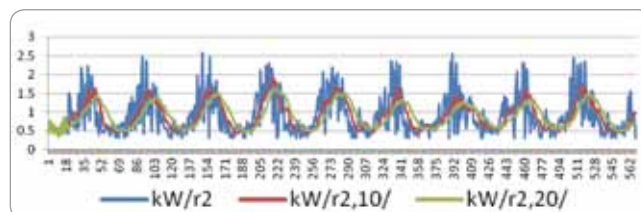
### Výber vhodného technického zariadenia

Na základe meraní rýchlosti vetra je možné určiť celkovú energiu vetra /disponibilnú / v priebehu zadaného obdobia a možný energetický zisk pri rozličných zariadeniach /napr. turbín s rozličným priemerom/.



Obr. 7 Zobrazenie disponibilného výkonu pri priemeroch turbíny r1 a r2

Na nasledovnom grafe (Obr. 8) je zobrazený možný výkon energetického zariadenia v závislosti od jeho použitia. V prípade výberu zariadenia s polomerom r2 je možné využívať celkový výkon (kW/r2) alebo iba časť výkonu v prípade dodávky elektriny do siete. Hodnoty výkonu vetra odlišujúce sa od nominálnych parametrov sú nevyužiteľné nakoľko nie je možné dodržať parametre kvality. Straty vznikajú v dôsledku dodržiavania kvality/frekvencia, napätie, stabilita/ a preto je lepšie ju využívať na výrobu tepla.



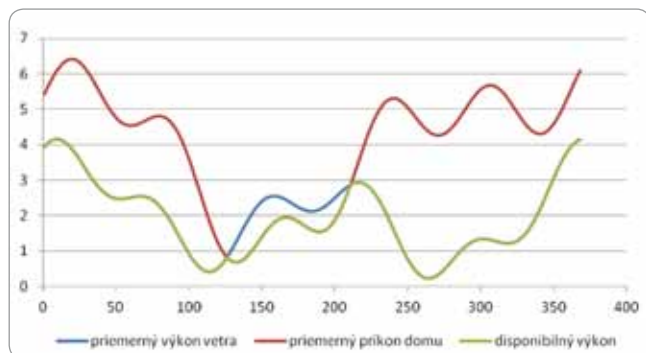
Obr. 8 možnosť využívania výkonu energie vetra

Porovnávaním získaných údajov o množstve disponibilnej energie a jej potreby, je možné vyberať zariadenia, ktoré svojou cenou a kvalitou spĺňajú požiadavky na efektívnu investíciu. Na základe získaných výsledkov je možné zistiť celkovú ušetrnú sumu za určité obdobie. Pri výbere vhodných zariadení je nevyhnutné vyberať také zariadenie, ktorého cena, vrátane inštalácie a prevádzkových nákladov za vybrané obdobie bude nižšie ako ušetrné prostriedky.

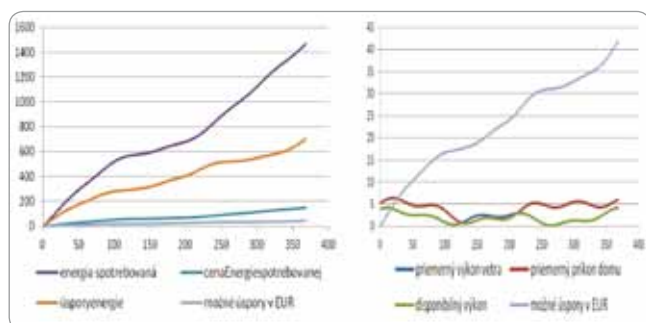
Pri podrobnejšom výbere, je možné k efektívnej cene pripočítať aj cenu energie, ktorú je možné za obdobie analýzy vyrobiť a predať do vonkajších sietí.

### Algoritmus výberu vhodného zariadenia

Uvedený algoritmus je realizovaný na základe modelov priemernej spotreby energie a priemernej rýchlosti vetra v priebehu vybraného obdobia. Predpokladáme, že v priebehu roka priemerné hodnoty výkonu možného energetického zariadenia na výrobu energie z energie vetra a priemerný príkon domu sú uvedené v grafoch (Obr. 9, Obr. 10).



Obr. 9 Hodnoty výkonu energie vetra a príkonu domu

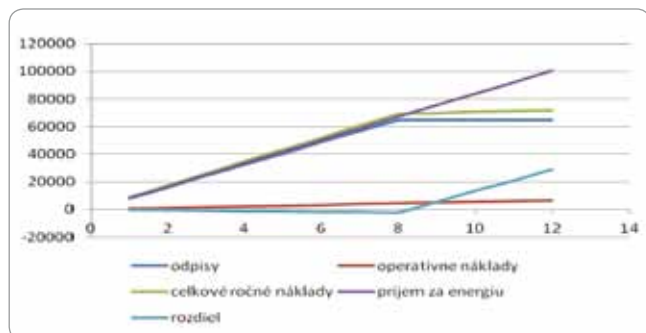


Obr. 10 Zobrazenie výkonových a energetických parametrov zariadení

cena zariadenia	65000	roky											
počet rokov	8	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
odpisy	8125	8125	16250	24375	32500	40625	48750	56875	65000	0	0	0	0
operatívne náklady	560	560	1120	1680	2240	2800	3360	3920	4480	5040	5600	6160	6720
celkové ročné náklady	8685	8685	17370	26055	34740	43425	52110	60795	69480	5040	5600	6160	6720
príjem za energiu	8396	8396	16792	25188	33584	41980	50376	58772	67168	75564	83960	92356	100752
rozdiel	-289	-289	-578	-867	-1156	-1445	-1734	-2023	-2312	70524	78360	86196	94032

Tab. 2 Základné ekonomické parametre vybraného zariadenia

Na základe získaných parametrov o energetických prínosoch zariadenia (Tab. 2) je možné zobraziť závislosť ekonomických parametrov (Obr. 11).



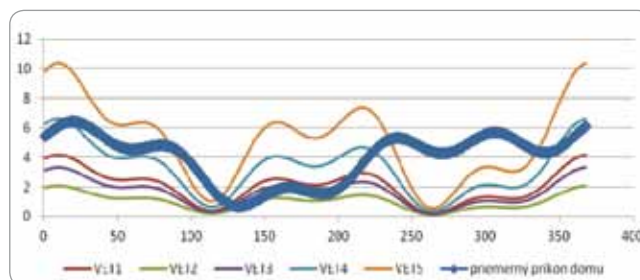
Obr. 11 Ekonomické parametre vybraného energetického zariadenia

Z uvedených grafov je vidieť, že doba odpisov strojového parku je 8 rokov. Pri predpokladanej životnosti energetické zariadenie prináša aj určitý ekonomický efekt.

### Výber vhodných energetických zariadení pre vybrané budovy

Pri výbere vhodného energetického zariadenia je potrebné brať do úvahy viacero technických riešení, ktoré sa odlišujú nielen svojim technickým vybavením ale aj veľkosťou a výkonom. Na nasledovnom obrázku sa nachádza graf porovnávajúci celkový príkon domu a výkony viacerých veterných zariadení.

Aj z grafickej interpretácie je vidieť, že nie všetku energiu, ktorú dané zariadenie môže vyrobiť je možné využiť pre potreby domu. Preto je nevyhnutné vybrať disponibilný výkon a následne aj možné energetické úspory pre daný dom (Obr. 12). Na danom grafe je vidieť, že hoci mnohé zariadenia umožňujú získavanie aj väčšieho množstva energie, pre daný dom sú zbytočné, nakoľko dom nemôže absorbovať všetku energiu. Jedná sa hlavne o letné obdobie, keď je dostatočne teplo, alebo v jesenných veterných mesiacoch, keď spotreba energie je stále nižšia ako možný energetický príkon z veterného zariadenia.



Obr. 12 Disponibilný výkon a možné úspory energie

Pri výbere vhodného zariadenia je potrebné brať do úvahy viacero parametrov. K najdôležitejším patrí celková cena, priemerný dodávaný výkon, možné energetické prínosy a pod.

	budova	VET1	VET2	VET3	VET4	VET5
príkon/výkon	3,99	2,04	1,02	1,63	3,27	5,11
výkon dis.energie		1,90	1,02	1,59	2,73	3,25
energia	265550	139925	75264	116670	202780	236517
cena energie	26555	8396	4516	7000	12167	14191
cena zariadenia		65000	50000	60000	120000	150000
operatívne náklady		560	500	500	1000	1800
počet rokov odpisovania /návratnosti/		8	7	7	10	11

Tab. 3 Základné parametre vybraných zariadení

Na základe údajov uvedených v tabuľkách (Tab. 3) a (Tab. 4) a tiež z uvedeného grafu (Obr. 13) je možné posúdiť celkovú ekonomickú návratnosť a efektívnosť využívania zariadení na získavanie energie z obnoviteľných zdrojov.

Ak návratnosť uvedeného zariadenia predstavuje približne 5 – 8 rokov, pri životnosti celého zariadenia 12 – 15 rokov je možné takýto zdroj považovať za dobrý doplnkový zdroj, ktorý umožní znížiť náklady na energiu. Pre lepšie využitie veternej energie je potrebné inštalovať úsporné energetické zariadenia, ktoré umožnia znížiť celkovú ročnú spotrebu energie a tým zvýšiť podiel veternej energie v celkovej ročnej spotrebe.

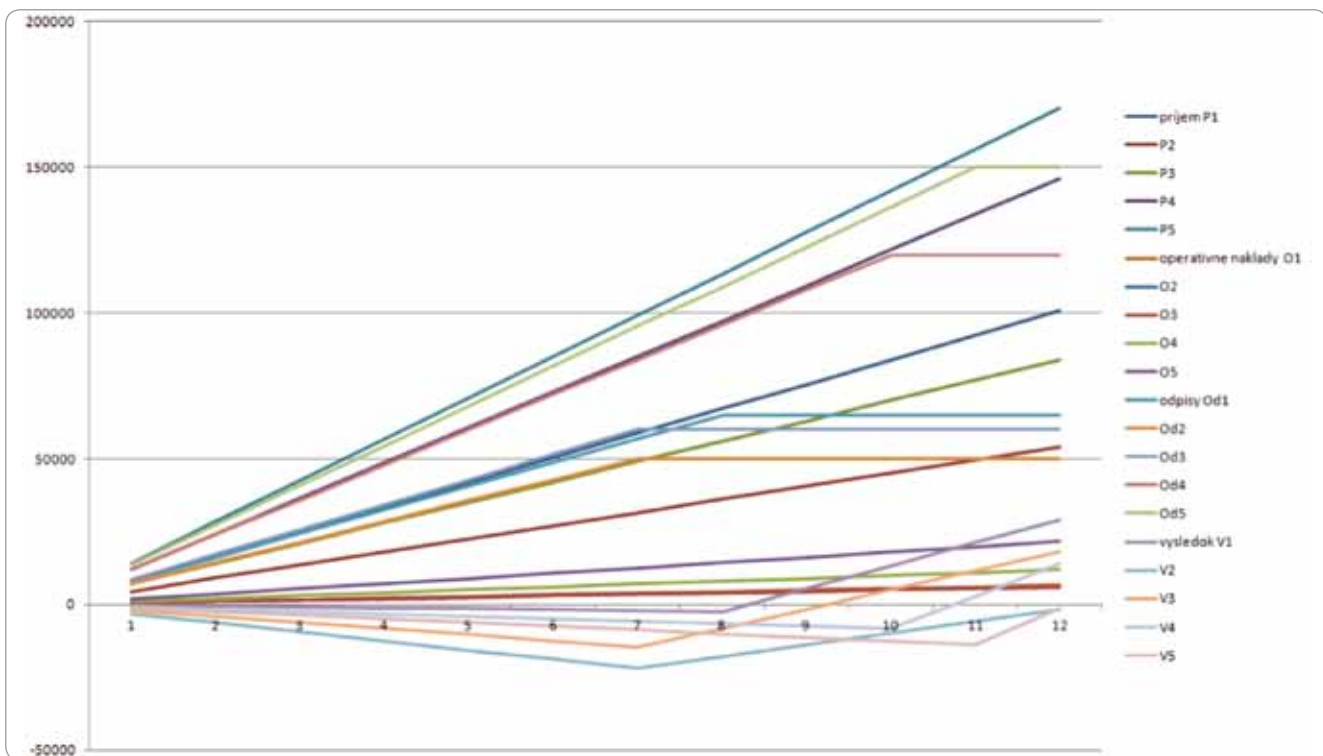
Takto vypočítaná návratnosť lepšie odzrkadľuje reálny efekt z inštalácie veternej turbíny. Pričom vo výpočtoch je potrebné zohľadniť poplatky /príjmy/ z uložených prostriedkov a tiež možný rast ceny energie v priebehu prevádzky turbíny.

### Záver

Uvedený príspevok vznikol v dôsledku začatého spoločného výskumu medzi EU v Bratislave a ENU Astana (Republika Kazachstan). Výskum sa zaoberá podrobným výpočtom a meraním strát obytných budov na území Kazachstanu s cieľom určenia matematického modelu výpočtu strát v závislosti od rýchlosti a smeru vetra. Zároveň prebieha aj meranie rýchlosti a smeru vetra s cieľom

roky	príjem P1	P2	P3	P4	P5	operatívne O2	O3	O4	O5	odpisy Od1	Od2	Od3	Od4	Od5	výsledok V2	V3	V4	V5		
1	8396	4516	7000	12167	14191	560	500	500	1000	1800	8125	7143	8571	12000	13636	-289	-3127	-2071	-833	-1245
2	16791	9032	14000	24334	28382	1120	1000	1000	2000	3600	16250	14286	17143	24000	27273	-579	-6254	-4142	-1966	-2491
3	25187	13547	21001	36500	42573	1680	1500	1500	3000	5400	24375	21429	25714	36000	40909	-868	-9381	-6214	-2500	-3736
4	33582	18063	28001	48667	56764	2240	2000	2000	4000	7200	32500	28571	34286	48000	54545	-1158	-12508	-8285	-3333	-4981
5	41978	22579	35001	60834	70955	2800	2500	2500	5000	9000	40625	35714	42857	60000	68182	-1447	-15635	-10356	-4166	-6227
6	50373	27095	42001	73001	85146	3360	3000	3000	6000	10800	48750	42857	51429	72000	81818	-1737	-18762	-12427	-4999	-7472
7	58769	31611	49001	85168	99337	3920	3500	3500	7000	12600	56875	50000	60000	84000	95455	-2026	-21889	-14499	-5832	-8717
8	67164	36127	56001	97334	113528	4480	4000	4000	8000	14400	65000	50000	60000	96000	109091	-2316	-17873	-7999	-6666	-9963
9	75560	40642	63002	109501	127719	5040	4500	4500	9000	16200	65000	50000	60000	108000	122727	5520	-13858	-1498	-7499	-11208
10	83955	45158	70002	121668	141910	5600	5000	5000	10000	18000	65000	50000	60000	120000	136364	13355	-9842	5002	-8332	-12453
11	92351	49674	77002	133835	156101	6160	5500	5500	11000	19800	65000	50000	60000	120000	150000	21191	-5826	11502	2835	-13699
12	100746	54190	84002	146001	170292	6720	6000	6000	12000	21600	65000	50000	60000	120000	150000	29026	-1810	18002	14001	-1308

Tab. 4 Základné ekonomické charakteristiky vybraných zariadení



Obr. 13 Grafické zobrazenie základných ekonomických charakteristik

získania dostatočného množstva údajov pre tvorbu matematického modelu výpočtu energetickej hustoty veternej energie vo vybraných výškach, hlavne na úrovni jednotlivých budov alebo v ich blízkosti. Projekt predpokladá nielen návrh klasického veterného zariadenia na zníženie energetickej náročnosti budov, ale aj výskum základných parametrov daných zariadení, odskúšanie nových foriem veterných turbín schopných pracovať aj pri nižších rýchlostiach vetra.

Predpokladá sa, že v priebehu riešenia projektu bude vytvorený systém optimalizačných úloh a ich riešení so zameraním na automatizovaný výber vhodných zariadení s prihliadnutím na minimalizáciu investičných prostriedkov a maximálne zníženie spotreby primárnych zdrojov energie. Ako aj z uvedených príkladov bolo zrejmé, že nie vždy väčšie zariadenia schopné vyrobiť viac energie, nie sú ekonomicky výhodné hlavne z dôvodu neefektívneho využívania vyrobenej energie.

## Literatúra

- [1] Koncepcia obnoviteľných zdrojov energie, MH SR, 2003.
- [2] Štibraný, P.: Veterná energetika, Polygrafia vedeckej literatúry a časopisov SAV v Bratislave,
- [3] Beranovský, J., Truxa, J. a kol: Alternatívni energie pro váš dům, EkoWATT, ERA group spol.s.r.o. 2003.
- [4] Romanenko V., Malá vetroenergetika pre dom a rodinu, [http://www.3dnews.ru/editorial/it\\_wind](http://www.3dnews.ru/editorial/it_wind) 14.06.2009

[5] Janíček F., a kol. Obnoviteľné zdroje energie 1 - Technológie pre udržateľnú budúcnosť © 2009, ISBN 978-80-89402-04-5

[6] Janíček F., a kol. Model trhu s elektrinou. Ekonomické aspekty výroby, prenosu a distribúcie elektriny v Slovenskej Republike, STU v Bratislave, 2009, Číslo ISBN 978-80-89402-03-9, AAB

[7] Janíček F., a kol. Dopady vplyvu nárastu výroby elektriny z Obnoviteľných zdrojov energie (OZE) vyvedených do distribučných sústav na prevádzkovateľa PS a účastníkov trhu s elektrinou, Slovenská technická univerzita v Bratislave, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Katedra elektroenergetiky, Zmluva o dielo: 41/130/2008

Dr., Ing. Jaroslav Kultán, PhD

Ekonomická univerzita v Bratislave  
Fakulta hospodárskej informatiky

Prof., Ing. Baytasov Talgat, DrSc

Eurasian National University of L.N. Gumilyov, Astana, Kazachstan